МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Красноярск
2010

Сибирский Федеральный Университет
Институт горного дела, геологии и геотехнологий (ИГДГиГ)

С.С. Сердюк, Ю.Е. Коморовский, А.И. Зверев, В.К. Ояберь, В.С. Власов,
В.Е. Бабушкин, В.А. Кириленко, С.А. Землянский

МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Под редакцией доктора геолого-минералогических наук С.С. Сердюка

Красноярск
2010

УДК 553.411.001.57 (571.5)
Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Зверев А.И., Ояберь В.К., Власов В.С., Бабушкин В.Е., Кириленко В.А., Землянский С.А. Модели месторождений золота Енисейской Сибири. // Под редакцией С.С. Сердюка. Красноярск, 2010, 584 с.

Освещено геологическое и металлогеническое строение, дана прогнозная оценка Енисейской, Восточно-Саянской и Таймыро-Североземельской золотоносных провинций, разработана систематика формаций и месторождений золота Енисейской Сибири.

Сформированы геологические и прогнозно-металлогенические модели: золоторудных узлов – Верхне-Енашиминского, Перевальнинского, Аяхтинского, Партизанского, Раздолинского, Богунайского (Енисейская провинция), Ольховско-Чибижекского (Восточно-Саянская провинция), Северо-Тарейского, Унгинского (Таймыро-Североземельская провинция), геологические и прогнозные модели месторождений рудного золота основных геолого-промышленных типов: золото-сульфидной формации – Олимпиадинского, Боголюбовского, Ольховского, золото-висмут-кварцевой формации – Титимухта, золото-кварцевой формации – Эльдорадо, Васильевского, Герфед, золото-кварц-сульфидной формации – Аяхтинского, Бабушкина Гора, золото-серебряно-кварц-сульфидной формации – Богунайского, золото-кварц-сурьмяной формации – Удерейского, Раздольнинского, золото-ртутной формации – Извилистого, формации золотоносных кор выветривания – Самсон, Унгинского.

Модели месторождений сформированы на основе системного научно-методического подхода. Основные элементы модели: геологическое строение района (региональные элементы: стратиграфия, интрузивные образования, метаморфизм, тектоника, золотоносные формации, типы месторождений, закономерности размещения оруденения (региональные факторы и критерии), геологическая модель месторождения (локальные элементы: стратиграфия, литология, интрузивные образования, метаморфизм, гидротермально-метасоматические образования, характеристика рудных тел, геохимические и геофизические особенности месторождения, вещественный состав руд, прогнозно-поисковая модель, технологическая характеристика руд, горно-технические условия, поисковые признаки и критерии оруденения, прогнозная оценка месторождения, эталонная коллекция пород и руд).

Издание ориентировано на специалистов в области геологии, горного дела, работников научных институтов, преподавателей и студентов ВУЗов геологоразведочного профиля, профессионально занимающихся геологией золоторудных месторождений и проблемами их изучения и освоения.

© С.С. Сердюк, 2010

ISBN 978-5-904314-05-7

SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

S.S. Serdyuk , Yu.E. Komorovsky, A.I. Zverev. V.K. Oyaber, V.S. Vlasov,
V.E. Babushkin, V.A. Kirilenko, S.A. Zemlyansky

GOLD DEPOSITS'MODELS OF YENISEAN SIBERIA

Under editing of Doctor of Geology and Mineralogy Sciences S.S. Serdyuk

Krasnoyarsk
2010

UDC 553.411.001.57(571.5)
S.S. Serdyuk, Yu.E. Komorovsky, A.I. Zverev, V.K. Oyaber, V.S. Vlasov, V.E. Babushkin, V.A. Kirilenko, S.A. Zemlyansky. Gold deposits' models of Yeniseian Siberia. / Under S.S. Serdyuk's editing. Krasnoyarsk. 2010, 584 pp.

They've elucidated geological and metallogenic structure, given the forecasting valuation for Yeniseian, Vostochno-Sayanian and Taimyr-Severozemelskaya gold-bearing provinces, elaborated the classification of formations and gold deposits in Yeniseian Siberia.

One has formed geological and forecasting- metallogenic models of gold-ore nodes: Verkhne-Yenashiminski, Perevalninski, Ayakhtinski, Partizanski, Razdolinski, Bogunaiski (Yeniseian Province), Olkhovsko-Chibizhekski (Vostochno-Sayanian Province), Severo-Tareyski, Unghinski (Taimyro- Severozemelskaya Province), geological and forecasting models of ore-gold deposits: Olympiadinskoye, Bogolyubovskoye, Olkhovskoye (they belong to a gold-sulphide formation), Titimukhta (it belongs to a gold- bismuth-quartz formation), Eldorado, Vasilyevskoye, Gherfed (they belong to a gold-quartz formation), Ayakhtinskoye, Babushkina Gora, (they belong to a gold- quartz-sulphide formation), Bogunaiskoye (it belongs to a gold- silver- quartz- sulphide formation), Udereyskoye, Razdolninskoye (they belong to a gold- quartz- antimony formation), Izvilistoye (it belongs to a gold-mercury formation), Samson (it belongs to a formation of auriferous crusts of weathering), Unghinskoye (it belongs to general geological-industrial types).

The models are formed on the basis of systematic scientific-methodical point of view. The main elements of the model are: geological structure of the region (there are regional elements here: stratigraphy, intrusive formations, metamorphism, tectonics, auriferous formations, types of deposits, regularity of mineralization's location (regional factors and criteria), geological model of the deposit (there are local elements here: stratigraphy, lithology, intrusive formations, metamorphism, hydrothermal-metasomatic formations, ore bodies' character, geochemical and geophysical peculiarities of a deposit, material composition of ores, forecasting-prospecting model, technological character of ores, mining-technological conditions of a deposit, prospective signs and criteria of mineralization, forecasting valuation of deposits, standard collection of rocks and ores).

The edition is intended for specialists in the field of geology and mining, for collaborators of scientific institutes, for professors and students of geological-explorational Higher Educational Establishments, for those who study professionally the geology of gold-ore deposits and problems of their investigation and mastering.

© S.S. Serdyuk, 2010

ISBN 978-5-904314-05-7

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 12

1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ 14
1.1. Общие черты геологии и металлогении золотоносных провинций 14
1.1.1. Енисейская провинция 14
1.1.1.1. Геологическое и металлогеническое строение 14
Тектоника и металлогеническое районирование 19
Эндогенные золоторудные формации 25
Перспективные золоторудные формации 30
Состояние ресурсной базы золота месторождений и перспективных площадей 33
1.1.2. Восточно-Саянская провинция 33
1.1.2.1. Тектоника и металлогеническое районирование 37
Основные золотоносные формации и закономерности их размещения 37
Эндогенные месторождения и проявления 41
Прогнозируемые золоторудные формации 43
Экзогенные золотоносные формации 43
Формация золотоносных кор выветривания 44
Формации элювиально-делювиальных древних россыпей, аллювиальных и аллювиально-карстовых современных россыпей 44
Перспективное районирование на золото 45
1.1.3. Таймыро-Североземельская провинция 45
1.1.3.1. Геология, металлогеническое районирование и перспективная оценка 45
Тектоника 47
Эндогенные золоторудные формации 50
Экзогенные золотоносные формации 51
Металлогеническое районирование 54
Перспективная оценка 58

2. СИСТЕМАТИКА ФОРМАЦИЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА 58
2.1. Группа эндогенных золотоносных формаций 62
2.2. Группа экзогенных золотоносных формаций 62
2.2.1. Подгруппа формаций золотоносных кор выветривания 62
2.2.2. Подгруппа формаций золотоносных россыпей 64

3. МОДЕЛИ РУДНЫХ УЗЛОВ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА 64
3.1. Енисейская провинция 64
3.1.1. Верхне-Енашиминский рудный узел 64
Стратиграфия 68
Интрузивные образования 73
Метаморфизм 73
Тектоника 75
Эндогенное оруденение и его соотношение в рудном поле 83
Россыпи золота 87
Геофизическая характеристика рудного поля 89
Закономерности размещения золотого оруденения 89
Геологические факторы и признаки золотого оруденения 91
3.1.1.1. Золото-сульфидная формация 91
Олимпиадинское месторождение 94
Петрография пород рудовмещающей толщи 95
Магматические образования 98
Структура рудного поля 100
Эндогенное оруденение и его соотношение в рудном поле 101
Геолого-структурные особенности локализации и вещественный состав руд 102
Морфология и внутреннее строение рудных тел 104
Особенности вещественного состава руд 114
Гидротермально-метасоматические преобразования пород рудовмещающей толщи 119
Первичные геохимические ореолы рудогенных элементов 121
Геологические факторы рудолокализации и прогнозно-поисковые критерии оруденения 121

Рудно-формационные особенности месторождения ... 130
Модель месторождения ... 132
3.1.1.2. Золото-висмут-кварцевая формация. ... 135
Месторождение Титимухта. ... 135
Введение ... 135
Стратиграфия ... 135
Интрузивные образования ... 138
Петрографическая характеристика вмещающих пород ... 138
Типы кварцево-прожилковых систем ... 142
Типоморфные разновидности кварца и его связь с оруденением ... 143
Метасоматические образования ... 143
Минералогические особенности вмещающих пород ... 145
Структура рудного поля ... 146
Морфология и строение рудных тел ... 146
Вещественный состав руд ... 147
Геохимические особенности руд ... 156
Результаты интерпретации геофизических данных ... 158
Рудно-формационные особенности месторождения ... 165
Генезис ... 165
Перспективы золотоносности рудного поля ... 166
Перспективные участки рудного поля ... 168
Заключение ... 169
3.1.2.Перевальнинский рудный узел. ... 169
Геологическое строение ... 169
Стратиграфия ... 169
Интрузивные образования ... 170
Метаморфизм ... 170
Тектоника ... 171
Металлогеническая характеристика ... 173
3.1.2.1. Золото-кварцевая формация. ... 175
Месторождение Эльдорадо. ... 175
Геологоразведочные работы ... 176
Геофизические работы ... 177
Геохимические исследования ... 177
Тематические исследования ... 177
Стратиграфия и литолого-петрографическая характеристика рудовмещающей толщи ... 178
Структура рудного поля ... 183
Разрывная тектоника ... 183
Складчатые структуры ... 184
Кварцево-жильные зоны ... 184
Характеристика рудных тел ... 187
Метаморфогенно-метасоматические изменения ... 189
Вещественный состав и технологические свойства руд ... 191
Зона окисления ... 194
Геохимические особенности пород ... 194
Геофизическая характеристика месторождения ... 196
Технологические свойства руд ... 198
Попутные полезные ископаемые и ценные компоненты ... 199
Гидрогеологические и горнотехнические условия разработки месторождения ... 201
Генезис месторождения ... 203
Модель месторождения ... 204
Поисковые признаки и критерии оруденения ... 205
Прогнозная оценка ... 206
3.1.3. Аяхтинский рудный узел. ... 207
Введение ... 207
Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность ... 209
Геологическое строение и металлогения Аяхтинского рудного узла ... 209
3.1.3.1. Золото-кварцвая, золото-кварц-сульфидная формации. ... 212
Аяхтинское месторождение. ... 212
Оценка запасов и прогнозных ресурсов золота Аяхтинского месторождения ... 214

Оценка перспектив золотоносности месторождения и рудного узла ... 220
3.1.4. Партизанский рудный узел. ... 223
Введение ... 223
Изученность ... 225
Геологическое строение ... 225
Стратиграфия ... 229
Интрузивные образования ... 231
Метаморфизм ... 232
Тектоника ... 236
Металлогеническое строение ... 237
Золотоносные формации ... 238
Факторы и критерии локализации рудного и россыпного золота ... 238
Прогнозно-металлогеническое районирование ... 248
Васильевско-Удерейская рудная зона ... 255
3.1.4.1. Золото-кварцевая формация. ... 255
Васильевское месторождение. ... 255
Изученность месторождения ... 259
Геолого-структурная позиция месторождения ... 259
Стратиграфия и литология ... 266
Структура рудного поля ... 266
Складчатые дислокации ... 267
Дизъюнктивные дислокации ... 267
Метаморфизм ... 268
Кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны ... 271
Морфология кварцевых жил и жильных зон ... 271
Характеристика рудных зон месторождения ... 277
Последовательность минералообразования ... 281
Геохимические особенности месторождения ... 292
Геофизическая характеристика месторождения ... 292
Наземные геофизические работы ... 293
Электроразведка ... 297
Магниторазведка ... 298
Геофизические исследования в скважинах ... 300
Характеристика рудных тел ... 300
Восточная рудная зона ... 303
Центральная рудная зона ... 306
Западная рудная зона ... 312
Вещественный состав и технологическая характеристика руд ... 319
Генезис месторождения ... 321
Гидрогеологические и горно-технические условия месторождения ... 322
Геолого-структурная модель Васильевского месторождения ... 323
Поисковые признаки и критерии локализации оруденения ... 324
Прогнозная оценка месторождения ... 327
Месторождение Герфед ... 327
Изученность ... 329
Геологическое строение ... 329
Стратиграфия ... 333
Характеристика жилы Магистральной ... 336
Оперяющие кварцевые жилы ... 336
Метаморфогенно-метасоматические изменения ... 337
Вещественный состав руд ... 340
Геофизическая характеристика ... 340
Геохимическая характеристика ... 342
Технологическая характеристика руд ... 343
Подсчет запасов и оценка прогнозных ресурсов ... 343
Кондиции для подсчета запасов ... 345
Прогнозные ресурсы ... 345
Подсчет запасов с применением коэффициента рудоносности ... 346
Оценка прогнозных ресурсов золота ... 347
Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки ... 347

Основные черты генезиса ... 348
Факторы и критерии локализации золотого оруденения ... 349
3.1.4.2. Золото-кварц-сульфидная формация. ... 350
Месторождение Бабушкина гора. ... 350
3.1.4.3. Золото-кварц-сурьмяная формация. ... 356
Удерейское месторождение. ... 356
Введение ... 356
Изученность ... 356
Геологическое строение ... 357
Стратиграфия и литология ... 359
Характеристика участков, рудных зон и тел ... 359
Вещественный состав руд ... 361
Гипогенные минералы ... 364
Рудные минералы ... 364
Нерудные минералы ... 364
Гипергенные минералы ... 370
Гидротермально-метасоматические образования ... 370
Петрохимические особенности рудообразования ... 370
Вторичные и первичные ореолы рассеяния элементов ... 372
Вторичные ореолы рассеяния ... 373
Первичные ореолы элементов в породах и рудах ... 373
Геофизическая исследования в скважинах ... 374
Технологические свойства руд ... 377
Физические свойства сурьмяных руд ... 378
Технологические свойства сурьмяных руд ... 378
Технологические свойства золотых руд ... 378
Подсчет запасов ... 379
Подсчет запасов сурьмяных руд ... 379
Подсчет запасов золотых руд ... 379
Гидрогеологические и горно-технические условия отработки ... 380
Поисковые критерии и признаки оруденения ... 380
Геолого-структурная модель ... 382
Генезис месторождения и его формационная принадлежность ... 382
Прогнозная оценка и перспективы месторождения ... 383
Заключение ... 385
3.1.4.4. Формация золотоносных кор выветривания. ... 386
Месторождение Самсон. ... 386
Введение ... 386
Геологическое строение ... 386
Вещественный состав и технологические исследования руд ... 387
Подсчет запасов и ресурсов золота ... 397
3.1.5. Раздолинский рудный узел. ... 400
Введение ... 400
Геологическая, геофизическая и геохимическая изученность ... 400
Геологическое строение ... 401
Стратиграфия ... 401
Интрузивные образования ... 401
Тектоника ... 402
Прогнозно-металлогеническая модель ... 402
Металлогеническая структура рудного узла ... 403
Прогнозные ресурсы рудного золота ... 403
Перспективы золотоносности рудного поля ... 408
3.1.5.1. Золото-сульфидная формация. ... 408
Боголюбовское месторождение. ... 409
Геологическое строение Боголюбовского месторождения ... 409
Изученность ... 409
Стратиграфия ... 409
Метаморфизм ... 411
Гидротермально-метасоматические образования ... 418
Структура рудного поля ... 418

Пликативные дислокации ... 418
Дизъюнктивные дислокации ... 419
Характеристика зон прожилково-жильного окварцевания и сульфидной минерализации ... 419
Характеристика рудных тел ... 420
Минералого-петрографическая характеристика пород и руд ... 421
Петрографическая характеристика вмещающих пород и руд ... 421
Минеральный состав первичных руд ... 422
Минеральный состав окисленных руд ... 423
Геохимические особенности месторождения ... 424
Геофизическая характеристика месторождения ... 425
Петрофизические свойства пород и руд ... 427
Наземные геофизические работы ... 428
Электроразведочные работы ... 428
Метод ВП-ЦЭ ... 428
Метод ВП-СГ ... 428
Методы ЕЭП и ПЕЭП ... 428
Метод СДВР ... 428
Метод ЧИМ ... 429
Магниторазведка ... 429
Радиометрические исследования ... 429
Геофизические исследования в скважинах ... 429
Вещественный состав и технологические свойства руд ... 430
Гравитационное обогащение ... 433
Флотационное обогащение ... 434
Гидрогеологические условия ... 436
Геолого-структурная модель ... 437
Поисковые признаки и критерии локализации оруденения ... 439
Генезис ... 441
Прогнозная оценка ... 442
Заключение ... 443
3.1.5.2. Золото-кварц-сурьмяная формация. ... 443
Раздольнинское сурьмяное месторождение. ... 443
Введение ... 443
Геологическое строение месторождения ... 444
Характеристика рудных зон ... 446
Морфология и структура ... 447
Вещественный состав ... 447
Гидротермально-метасоматические образования ... 447
Распределение металла в рудном теле ... 457
Прочие сурьмяноносные тела и кварцевые жилы ... 458
Геофизические и геохимические работы ... 459
Вещественный состав и технологическая характеристика руд ... 459
Горно-эксплуатационная характеристика и горно-технические условия эксплуатации ... 461
Подсчет запасов ... 462
Генезис ... 462
Заключение ... 463
3.1.6. Богунайский рудный узел. ... 464
Изученность ... 464
Стратиграфия ... 466
Интрузивные и ультраметаморфические образования ... 469
Метаморфизм ... 469
Коры выветривания ... 470
Тектонические комплексы ... 471
Разрывные нарушения ... 471
Приразломные изменения пород ... 472
Минерагеническое районирование ... 472
3.1.6.1. Золото-серебряно-кварц-сульфидная формация, золото-сульфидная формация. ... 473
Богунайское месторождение. ... 473
Геологическое строение ... 476
Стратиграфия ... 476

Интрузивные образования ... 477
Метаморфизм ... 477
Кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны ... 477
Минерализованные зоны (золото-сульфидная формация) ... 478
Структура рудного поля ... 478
Минералого-петрографическая характеристика руд ... 478
Геохимические особенности ... 481
Геофизическая характеристика ... 481
Технологическая характеристика руд ... 482
Гидрогеологические условия ... 482
Поисковые признаки и критерии локализации оруденения ... 482
Геолого-структурная модель ... 482
Прогнозные ресурсы коренного золота ... 483
Россыпи и россыпепроявления ... 483
3.2. Восточно-Саянская провинция ... 486
3.2.1. Ольховско-Чибижекский рудный узел ... 487
Изученность ... 487
Стратиграфия ... 487
Интрузивные образования ... 490
Региональный метаморфизм ... 495
Гидротермально-метасоматические образования ... 497
Тектоника ... 497
Металлогения ... 499
Экзогенные золотоносные формации ... 500
3.2.1.1. Золото-сульфидная формация ... 509
Ольховское месторождение ... 511
Изученность и история освоения ... 511
Геологические исследования ... 511
История эксплуатации ... 511
Геофизические исследования ... 513
Геологическое строение ... 515
Стратиграфия ... 516
Интрузивные образования ... 516
Метаморфические, гидротермальные и контактово-метасоматические образования ... 518
Гипергенные образования ... 518
Структура рудного поля ... 521
Морфология и вещественный состав рудных тел ... 522
Первичные руды ... 523
Руды коры выветривания ... 523
Минералого-петрографическая характеристика руд ... 530
Минеральный состав гипогенных руд ... 534
Минеральный состав гипергенных руд ... 534
Модель месторождения ... 535
Прогнозная оценка ... 536
3.3. Таймыро-Североземельская провинция ... 536
3.3.1. Северо-Тарейский рудный узел ... 538
3.3.1.1. Золото-ртутная формация ... 541
Месторождение Извилистое ... 541
Геологическое строение ... 541
Прогнозно-поисковая модель ... 542
3.3.2. Унгинский рудный узел ... 542
Введение ... 542
Геологическое строение ... 542
Стратиграфия ... 544
Интрузивные образования ... 545
Региональный метаморфизм ... 548
Гидротермально-метасоматические образования ... 549
Факторы и критерии локализации месторождений унгинского типа ... 550
3.3.2.1. Формация золотоносных кор выветривания ... 551
Унгинское месторождение ... 556

Введение ... 556
Литолого-стратиграфическая характеристика мезозойско-кайнозойских отложений ... 557
Золотоносность мезозойско-кайнозойских отложений ... 563
Строение плотика россыпи ... 564
Характеристика золота ... 565
Минералогическая характеристика шлихов ... 566

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 570

ЛИТЕРАТУРА ... 571

Краткие сведения об авторах ... 577

ВВЕДЕНИЕ

Проблема формирования моделей и эталонов магматических, метаморфических и рудоносных комплексов является ключевой в программно-целевом планировании (системе) и научно-практическом обосновании и проведении геологического изучения, прогнозирования и воспроизводства минерально-сырьевой базы на федеральном (Беневольский, Вартанян, Кривцов, Мигачев, Михайлов, 2007) и региональном (Сердюк, 2003, 2004) уровнях.

В России пионерные работы в области моделирования месторождений полезных ископаемых были выполнены и продолжаются до настоящего времени в ЦНИГРИ. В современном виде результаты разработки моделей месторождений благородных и цветных металлов, алмазов изложены в сериях работ, выполненных и опубликованных под руководством А.И. Кривцова, Б.И. Беневольского, С.С. Вартаняна, М.М. Константинова, В.И. Ваганова (Многофакторные прогнозно-поисковые модели..., 1992, Многофакторные модели...,1993, Золоторудные гиганты России и мира, 2000, Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство, 2002; Модели месторождений благородных и цветных металлов, 2001, 2002).

В Сибири их целенаправленная разработка начала проводится Западно-Сибирским петрографическим советом, выступившим в 1992 году с комплексной научной программой "Петрографические основы геокартирования и прогнозирования эндогенного оруденения Сибири". Программа была поддержана Министерством природных ресурсов РФ, ВСЕГЕИ, научными и производственными организациями Сибири. Одним из ведущих ее направлений является составление эталонов магматических и метаморфических комплексов.

За прошедшие годы накоплен солидный опыт по формированию эталонов магматических (Кузнецкий Алатау, Алтай, Западный и Восточный Саяны, Енисейский кряж) и метаморфических (Алтай, Таймыр и др.) комплексов (Методические рекомендации ...,1992; Хомичев, Васильев, Хомичева, 1993; Хомичев, Мазуров, Хомичева, 1996; Хомичев, Кужельная, Хомичева, 1997; Кошкулакский эталон..., 1999; Динер, Качевская, Качевский, 2000; Забияка, 2000; Эталон..., 2000; Хомичев, Белоусов, Шульдинер, 2001).

Однако процесс формирования моделей месторождений, рудных формаций и рудоносных комплексов Сибири, по ряду причин, пока не приобрел необходимую динамику в разработке научно-методических основ их составления и практике конкретного составления моделей (эталонов) месторождений и рудных формаций. Известны пока единичные попытки составления эталонных моделей рудных месторождений Сибири: комплексных платино-медно-никелевых (Талнахское, Норильск-1), золоторудных (Советское) (Сердюк, Симонов, Ли, Бровков и др., 1995 г), золоторудных - Васильевское, Олимпиадинское (Сердюк, Коморовский, 2002; Ли, 2003), Эльдорадо, Герфед, Богунайское, Ольховское, Боголюбовское, Самсон, Аяхтинское, Удерейское (Сердюк, 2003, 2004)

Понимая актуальность, научную и практическую значимость разработки моделей (эталонов) рудных месторождений (формаций) для прогнозно-минерагенических построений, с учетом накопленного опыта по составлению магматических и метаморфических комплексов (Хомичев, Белоусов, Шульдинер, 2000), кратко обозначим основные элементы методики составления эталонов рудных месторождений (формаций).

Модель рудного месторождения – система геолого-металлогенических и прогнозных представлений, формирующих структурно-вещественную модель рудного месторождения, включающая в качестве подсистем: систематику объектов, геологическое строение рудного узла, геологическое строение рудного поля месторождения, структуру рудного поля, вещественный состав и технологические свойства руд, оценку запасов, прогнозных ресурсов, горно-технические, гидрогеологические и технико-экономические условия разработки, прогнозную оценку рудного поля, возраст и генезис (механизм) формирования месторождения, базирующаяся на синтезе, осмыслении, критическом обобщении и анализе фактического материала.

Цель формирования эталона: разработка структурно-вещественной модели месторождения, состоящей из системы базовых элементов и отражающейся, соответственно, системой геолого-металлогенических критериев и факторов локализации и прогноза руд.

Принципы формирования эталонной модели месторождения (формации):

- принцип целесообразности определяет целевое назначение формируемой модели (признаковая, прогнозно-поисковая, морфологическая, количественная и т.д.);

- принцип представительности (типичности), характеризует наиболее типичные, закономерные черты рудной формации (вмещающие породы, строение, морфология и параметры рудных тел, вещественный состав руд, структура рудного поля, отражение в геохимических и геофизических полях и т.д.);

- принцип оптимальности и необходимой достаточности комплекса методов изучения модели (эталона) отражает систему необходимых стандартных и нетрадиционных методов изучения месторождения – эталона, степень его изученности.

Монографическая характеристика эталона должна содержать следующие основные элементы: введение, геологическое строение провинции, рудного района (узла), геологическое строение эталонного месторождения (изученность, стратиграфия, литология, интрузивные образования, метаморфизм, структура рудного поля, гидротермально-метасоматические образования, минералого-петрографическая характеристика руд, геохимические особенности, геофизическая характеристика, характеристика рудных тел(пространственные параметры, содержание полезных компонентов, особенности их распределения, запасы, прогнозные ресурсы), вещественный состав и технологическая характеристика руд, формационная принадлежность месторождения, гидрогеологические и горно-технологические условия), геолого-структурная модель и механизм формирования месторождения, поисковые признаки и критерии локализации руд, прогнозная оценка месторождения, путеводитель месторождения, паспорт месторождения, заключение.

Обязательными являются следующие графические приложения: геологическая (металлогеническая) карта рудного узла масштаба 1:25 000-1: 50 000, геологическая карта месторождения масштаба 1: 2000-1:10 000, геолого-структурная модель месторождения.

Понятно что, создание моделей (эталонов) рудных месторождений должно основываться на специально разработанной методике, которая в перспективе будет создана. Основные элементы методики исследований по формированию эталонов месторождений, учитывая наработанный опыт (Хомичев, Белоусов, Шульдинер, 2000, Сердюк, Коморовский, 2002, Ли, 2003) и сказанное выше, достаточно очевидны и конкретны.

Предлагаемая читателю книга «Модели месторождений золота Енисейской Сибири», построена на изложенных выше методических подходах и задумана как некоторый итог большого комплекса работ, выполненных в течение почти двадцатилетних исследований, в инициативном порядке, коллективом геологов-единомышленников в составе: С.С. Сердюк, Ю.Е. Коморовский, А.И. Зверев, В.К. Ояберь, В.С. Власов, В.Е. Бабушкин, С.А. Землянский, В.А. Кириленко, под руководством доктора геолого-минералогических наук С.С. Сердюка.

Большую помощь в подготовке текста и графических материалов оказали Н.И. Селиванова, И.И. Кузьмина, Е.В. Царева, Л.Б. Вандышева, Д.В. Гусев, В.С. Сердюк, которым авторы высказывают большую благодарность.

Авторы надеются, что монография «Модели месторождений золота Енисейской Сибири» будет доступна и воспринята широкой аудиторией геологов и геофизиков и послужит фундаментальной основой для геолого-металлогенического анализа, прогноза и открытия новых золоторудных месторождений.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ

1.1. ОБЩИЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИИ И МЕТАЛЛОГЕНИИ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ

Сибирь - традиционный золотодобывающий регион России. Промысел золота в Сибири начался в 30-40-х годах XIX века в Кузнецком Алатау, Восточном и Западном Саянах, Енисейском кряже. В последующие годы усилиями многих поколений геологов были установлены основные черты геологического и металлогенического строения классических золотоносных (золото-платиноносных) провинций: Восточно-Саянская, Западно-Саянская, Кузнецко-Алатауская, Енисейская, Норильская, выявлены новые перспективные провинции: Таймыро-Североземельская, Анабарская, Маймеча-Котуйская, Западно-Эвенкийская, Южно-Эвенкийская (рис. 1.1).

Современный уровень золотодобычи центральносибирских субъектов РФ (Красноярский край, Таймырский автономный округ, Республики Тыва и Хакасия) составляет 20-25 т с перспективой увеличения объема до 32-35 т в год. Все это позволяет региону уже сегодня занимать передовые позиции на российском рынке, а в будущем стать лидером.

Современный уровень изучения геолого-металлогенических особенностей золотоносных и золото-платиноносных провинций Центральной Сибири позволяет наметить ряд их типичных особенностей (табл. 1.1).

По геолого-структурным особенностям благороднометалльные провинции могут быть классифицированны на две группы:

- провинции в складчатых областях байкальской и каледонской консолидации с элементами активизации в герцинском цикле (1-ая подгруппа: Енисейская, Таймыро-Североземельская провинции; 2-ая подгруппа: Восточно-Саянская, Западно-Саянская, Кузнецко-Алатауская провинции);

- провинции в окраинных платформенных структурах (преимущественно герцинской консолидации) Сибирской платформы.

По металлогеническим особенностям провинции первой группы относятся к существенно золотоносным, второй - к существенно золото-платиноносным. Соответственно для них характерен свой спектр типовых рудных (россыпных) формаций:

- для провинций первой группы: золото-кварцевая, золото-сульфидная, золото-кварц-сульфидная, золото-серебряно-кварц-сульфидная, золотоносных метасоматитов (березитов, лиственитов, вторичных кварцитов), золотоносных кор выветривания, группа россыпных формаций различного происхождения;

- для провинций второй группы: сульфидная золото-платино-медно-никелевая, малосульфидная платиноносная, золото-платиноносная щелочно-ультраосновная, золотосодержащая магнетитовая скарновая и гидротермально-метасоматическая кальцит-кварцевая, редкометалльно-золото-платиноносная, золото-платино-редкометальная кор выветривания, аллювиальных золотоносных и золото-платиноносных россыпей.

По объему раскрытого металлогенического потенциала золота и платиноидов (добыча + запасы + прогнозные ресурсы,% от суммы по всем провинциям) провинции распределились в следующей последовательности: золотоносные - Енисейская (40%), Таймыро-Североземельская (32,9%, прогнозные ресурсы), Восточно-Саянская (золото - 7,4%, платиноиды 0,6%), Кузнецко-Алатауская (4,3%), Западно-Саянская (1,7%); золото-платиноносные - Норильская (золото - 7,2%, платиноиды 99,0%), Маймеча-Котуйская (золото 2,0%, платиноиды 0,1%), Южно-Эвенкийская (золото 2,0%, платиноиды 0,1%), Анабарская (золото 1,5%, платиноиды 0,1%), Западно-Эвенкийская (золото 1,0%, платиноиды 0,1%).

Важной чертой металлогенического строения золотоносных провинций первой группы является широкий спектр рудных формаций, имеющих промышленное значение и локализующихся в виде поясов и зон: золото-кварцевая (Челюскинский, Енисейский злото-кварцевые пояса), золото-сульфидная (Енашиминско-Чиримбинский пояс), золото-серебряно-кварц-сульфидная (Кузеевско-Богунаевская зона), сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Кингашская зона). Для золото-платиноносных провинций в окраинных структурах Сибирской платформы характерно ареальное (очаговое) расположение и небольшое количество промышленно значимых рудных формаций: сульфидная золото-платино-медно-никелевая и малосульфидная платиноидная (Норильский район).

В последние годы серьезное промышленное значение преобретает группа рудных формаций золотоносных кор выветривания. Исследование проблемы золотоносности кор выветривания в пределах рудных районов золотоносных провинций позволит в перспективе серьезно пополнить сырьевую базу золота.

Резерв прироста сырьевой базы золота также связывается с изучением группы перспективных рудных формаций: золото-ртутной, золото-скарновой, золотоносных метасоматитов, золотоносных конгломератов, редкометалльной золото-платиноносной.

1.1.1. Енисейская провинция

1.1.1.1. Геологическое и металлогеническое строение

Геология и металлогения Енисейской золотоносной провинции исследуются уже более 150 лет. Современные взгляды на ее строение изложены в трудах многих геологов (Кузнецов, 1946; Боголепов, 1957; Кириченко, 1967; Мусатов, 1964; Бровков, Ли, Охапкин, 1978; Даценко, 1984; Корнев, Даценко, Бозин, 1974; Геология и металлогения ..., 1985; Стратиформное ..., 1983; Корнев 1978, 1980, 1986 и др.).

По результатам этих работ геологическое строение и металлогения складчатой системы Енисейского кряжа определяются структурно-вещественными образованиями нескольких тектонических циклов: докарельского, карельского, байкальского, каледонского, герцинского, нижнего и верхнего альпийских. Им свойственны свои особенности вещественного состава, структуры, регионального метаморфизма, магматизма и металлогенической специализации (Бровков, Ли, Охапкин, 1978; Геология и металлогения..., 1985; Даценко, 1984; Корнев,1986; Кузнецов, 1968; Ли, 1968, 1970; Ли, Круглов, Михеев, 1974; Обручев, 1961; Середенко, 1986; Сердюк, 1997, 2002; Цыкин, 1967; Шер, 1974; Шило, 1985) (рис. 1.2).

Тектоника и металлогеническое районирование

В соответствии с особенностями геологического строения и закономерностями распределения рудных объектов выделяются следующие металлогенические подразделения: металлогенические зоны - Исаковская, Приенисейская, Вороговско-Ангарская, Центральная и Чернореченско-Каменская и Ангаро-Канская. Практически все месторождения и проявления рудного (золото-кварцевая и золото-сульфидная формации) и россыпного золота сконцентрированы в Центральной металлогенической зоне,

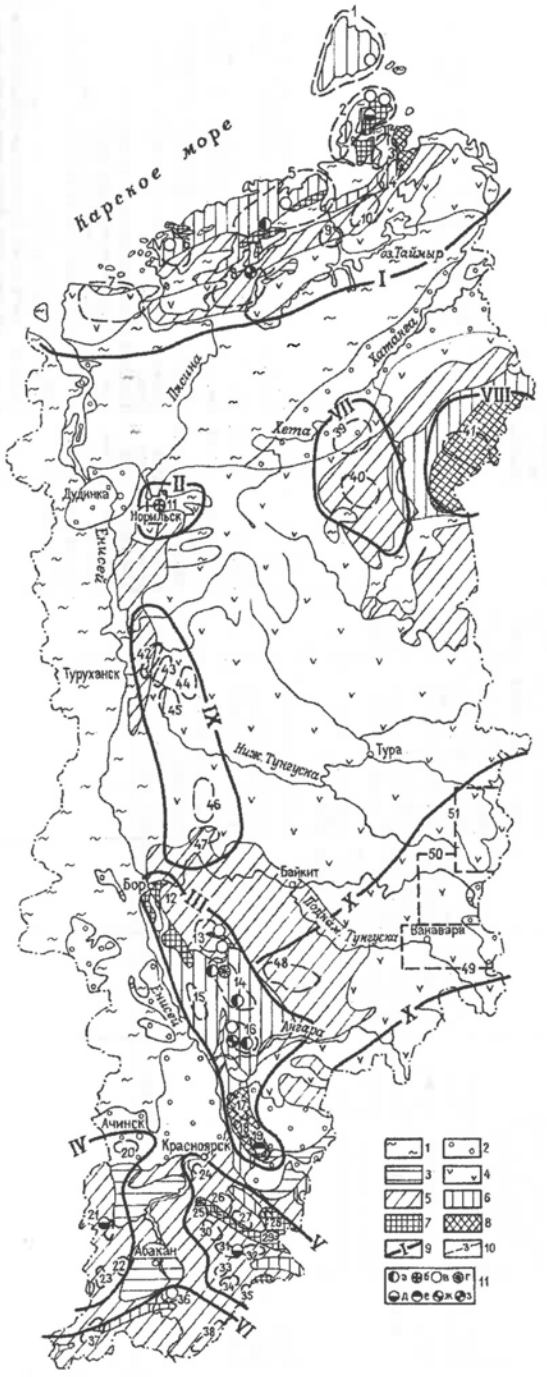


Рис. 1.1. Схема золотоносности Красноярского края.

1-8 тектонические комплексы: 1 - верхнеальпийский, 2 - нижнеальпийский, 3 - верхнегерцинский, 4 - нижнегерцинский, 5 - каледонский, 6 - байкальский, 7 - карельский, 8 - докарельский; 9 - золотоносные и золотоплатиноносные провинции; 10 - золоторудные (рудно-россыпные) районы, площади, узлы; 11 - типы месторождений (проявлений): а - золотосульфидный, б - золото-платино-медноникелевый комплексный, в - золотокварцевый, г - золотоносных кор выветривания, д - золотокварц-сульфидый, е - золотосеребряно-кварц-сульфидный, ж - золотосурьмяный, з - золоторутный.

Золотоносные и золотоплатиноносные провинции: установленные: I - Таймыро-Североземельская, II - Норильская, III - Енисейская, IV - Кузнецко-Алатауская, V - Восточно-Саянская, VI - Западно-Саянская, перспективные: VII - Маймеча-Котуйская, VIII - Анабарская, IX - Западно-Эвенкийская, X - Южно-Эвенкийская.

Рудные (рудно-россыпные) районы, площади, узлы: 1 - Большевистский; 2 - Челюскинский, 3 - Нижнегольцовский; 4 - Верхнеленинградский; 5 - Нижнетаймырский; 6 - Мининский; 7 - Убойнинский; 8 - Тарейский; 9 - Энгельгардовский; 10 - Траутфеттерский; 11 - Норильский; 12 - Чернореченская; 13 - Северо-Енисейский; 14 - Ерудинский; 15 - Приенисейский; 16 - Южно-Енисейский; 17 - Посольненский; 18 - Кузеевский; 19 - Богунаевский; 20 - Александровский; 21 - Саралинско-Коммунаровский; 22 - Уйбатский; 23 - Балыксинский; 24 - Осиновский; 25 - Тубильский; 26 - Жайминско-Арзыбейский; 27 - Верхне-Манский; 28 - Караганский; 29 - Янгинский; 30 - Сисмский; 31 -Ольховско-Чибижекский; 32 - Шиндинский; 33 - Копский; 34 - Нижне-Амыльский; 35 - Верхне-Амыльский; 36 - Приенисейско-Шумихинский; 37 - Анзас-Кизасский; 38 - Усинский; 39 - Тулинский; 40 - Романихинский; 41 - Котуйканский; 42 - Североречненский; 43 - Ерачиминский; 44 - Бильчанский; 45 - Онекский; 46 - Дегалинский; 47 - Учамский; 48 - Камовская; 49 - Ванаварская; 50 - Верхне-Чуньская; 51 - Илимпейская.

Металлогенический потенциал золотоносных и золото-платиноносных провинций Центральной Сибири

Таблица 1.1

Мегакомплексы (этапы) Металлогенический потенциал	Провинции, рудные формации, месторождения, рудные зоны, площади и их металлогенический потенциал									
	Енисейская	Восточно-Саянская	Западно-Саянская	Кузнецко-Алатауская	Таймыро-Североземельская	Анабарская	Норильская	Маймеча-Котуйская	Западно-Эвенкийская	Южно-Эвенкийская
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Верхний альпийский (палеоген-квартер)	Аллювиальных, элювиально-делювиальных, элювиальных, техногенных россыпей (Тея, Енашимо, Нойба, Вангаш, Мурожная). Карстовых россыпей (Дюбкош, Чубкош, Дыдан, Огневка). Золотоносных гравийников и галечников (кирнаевская свита (неоген))	Аллювиальных, карстовых россыпей (Чибижек, Ольховка), Сисим, Сейба, Кан, Мана, Мина)	Аллювиальных россыпей (Анзас-Кизасский, Шушенский районы)	Аллювиальных, карстовых, техногенных россыпей (Саралинский, Коммунаровский, Балыксинский районы)	Золотоносных аллювиальных россыпей (Студеная, Лагерная, Голышева, Кунар, Серебрянка). Золотоносных элювиально-делювиальных россыпей (Голышева). Золотоносных морских россыпей (Паландера, Вилькицкого). Золотоносных галечников и гравийников (эоцен) (Мамонта, Шренк)	Золотоносных и золото-платиноносных аллювиальных россыпей (Арбын, Уоран-Юряге, Котуйкан)	Платиноносных россыпей (природных и техногенных) (Щучья, Медвежий)	Аллювиальных золото-платиноносных россыпей (Гулэ, Сабыда, Дунитовая, Ингаринда)		Аллювиальных россыпей золота и платиноидов (Лимпэкан, Илимпейская, Ванаварская, Верхне-Чуньская площади)
Нижний альпийский (юра-палеоген)	Золотоносных кор выветривания (Олимпиадинское (коровые руды), Самсон, Зыряновское) Золотоносных конгломератов (нижняя юра)	Золотоносных кор выветривания (Ольховское, Сухой Лог, Кора, Сейбинское)	Золотоносных кор выветривания (Мало-Сейская, Джебашская, Уйская, Шушенская, Майнская площади)	Золотоносных кор выветривания (Юзик, Балыксинский, Александровский районы (хр. Арга)	Золотоносных кор выветривания (Серебрянское, Кунарское, Унгинское). Золотоносных конгломератов (Унгинское). Золотоносных кор выветривания	Золотоплатиноносных кор выветривания (?)		Золотоплатиноносных кор выветривания (?)		Редкометалльно-золото-платиноносных кор выветривания (Чуктукон, Ессей)
Верхнегерцинский (карбон-триас)	Золотоносных конгломератов (нижний карбон)				Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Бootанкага, Бинюда, Дюмталей). Золото-ртутная (Извилистое)		Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Талнах, Октябрьское, Норильск I и др.) Малосульфидная платиноносная (Норильск I и др.)	Платиноносная щелоч-но-ультраосновная (Крестовский, Гулинский массивы)	Сульфидная золото-плати-но-медно-никелевая (Ерачимин-ский, Бильчанский, Онекский, Дегалинский, Учамский районы)	Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Подкаменно-Тунгусская площадь). Золотосодержащая магнетитовая со скарнами, кварц-кальцитовыми и кварцевыми гидротермально-метасоматическими образованиями (Илимпейская, Ангаро-Катская группы железорудных месторождений). Золотосодержащая колчеданно-полиметаллическая (Чуня). Барит-целестиновая золотосодержащая (прогнозируемая) (Пухирьская, Укыкитканская и др. зоны). Редкометалльно-золото-платиноносная щелочно-ультраосновная карбонатитовая (Хушминское, Ириктинское, Чуктуконское).

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нижнегерцинский (средний ордовик-девон)					Золото-сульфидная (Скалистое, Каньон)					
Каледонский (венд-ранний ордовик)	Золотоносных конгломератов (эвенкийская свита)	Золото-сульфидно-кварцевая (Константиновское, Лысогорское, Медвежье, Ольховское, Средняя Тарча, Дистлеровское, Каратавское). Золото-сульфидная (Крольское, Кизир, Янга, Тубиль, Жайма, Мана). Золото-редкометалльная (золото-скарновая) (Мало-Тартоякское, Кутурчинское)	Золото-кварцевая (Кировское, Мало-Шушенское, Татьянинское, Покосное, Шаманское). Медно-колчеданная золотосодержащая (Майнское) Золото-сульфидная (Анзас-Кизасский район) (?). Золото-скарновая (?)	Золото-кварцевая (Саралинское). Золото-кварц-сульфидная (Коммунаровское). Золотоносных метасоматитов (кварцитов) (Моховое, Александровский район (хр. Арга) Золото-скарновая, золото-редкометалльная (перспективные)						Золото-содержащих мелистых песчаников и сланцев (Камовская, Тохомская площади)
Байкальский (рифей)	Золото-кварцевая (Енисейский золото-кварцевый пояс: Советское, Эльдорадо, Васильевское, Доброе, Полярная звезда, Сергеевское, Пролетарское, Ударное, Первенец, Кварцевая гора, Герфед) Золото-сульфидная (Олимпиадинское, Тырадинское, Ведугинское, Михайловское, Боголюбовское, Золотое). Золото-кварц-сурьмяная (Удерейское). Золото-редкометалльная (Оленье, Высокое). Золото-ртутная (Угловое, Большое). Золото-скарновая (Чапа, Тырыда). Золотоносных конгломератов (чividинская, лопатинская свиты, чингасанская серия). Золото-кварц-сульфидная (Зыряновское, Боровинское)	Золото-кварцевая (Нижне-Сисимское, Сейбинское, Горное)			Золото-кварцевая (Челюскинский золото-кварцевый пояс: Челюскинское, Жильное, Литкенское, Фоминское). Золото-кварц-сульфидная (Кунарское, Голышевское). Золотоносных метасоматитов (березиты, лиственниты) (Серебрянское, Мод, Мамонтовское). Метаморфизованных золотоносных конгломератов (гематитовые и сульфидные: Лаптевское, Заборское, Продольнинское, Мамонтовское)					

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карельский, докарельский (ранний-средний протерозой, архей)	Золото-серебряно-кварц-сульфидная (Кузеевское, Богунаевское)	Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Кингашское)			Метаморфизованных золотоносных конгломератов (Дорожнинское).	Малосульфидно-платиноносная (Котуйкан-Моноолинская и Билляхская зоны) Сульфидная золото-платино-медно-никелевая (Вюрбюр) Золото-кварцевая Золото-сульфидно-кварцевая Золото-кварц-полевошпатовых метасоматитов (Мэрэю) Древних золотоносных конгломератов (?) Золотоносных кор выветривания (домукунского уровня) (?)	7,2 (99,0)	2,0 (0,1) (прогнозные ресурсы)	1,0 (0,1) (прогнозные ресурсы)	2,0 (0,1) (прогнозные ресурсы)
Потенциал (запасы+ ресурсы+ добыча) золота (платиноидов) от суммарного по всем провинциям,%	40 (-)	7,4 (0,6)	1,7 (-)	4,3 (-)	32,9 (0,1) (прогнозные ресурсы)	1,5 (0,1) (прогнозные ресурсы)				

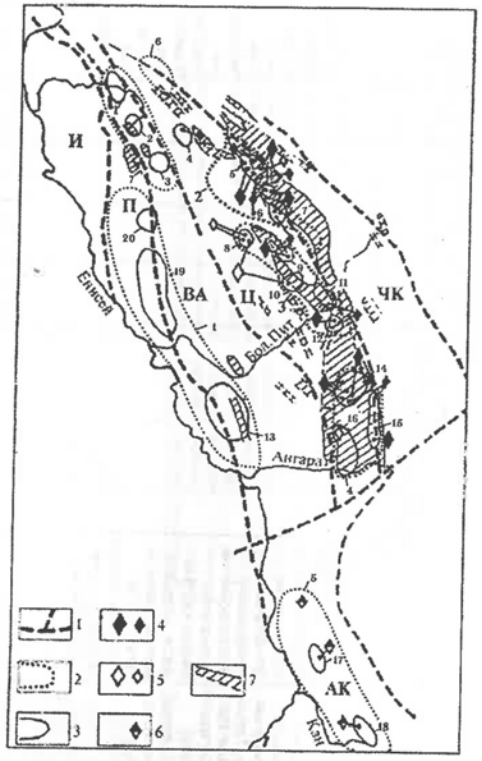


Рис. 1.2. Схема металлогенического районирования Енисейской золотоносной провинции (Геология и металлогения...// Г.Н. Бровков и др., 1985; с дополнениями С.С. Сердюка,1997, 2002)

1 - границы металлогенических зон (И - Исаковская, П - Приенисейская, ВА - Вороговско-Ангарская, Ц - Центральная, ЧК - Чернореченско-Каменская, АК - Ангаро-Канская); 2 - граница рудных (рудно-россыпных) районов (1 - Приенисейский, 2 - Северо-Енисейский, 3 - Ерудинский, 4 - Южно-Енисейский, 5 - Ангаро-Канский, 6 - Чапинско-Лебяжинский, 7 - Вороговский), 3 - границы рудных узлов (1 - Средне-Вороговский, 2 - Верхне-Вороговский, 3 - Гаревский, 4 - Чингасанский, 5 - Советский, 6 - Александро-Агеевский, 7 - Перевальнинский, 8 - Верхне-Енашиминский, 9 - Ерудинский, 10 - Панимбинский, 11 - Елено-Таврикульский, 12 - Аяхтинский, 13 - Зыряно-Рудиковский, 14 - Партизанский, 15 - Раздольнинский, 16 - Мало-Мурожнинский, 17 - Кузеевский, 18 - Богунайский, 19 - Киликейский, 20 - Верхне-Тисский), 4-6 - месторождения и рудопроявления: 4 - золото-кварцевой, 5 - золото-сульфидной, 6 - золото-серебряно-кварц-сульфидной формаций, 7 - основные ветви Енисейского золото-кварцевого пояса

перспективные проявления известных и новых типов золотого оруденения развиты в Вороговско-Ангарской, Приенисейской и Ангаро-Канской металлогенических зонах. В пределах металлогенических зон локализованы золоторудные районы: Чапинско-Лебяжинский, Вороговский, Северо-Енисейский, Ерудинский, Южно-Енисейский, Приенисейский, Ангаро-Канский и золоторудные узлы (установленные и потенциальные): Средне-Вороговский, Чингсанский, Гаревский, Верхне-Тисский, Нойбинский, Советский, Александро-Агеевский, Перевальнинский, Верхне-Енашиминский, Ерудинский, Вангашский, Панимбинский, Елено-

Таврикульский, Аяхтинский, Киликейский, Зыряно-Рудиковский, Партизанский, Мало-Мурожнинский, Раздолинский, Кузеевский, Богунайский (Бровков, Корнев, Ли, 1985; Ладынин, Пузанов, 1987; Ли, 1995; Сердюк, 1997, 2002).

Основу слоистой структуры складчатой системы Енисейского кряжа составляют тектонические мегакомплексы (тектонические комплексы), характеристика которых приводится далее (табл. 1.2) (Сердюк, 2004).

Архейские формации, слагающие докарельский тектонический комплекс, составляют вместе с карелидами основу Ангаро-Канской металлогенической зоны (Геология и металлогения..., 1985). Металлогеническая специализация докарельского комплекса проявлена в развитии оруденения и минерализации формации железистых кварцитов и титано-магнетитовой формации.

Карельский мегакомплекс в структуре региона слагает (местами совместно с докарельскими образованиями) выступы основания складчатой системы Енисейского кряжа (Енисейской складчатой системы). В пределах Енисейского кряжа образования карельского комплекса обнажаются в ядрах Приенисейского, Центрального и Ангаро-Канского антиклинориев, прослеживаясь двумя полосами протяженностью до 250 км от низовьев р.Гаревки до пос. Абалаково (первая) и от бассейна р. Тея до верховий р. Татарка (вторая).

Металлогеническая специализация карельского комплекса определяется ограниченным развитием проявлений золото-серебряно-кварц-сульфидной (Богунайское, Кузеевское месторождения), золото-кварцевой, золото-сульфидной (пенченгинский тип) и перспективной золото-сульфидной в диафторитах и милонитах (богунайский тип) формаций. Наиболее широко рудные образования карельского цикла проявлены в Ангаро-Канской металлогенической зоне в Богунайском и Кузеевском рудных узлах, а также в виде слабо изученных рудопроявлений золота в бассейнах рек Тея, Енашимо, Чиримба, Панимба, Аяхта, Татарка.

Байкальский мегакомплекс представлен образованиями двух тектонических комплексов - геосинклинального и орогенного, характеризующих полный цикл его развития.

Металлогеническая специализация байкальского геосинклинального комплекса определяетяся широким развитием золото-кварцевой (советский, васильевский типы) формации, слагающей Енисейский золото-кварцевый пояс и золото-сульфидной (олимпиадинский, боголюбовский типы) формации, формирующей Енашиминско-Чиримбинский золото-сульфидный пояс (Сердюк, 1997). Весьма интересна группа перспективных формаций, представленных пока слабоизученными месторождениями или рудопроявлениями : золото-кварц-сульфидная, золотоносных метасоматитов лиственит-березитового ряда (зыряновский тип), золото-сурьмяная (удерейский тип), золото-редкометалльная (Высокое рудопроявление), золото-ртутная (проявления Большое, Угловое). Области развития месторождений и проявлений золотоносных формаций слагают Вороговско-Ангарскую, Центральную и Приенисейскую металлогенические зоны. В них локализованы золотоносные районы: Чапинско-Лебяжинский, Вороговский, Северо-Енисейский, Ерудинский, Южно-Енисейский, Приенисейский; золотоносные узлы, рудные зоны и площади, характеристика которых приведена ниже.

Байкальский орогенный комплекс слагает структуры обрамляющие Енисейский кряж по восточной и северо-западной периферии: Ангаро-Канский прогиб, Тасеевская впадина, Тейский прогиб, Вороговский прогиб.

Металлогеническая специализцация орогенного комплекса байкалид определяется развитием прогнозируемых проявлений золото-редкометалльной формации (Чапинская, Среднетатарская площади) и формации докембрийских золотоносных конгломератов (Дюбкошская площадь).

Каледонский мегакомплекс со структурным несогласием залегает на более древних формациях. Возрастной диапазон отложений мегакомплекса охватывает интервал от венда-кембрия до девона включительно.

Металлогеническая специализация комплекса в отношении золотоносности практически не проявлена, за исключением слабо изученной золотоносности терригенных отложений эвенкийской свиты (средний-верхний кембрий) на проявлениях Нерюндинское 1-е и 2-е Камовской площади (Шибистов, 1966 г.; Покровский, 1968 г.; Сердюк, Зверев, 2000).

Металлогеническая специализация на золото **герцинского мегакомплекса** выявлена в новой перспективной Южно-Эвенкийской золотоносной проинции, а в ее пределах это Илимпейский и Чуньско-Катангский перспективные районы, в пределах которых развиты формация золотоносных кор выветривания (?), сульфидная золото-платино-никелево-медная, золотосодержащая магнетитовая со скарнами, кварц-кальцитовыми и кварцевыми гидротермально-метасоматическими образованиями, а в Чадобецком рудном узле - перспективная золото-редкометалльная формация (?) (Чуктуконское месторождение).

Металлогения золота **нижнего альпийского комплекса** определяется широким развитием в Центральной металлогенической зоне Енисейской золотоносной провинции группы формаций золотоносных кор выветривания (олимпиадинский, самсоновский, боровинский, зыряновский типы, мурзинский, уткинский,унгинский типы (?), формации золотоносных конгломератов (?); перспективной формации золото-редкометалльных кор выветривания(?) (Чадобецкий рудный узел).

Металлогения **верхнего альпийского комплекса** определяется группой экзогенных золотоносных формаций, локализованных в Енисейской золотоносной провинции: Центральная металлогеническая зона - Северо-Енисейский, Южно-Енисейский, Ангаро-Канский золоторосспыные районы и Южно-Эвенкийской золотоносной провинцией: Катанга-Тунгусская металлогеническая зона, Илимпейский и Чуньско-Катангский перспективные золоторосспыные районы. Они представлены группой золотоносных аллювиальных, элювиально-делювиальных и техногенных формаций, формацией золотоносных конгломератов и галечников (древний красноцветный аллювий).

Эндогенные золоторудные формации

По данным предшествующих исследований (В.А. Обручев, Ф.Н. Шахов, Н.В. Петровская, Ф.П. Кренделев, В.А. Богданович, Л.В. Ли, Г.П. Круглов и др.), а также по результатам выполненной нами интерпретации имеющейся информации (Сердюк, 1995 г, 1997, 2002), в пределах исследуемой части Енисейского кряжа выделяются следующие рудные и россыпные формации: золото-кварцевая, золото-сульфидная, золотоносных элювиально-остаточных россыпей, в том числе россыпей кор химического выветривания, элювиально-делювиальных, аллювиальных (долинных, русловых, террасовых) золотоносных россыпей. Данные формации объединяют проявления и месторождения, имеющие установленное промышленное значение. В этом ряду относительно новым является тип россыпей кор химического выветривания, который по комплексу признаков опознан нами среди террасовых, остаточных карстовых и «водораздельных» россыпей, отрабатывавшихся ранее.

Вместе с тем, в пределах района установлены признаки существования объектов новых формационных типов, промышленное значение которых пока не выявлено.

Тектонические комплексы и металлогеническое районирование на золото Енисейского кряжа и прилегающих районов Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты

Таблица 1.2

Мегакомплексы (Геологический возраст)	Тектонические комплексы	Структурные элементы: Эв- и миогеосинклинальные зоны, прогибы, синеклизы, валы, горсты, поднятия	Структурные элементы: Осадочные и осадочно-вулканогенные формации (возраст, стратиграфический объем)	Интрузивные формации (интрузивные комплекс);	Особенности тектонических дислокаций (Региональный метаморфизм, Фации)	Металлогеничекое районирование; золотоносные формации
1	2	3	4	5	6	7
Верхний альпийский (Миоцен - плейстоцен)	Платформенный	Енисейский горст, Кулаковская,Тасеевская,Зыряно-Рудиковская, Чулымо-Енисейская впадины, Кемский прогиб, Тунгусская синеклиза	Группа терригенных формаций (плейстоцен - голоцен) Конгломерато-алевритопесчаниковая (миоцен; кирнаевская свита)	Отсутствуют	Фрагментарные брахиформные дислокации (Отсутствует)	**Енисейская золотоносная провинция. Центральная металлогеническая зона; золотороссыпные районы: Северо-Енисейский, Южно-Енисейский, Ангаро-Канский Южно-Эвенкийская золотоносная провинция, Катанга-Тунгусская металлогеническая зона, Илимпейский и Чуньско-Катангский перспективные районы** Группа золотоносных аллювиальных, элювиально-делювиальных и техногенных формаций Формация золотоносных конгломератов и галечников
Нижний альпийский (Юра - миоцен)	Платформенный	Енисейский горст, Тегульдетская, Зыряно-Рудиковская, Чулымо-Енисейская впадины, Касский прогиб	Терригенная лигнито-буроугольная (олигоцен - миоцен; бельская свита) Бокситоносная алевритопесчаниковая (палеоцен - эоцен; мурожнинская свита) Пестроцветная глинистопесчаниковая (мел) Угленосная лимническая (юра)	Кимберлитовая (?)	Слабая прерывистая брахиформная складчатость, разломы (Отсутствует)	**Центральная металлогеническая зона** Группа формаций золотоносных кор выветривания (олимпиадинский, самсоновский, боровинский, зыряновский типы, мурзинский, уткинский,унгинский типы (?) Формация золотоносных конгломератов (?); **Чадобецкий рудный узел** Формация золото-редкометалльных кор выветривания(?)
Герцинский (Карбон-триас)	Платформенный активизированный	Тисско-Питский грабен, Тунгусская синеклиза	Формация коры выветривания (верхний триас - нижняя юра (?)) Терригенно-вулканогенная (трапповая) (пермь - триас) Угленосная паралическая (карбон-пермь) Конгломерато-алевритопесчаниковая (нижний карбон, тушамская свита)	Трапповая (вороговский, катангский, ангарский, кузьмовский) Щелочно-ультрабазитовая с карбонатитами (кийский, хушминский, чадобецкий)	Система разноранговых относительно прямолинейных разломов, прерывистая - местами наложенная линейная, складчатость (Отсутствует)	**Южно-Эвенкийская золотоносная провинция, Илимпейский, Чуньско-Катангский перспективные районы** Формация золотоносных кор выветривания (?) Сульфидная золото-платино-никелево-медная Золото-содержащая магнетитовая со скарнами, кварц-кальцитовыми и кварцевыми гидротермально-метасоматическими образованиями **Чадобецкий рудный узел** Золото-редкометалльная формация (?)

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7
Каледонский (Вендкембрий - средний палеозой (девон)	Платформенный (активизированный)	Тисско-Питский грабен, Приенисейская моноклиза, Вельминский и Камовский своды	Формация коры выветривания (верхний девон - нижний карбон) Карбонатно-терригенная пестроцветная (верхний девон) Песчаниковая (средний ордовик- нижний силур) Известняково-песчаниковая (нижний ордовик) Красноцветная карбонатно-глинисто-песчаниковая (средний - верхний кембрий) Соленосная ангидрит-доломитовая (нижний кембрий). Карбонатно-глинисто-песчаниковая (венд - нижний кембрий)	Кимберлитовая (верхний девон - нижний карбон (?))	Конседиментационные структуры (валы, впадины), местами осложненные наложенной линейной складчатостью и разломами (Отсутствует)	**Камовская площадь** Золотоносная терригенная (песчаниковая) (?)
Байкальский (Средний-верхний рифей - венд)	Орогенный	Вороговский прогиб (северо-запад)	Тейский прогиб (Кордо-Лебяжинский синклиноний) (север, северо-восток)	Ангаро-Канский прогиб, Тасеевская впадина (Ангаро-Питский синклиноний) (юг)		
		Чапская: Терригенная пестроцветная (немчанская свита) Терригенно-кремнисто-карбонатная (подъемская свита)	Чапская: Терригенная пестроцветная (немчанская свита) Терригенно-кремнисто-карбонатная (подъемская свита)	Тасеевская: Терригенная пестроцветная (алешинская, чистяковская, мошаковская свиты)	Нефелин-сиенитовая щелочно-базальтоидная (чапинский, среднетатарский, средневороговский) Щелочно-сиенитовая (порожинский) Гранит-лейкогранитовая (гурахтинский) Габбро-нефелинсиенитовая (захребетинский) Лейкогранитовая (глушихинский) Гранитовая (гранит-батолитовая) (татарско-аяхтинский)	Линейная складчатость, разломы (Начальная стадия зеленосланцевой фации)	**Чапинская, Среднетатарская площади** Золото-редкометалльная (?) **Дюбкошская перспективная зона** Золотоносных конгломератов
		Вороговская: Карбонатно-терригенная (молассовая) (североречен-ская, сухоречен-ская свиты)	Чингасанская: Карбонатно-терригенная (молассовая) (лопатинская, карьерная, чивидинская свиты)	Ослянская: Карбонатная (дашкинская свита) Пестроцветная терригенная железорудная (нижнеангарская свита)		

Окончание таблицы 1.2

1	2	3		4	5	6	7
	Геосинклинальный	Исаковская, Приенисейская, Воронговско-Ангарская, Тейско-Татарская СФЗ; загеосинклинальная зона (восток)		Черноречено-Каменская СФЗ; миогеосинклинальная зона (восток)	Диорит-плагиогранитовая (приенисейский, среднетырадинский) Мигматит-гранитовая (тейский, посольнинский)	Линейная многопорядковая складчатость в сочетании с системой продольных и поперечных разломов	Центральная, Вороговско-Ангарская, Приенисейская металлогенические зоны: золотоносные районы - **Чапинско-Лебяжинский, Вороговский, Северо-Енисейский, Ерудинский, Южно-Енисейский, Приенисейский;** **Енисейский золото-кварцевый пояс** Золото-кварцевая (советский, васильевский типы) **Енашиминско-Чиримбинский золото-сульфидный пояс** Золото-сульфидная (олимпиадинский, боголюбовский типы) **Васильевско-Удерейская рудная зона** Золото-кварц-сульфидная (удерейский тип) **Зыряновский рудный узел** Золото-кварц-сульфидная Золотоносных метасоматитов лиственит-березитового ряда(зыряновский тип) Золото-редкометалльная **Чернореченская, Удерейская площади** Золото-ртутная (?)
			Тунгусикская	Карбонатно-терригенная (свита Серого Ключа, дадыктинская, киргитейская свиты) Черюсланцевая (углеродисто-сланцевая) (шунтарская)			
			Сухопитская	Сланцево-карбонатная (свиты карточки и аладынская) Флишоидная (погорюйская свита) Аспидная (горбилокская и удерейская свиты) Карбонатно-терригенная (кординская свита)			
Карельский (Нижний протерозой)	Протогеосинклинальный		Тейская	Метатерригенно-карбонатная (гнейсово-сланцево-мраморовая) (пенченгинская свита) Метатерригенная (гнейсово-сланцевая) (свита хр. Карпинского)	Щелочно-габброидная с карбонатитами (пенченгинский) Гранит-гнейсогранитовая (гаревский)	Линейная складчатость, продольные разломы	**Ангаро-Канская металлогеническая зона** **Ангаро-Канский золотоносный район** Золото-сульфидная (пенченгинский тип) Золото-серебряно-кварц-сульфидная (богунайский тип)
			Енисейская	Метакарбонатно-вулканогенно-терригенная (мраморогнейсовая) (исаевская, средняянская толщи)	Габбро-диорит-диабазовая (индыглинский) Гнейсо-плгиогранитовая (ерудинский) Гранит-гнейсогранитовая (тараканский) Перидотит-пироксенит-габбровая (шиверский Габбро-диабазовая(комаровский комплекс)	(Зеленосланцевая, эпидот-амфиболитовая, в т.ч. диафторические, амфиболитовая; ультраметаморфизм)	Золото-сульфидная в диафторитах и милонитах
Докарельский (Архей)	Протогеосинклинальный		Канская	Метавулканогенно-терригенная (атамановская толща) Метатерригенно-вулканогенная (кузеевская толща)	Мигматит-гранитовая (березовский) Чарнокитовая (богунайский) Габбро-норитовая (кимбирский)	Изоклинальная складчатость, купольные структуры (Гранулитовая, местами диафторированная)	**Ангаро-Канский золотоносный район** Золото-сульфидная (?) Золото-кварцевая (?)

Они отнесены к проявлениям потенциально перспективных золоторудных формаций: золото-редкометалльной, золото-скарновой, золотоносных метасоматитов березитового типа, золотоносных конгломератов, золото-кварц-сульфидной, золото-ртутной (рис. 1.3).

Рис. 1.3. Схема соотношения золотоносных формаций, гидротермально-метасоматических и контактово-метаморфических образований центральной части Енисейского кряжа (Сердюк, 1997)

1 - кварцево-жильные ветви Енисейского золото-кварцевого пояса: 1 - Нойбинская, 2 - Немуньская, 3 - Панимбинская, 4 - Центральная, 5 - Чингасанская, 6 - Верхне-Гаревская, 7 - Чапская, 8 - Нижне-Тейская, 9 - Средне-Лендахская, 10 - Нижне-Лендахская, 11 - Ведугинская, 12 - Ваганская, 13 - Кандашиминская, 14 - Горбилокская, 15 - Верхне-Большепитская, 16 - Джиндыглинская, 17 - Сухопитская, 18 - Каменская, 19 - Зыряно-Рудиковская; 2-3 - основные элементы строения Енашиминско-Чиримбинского золото-сульфидного пояса, 2 - ореолы контактового и высокотемпературные зоны регионального метаморфизма и связанные с ними гидротермально-метасоматические и золото-сульфидные образования; 3 - поля развития пегматитов, скарнов и скарноподобных пород, зон сульфидизации; 4-7 - рудные (россыпные) формации (месторождения, проявления): 4 - золото-сульфидная, 5 - золото-кварцевая, 6 - золотоносных аллювиальных (долинных, террасовых) россыпей, 7 - аллювиально-остаточных россыпей, в том числе россыпей кор химического выветривания; 8-13 - потенциально перспективные золоторудные формации (проявления): 8 - золото-редкометалльная , 9 - золотоносных конгломератов, 10 - золото-скарновая, 11 - золотоносных метасоматитов березитового типа, 12 - золото-кварц-сульфидная, 13 - золото-ртутная; 14 - массивы гранитоидов посольнинского, тейского и татарско-аяхтинского комплексов

Новые данные о нетрадиционных типах золото-платиновой минерализации в складчатых областях (Коробейников, 1996) позволяют поставить вопрос об изучении известных и перспективных объектов Енисейского кряжа на платиноносность (Сердюк, Зверев, 2003).

Ниже приведена краткая характеристика выделенных золоторудных и золоторосспыпных формаций и представляющих их объектов.

Образования золото-кварцевой формации установлены в породах докарельского, карельского и байкальского мегакомплексов, однако степень развития и изученность их весьма различны.

В породах докарельского мегакомплекса выявлены золото-кварцевые жилы (золото-серебряно-кварц-сульфидная формация) небольшой мощности (до 0,5-1,0 м) и протяженности (десятки, сотни метров), приуроченные к зонам разломов, мелкой складчатости и диафтореза.

Карельский мегакомплекс отличается от предшествующего более широким развитием проявлений золото-кварцевой формации, связанных со становлением регионально-метаморфизованных образований в условиях эпидот-амфиболитовой фации. Кварцевым жилам этого этапа свойственна относительно небольшая мощность (первые десятки сантиметров, реже до 1 м), темно-серый цвет кварца, нередко со значительной долей полевого шпата и обычно без рудной минерализации.

В байкальском мегакомплексе кварцевые и карбонатно-кварцевые жилы получили наибольшее развитие. Их образование связывается со становлением гранитоидов посольненского, тейского и татарско-аяхтинского комплексов (хотя в массивах гранитов они редки). Их формирование вероятно обусловлено также гидротермальными процессами, сопровождавшими контактовый и региональный метаморфизм формаций геосинклинального комплекса байкалид. В связи с этим очевидна интенсивная концентрация жил в экзоконтактовых полях роговиков и зонах зеленосланцевой фации. Несмотря на повсеместную распространенность золотоносных кварцевых жил, подчеркиваемую почти всеми исследователями района, она тем не менее, весьма неоднородна. Анализ материалов предшественников (1963-1985 гг.) показал, что кварцевые жилы концентрируются на площади и в разрезе закономерным образом. Наибольших масштабов развития золотоносные кварцево-жильные образования достигают в полосе северо-западного простирания, сложенной сланцевыми толщами рифея (кординская, горбилокская, удерейская свиты). Она протягивается от левобережья нижнего течения р. Теи через среднее течение р. Енашимо, вдоль бассейна р. Вангаш, пересекая р. Бол.Пит, и далее, плавно изгибаясь к югу в бассейн р. Пенченга, до р. Рыбная, а далее через приустьевую часть р. Тасеева в бассейн р. Ягодкина.

Представляется целесообразным выделить указанную полосу интенсивного развития кварцевых жил в качестве крупного металлогенического элемента байкалид - **Енисейского золотоносного кварцево-жильного пояса** (Сердюк, 1997). Протяженность кварцево-жильного пояса составляет около 400 км, а ширина его основной Центральной ветви варьирует от 5 до 20-25 км. Причем по простиранию зоны раздувов кварцево-жильной ветви чередуются с зонами сужения, в частности, наибольшая ширина кварцево-жильной зоны выявлена в районе Советского месторождения, в бассейне р. Вангаш, нижнем течении рек Панимба, Чиримба, Пенченга.

В структурном отношении Енисейский золото-кварцевый пояс приурочен к зоне Ишимбинского (Мотыгинского) разлома, сопровождающейся полосой интенсивной складчатости, катаклаза и рассланцевания. Намечается пространственная связь особенностей дислокационных структур и выполняющего их кварцево-жильного материала - жил, жильных зон и ветвей. В строении пояса выделяется стержневая Центральная ветвь и ряд сопряженных с ней

"боковых" кварцево-жильных ветвей - Нойбинская, Немуньская, Панимбинская, а также группа разобщенных ветвей (полей): Чингасанская, Верхне-Гаревская, Чапская, Нижне-Тейская, Средне-Лендахская и Нижне-Лендахская Ведугинская, (руч. Ваган, правый приток р. Бол. Пит), Горбилокская, Верхне-Большепитская, Джиндыглинская (р. Джиндыглы, прав. приток р. Сухой Пит), Сухопитская, Каменская (правый приток р. Бол. Пит), Зыряно-Рудиковская (реки Зырянка, Рудиковка) (Сердюк, 1997, 2004).

Кварцево-жильные ветви Енисейского пояса вмещают практически все известные месторождения и проявления золото-кварцевой формации. Наиболее значительные рудные узлы и объекты рудного золота сконцентрированы в Центральной кварцево-жильной ветви, которая к северо-западу по простиранию расщепляется на более мелкие зоны и выклинивается.

Краткая характеристика основных рудных объектов золото-кварцевой формации, а также анализ особенностей структур рудных полей и месторождений позволяет наметить некоторые общие закономерности, свойственные данному типу оруденения.

Для оценки системных свойств оруденения проанализирована вертикальная амплитуда (вертикальный размах) месторождений золото-кварцевой формации, локализованных в пределах Енисейского золото-кварцевого пояса. Исследованные объекты (17 месторождений и проявлений) при всей неоднородности их изучения горными выработками (шахтами, штольнями, скважинами) на глубину, можно условно разделить на три группы (рис. 1.4).

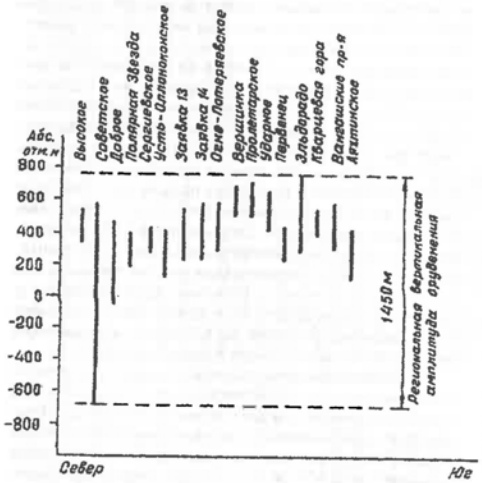


Рис. 1.4. Вертикальная амплитуда оруденения месторождений золото-кварцевой формации Енисейской провинции

Первая группа охватывает 14 объектов (Высокое, Полярная Звезда, Сергиевское, Усть-Оллоноконское, Заявка 13 и 14, Огне-Потеряевское, Вершинка, Пролетарское, Ударное, Первенец, Кварцевая Гора, Аяхтинское месторождения, Вангашские проявления) и характеризуется вертикальной установленной амплитудой оруденения 170-380 м, причем интервал развития оруденения довольно устойчив и составляет от +100 до +750 м в абсолютных отметках современного рельефа.

Два объекта - Доброе и Эльдорадо, - обладают существенно большей вертикальной амплитудой - 540 и 470 м и укладываются в интервал высот рельефа от -70 до +750 м.

Советское месторождение как наиболее крупное и изученное отличается максимальным установленным вертикальным размахом оруденения, составляющим не менее 1 250 м и, соответственно, интервалом оруденения от -700 м до +550 м в абсолютных отметках.

В целом для системы объектов золото-кварцевой формации региональная вертикальная амплитуда развития оруденения весьма значительна и составляет не менее 1 450 м, а интервал ее распространения в современном рельефе охватывает отметки от -700 до +750 м. Приведенные материалы, вероятно, следует рассматривать в качестве обоснования региональной закономерности локализации оруденения золото-кварцевой формации и учитывать при прогнозно-металлогенических построениях.

Анализ геолого-структурных обстановок размещения месторождений и проявлений золото-кварцевой формации позволяет, опираясь на опыт, выделить три структурных типа данных объектов:

1) S-образные, линзовидные и сложной формы жильные, жильно-прожилковые, штокверковые рудные тела в зонах смятия и рассланцевания (советский тип);

2) седловидные и линзовидные жильные, жильно-прожилковые (штокверковые) единичные и многоярусные рудные тела в синклиналях (кварцево-горский тип);

3) седловидные и линзовидные жильные, жильно-прожилковые (штокверковые) единичные и многоярусные рудные тела в антиклиналях (пролетарский тип).

Выделенные структурные типы в значительной мере определены особенностями развития тектонических дислокаций - зон смятия рассланцевания, разрывных нарушений, линейных и изоклинальных складок продольного изгиба, в сланцево-песчаниковых толщах сухопитской серии (кординская, горбилокская, удерейская свиты) геосинклинального комплекса байкалид. В "чистом" виде намеченные структурные типы, на наш взгляд, реализованы на месторождениях Советское, Кварцевая Гора, Пролетарское, поэтому предлагается закрепить за ними соответствующие собственные названия по типовым объектам. Для многих рудных объектов довольно четко устанавливаются основные черты выделенных структурных типов. Безусловно, в реальной действительности существует и четвертый, комплексный структурный тип месторождений, сочетающий в себе особенности трех, охарактеризованных выше.

Предварительный анализ месторождений (проявлений) выделенных структурных типов показывает, что наибольшие параметры рудных тел и металлогенический потенциал (запасы + прогнозные ресурсы + добыча), в меру сегодняшней изученности, сосредоточены в объектах первого структурного типа, приуроченных к крупным (региональным) зонам смятия и рассланцевания, связанным с Ишимбинским разломом и оперяющими его тектоническими нарушениями (протяженность объектов по простиранию и падению сотни метров - первые километры, мощность - до нескольких десятков и сотен метров).

Изученные объекты второго и третьего структурных типов, в силу развития подавляющего числа локальных складчатых форм в дислокационной структуре байкалид, реально обладают меньшим металлогеническим потенциалом каждого единичного месторождения (проявления). Но их особенность заключается в потенциально большем числе рудных объектов (выявленных и еще не опознанных), ввиду полного структурирования геологического пространства байкальского геосинклинального комплекса складчатыми дислокациями разного ранга (протяженность выявленных объектов по простиранию и падению - десятки и первые сотни метров, мощность от долей метра до первых метров, реже десятков метров).

В группе рудных районов с оруденением золото-кварцевой формации главное место занимает Северо-Енисейский район, обладающий наибольшими разведанными запасами и прогнозными ресурсами золота (табл. 1.3).

Ерудинский и Южно-Енисейский районы характеризуются меньшим и слабее изученным металлогеническим потенциалом.

Наименее изучен новый Приенисейский золоторудный район. В его пределах пока только обозначились перспективные площади с минерализацией и реальные возможности их на выявление значимых объектов еще предстоит выяснить.

Объекты золото-сульфидной формации представляют относительно новый тип промышленного оруденения, выявленный в последние 15-20 лет. Региональные особенности локализации месторождений и проявлений данной формационной принадлежности

определяются полями пространственного сопряжения экзоконтактовых зон гранитоидных массивов посольненского, тейского и татарско-аяхтинского комплексов, высокотемпературных зон регионального метаморфизма и связанных с теми и другими гидротермально-метасоматических образований (вкрапленно-прожилковая сульфидная минерализация, система средне-, высокотемпературных метасоматитов, кварцевых жил и прожилков), локализованных преимущественно в карбонатно-терригенных и терригенных формациях карельского и байкальского геосинклинального комплексов.

Наиболее протяженное поле сочетания благоприятных геологических факторов и критериев, точнее его следует назвать **Енашиминско-Чиримбинским поясом**, перспективным на обнаружение объектов золото-сульфидной формации, вплотную примыкает с юго-запада к Енисейскому золото-кварцевому поясу. Ширина пояса в верховьях р. Енашимо достигает 40 км, уменьшаясь в северо-западном и юго-восточном направлениях до 5-10 км (см. рис. 1.3).

В пределах Енашиминско-Чиримбинского пояса локализованы практически все месторождения и перспективные проявления золото-сульфидной формации: Олимпиадинское, Тырадинское, Ведугинское, Западное, Тавлик, Михайловское, руч. Золотого.

Краткая характеристика наиболее изученных объектов золото-сульфидной формации приведена в таблице 1.4. Анализ материалов по оруденению золото-сульфидной формации позволяет сделать некоторые выводы.

В региональном плане объекты золото-сульфидной формации контролируются полями высокотемпературного контактового и регионального метаморфизма, часто пространственно сопряженными, развивающимися по образованиям терригенно-карбонатной и аспидной формаций байкальского геосинклинального комплекса.

Важным фактором, определяющим новое качество и количественное накопление полезного компонента в так называемых окисленных рудах, является региональное распространение кор химического выветривания, существенно повышающих промышленный рудный потенциал объектов.

Локальный контроль оруденения определяется его приуроченностью к сводовым частям антиклинальных и синклинальных складок, где по условиям деформации закладываются зоны относительного растяжения. Благоприятным для локализации оруденения также является развитие зон межпластового смятия и рассланцевания, контролирующих размещение рудопроявлений (рудных тел) (Сердюк, 1984).

Особенности структур локализации оруденения золото-сульфидной формации достаточно характерны и позволяют выделить их в качестве определенного структурного типа, названного олимпиадинским по типовому объекту: седловидные, линзовидные и S-образные метасоматически измененные вкрапленно-прожилковые рудные тела (залежи) в синклиналях и антиклиналях.

Практически все известные проявления данной формации принадлежат олимпиадинскому структурному типу. Обращает на себя внимание значительный установленный вертикальный размах оруденения, составляющий не менее 600-1000 м. Рудный потенциал объектов олимпиадинского типа выявлен еще далеко не полностью. В этом плане определенные перспективы следует связывать с территориями Верхне-Енашиминского, Ерудинского и Панимбинского рудных узлов, Ведугинского рудного поля и бассейном р. Мурожной.

Основные руды золото-сульфидной формации сконцентрированы в пределах Ерудинского рудного района, в котором определяющее значение имеет Верхне-Енашиминский рудный узел, а также перспективные Ведугинский и Панимбинский рудные узлы.

Перспективные золоторудные формации

К перспективным золоторудным формациям отнесены: золото-редкометалльная, золотоносных метасоматитов березитового типа, золото-кварц-сульфидная, золото-скарновая, золото-ртутная и золотоносных конгломератов. Объекты данных формационных типов изучены недостаточно или только еще намечаются, но тем не менее представляется обоснованной их краткая характеристика, имеющая целью сосредоточить внимание на необходимости их изучения и оценки (Сердюк, 1997, 2004).

Среди рудных районов Енисейской провинции наибольшим потенциалом запасов и прогнозных ресурсов обладает Ерудинский район, где наибольшее промышленное значение имеют объекты золото-сульфидной формации (Олимпиадинское и др.).

Северо-Енисейский, Южно-Енисейский и Ангаро-Канский рудные районы имеют оцененный потенциал золоторудных объектов, значительно уступающий Ерудинскому району, но тем не менее ресурсный потенциал их далеко еще не раскрыт и не исчерпан.

Приенисейский потенциально рудный район содержит небольшой объем предварительно оцененных прогнозных ресурсов золота. Его перспектива определяется, по-видимому, объектами золото-кварцевой, золото-кварц-сульфидной и золото-ртутной формаций.

Общий потенциал золоторудных объектов и перспективных на золото площадей выявлен и оценен еще не в полной мере и нуждается в активном изучении.

Экзогенные золотоносные формации. Уникальность территории Енисейской провинции обусловлена значительным количеством крупных по запасам и имеющих определенные перспективы до настоящего времени россыпных концентраций золота, сосредоточенных в бассейнах многих главных водотоков района. Разработка россыпей производится почти 160 лет и определяет в значительной степени экономику региона.

Основополагающие работы по россыпной золотоносности Енисейской провинции выполнили Е.А. Синюгина (1965, 1967 г.), В.А. Нелюбов, Л.В. Ли (1967 г.), И.В. Шахова (1982 г.), И.М. Табацкий (1988 г.), В.Ф. Кошкин (1984, 1986 гг.), Г.А. Середенко (1984, 1988, 1991 гг.), А.Б. Хисамутдинов (1979 г., 1991 г.) и многие другие.

Проведенными работами установлено, что формирование золотоносных россыпей осуществлялось многоста-

Структуры и рудный потенциал месторождений (проявлений) золото-кварцевой формации Енисейской провинции

Таблица 1.3

№ п/п	Рудный район (РР), рудный узел (РУ), месторождение (проявление)	Структура месторождения, рудного поля	Характеристика рудного потенциала				
			Параметры рудных тел			Вертикальный размах оруденения, м	Масштаб месторождения (мелкое, среднее, крупное) и его перспективы
			Протяженность, м по простир. по падению	Мощность, м мин.-макс. средняя	Содержание золота, у.е. макс. среднее		
1	2	3	4	5	6	7	8
		Северо-Енисейский РР					
		Чингасанский РУ					
1.	Высокое	Кварцево-жильная зона линзовидной формы в крыле синклинали	564 -	0,15-3,9 1,33	83,3 4,49	200	Мелкое; перспективное на флангах и на глубину
	Нойбинский РУ						
2.	Финляндское, Колесниковское	Жильно-прожилковая зона в тектоническом нарушении	-	-	-	-	Мелкое; перспективное на выявление оруденения
		Советский РУ					
3.	Советское	Антиклиналь, осложненная зоной смятия и рассланцевания локализует систему жильно-прожилковых зон S-образной, линзовидной и других сложных форм	86-642 12-190	1,0-62,7 9,2-18,0	первые, кг/т 2,2 (ранее - 5,1)	1 250	Крупное; перспективные глубокие горизонты
4.	Доброе	Синклиналь осложнена зоной смятия (мелкой складчатости и рассланцевания), вмещает кварцево-жильную зону линзовидной формы	2 700 -	1,0-27,5 -	208 2,8	540	Мелкое; перспективное на глубину
5.	Полярная Звезда	В крыле антиклинали зона смятия и рассланцевания контролирует кварцево-жильные зоны линзовидной формы	400-500 120-150	0,2-2,5 1,0	4,0-4,4	205	Мелкое; имеются перспективы прироста запасов на левом склоне р. Огне
6.	Сергиевское	В синклинали в зоне мелкой складчатости и рассланцевания локализована кварцево-жильная зона линзовидной формы	1 500 -	2-100 10	71,8 2,7	180	Мелкое; перспективны глубокие горизонты
7.	Усть-Оллоноконское	Антиклиналь, сопряженная с тектоническим нарушением, локализует кварцево-прожилковую зону сложной формы	200-500 50-100	2,0-4,2 -	4,2	290	Мелкое; перспективное
8.	Водораздельное	В зонах рассланцевания локализованы кварцевые жилы и зоны жил	-	0,2-6,4 -	219,4 8,0	-	Мелкое; перспективное
9.	Серафимо-Кольчуганское	Кварцево-жильные зоны в линейных зонах смятия и рассланцевания	-	-	4,0	-	Мелкое; перспективное
10.	Заявка 13	Зоны рассланцевания в антиклинальной складке локализуют кварцево-прожилковые зоны линзовидной и более сложных форм	80-240 -	3-6 4	1,9-2,9 2,4	330	Мелкое; перспективны глубокие горизонты
11.	Заявка 14	Зоны смятия и мелкой складчатости, в сочетании с антиклиналью вмещают систему кварцево-жильных зон седловидной и линзовидной формы	85-1 320 -	0,6-10,5 3	77,3 4,0	380	Мелкое; перспективны глубокие горизонты
12.	Огне-Потеряевское	К осевой зоне и крылу синклинали приурочены кварцевые и сульфидные тела (залежи)	200 310	0,1-3,5 -	0,1-неск. кг/т 3,5	310	Мелкое; перспективное
13.	Успенское	Зона рассланцевания и смятия в антиклинали вмещает кварцевые жилы и зоны жил седловидной и линзообразной формы	6,2	48,0 7,9	-	-	Мелкое; перспективное на флангах и на глубину

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
		Александро-Агеевское РУ					
14.	Александро-Агеевское	Синклинальная складка локализует в крыле и центриклинальном замыкании кварцево-жильную зону.	200-700 -	0,3-3,0 -	до 2 100 4,0	-	Мелкое; перспективны глубокие горизонты
15.	Буян	Зона смятия локализует кварцево-жильную зону	400-550 -	3,0 -	58,4 -	-	Мелкое; перспективное на глубину
16.	Албанские жилы	Зоны смятия и рассланцевания вмещают кварцево-жильные зоны	440-550 -	3,0 -	58,4 -	-	Мелкое; перспективное на глубину
		Перевальнинский РУ					
17.	Вершинка	Зоны смятия и рассланцевания в антиклинали локализуют кварцевые жилы и линейные штокверки линзовидной формы	180-850 -	0,2-15,0 3,3	2 043 4,4	200	Мелкое; перспективны глубокие горизонты
18.	Пролетарское	Зона смятия и рассланцевания в крыле антиклинали вмещает кварцево-жильные зоны в целом седловидной формы	30-455 10-100	0,1-4,2 0,5-3,0	117 4,3	215	Мелкое; перспективное, но возможности прироста запасов ограничены
19.	Ударное	Антиклиналь в сочетании с зоной разрывных нарушений контролирует кварцево-жильную зону	275-550 -	0,7-25,5 4,5	132 4,1	270	Мелкое; перспективное
20.	Первенец	К своду антиклинали приурочена зона смятия, контролирующая зону кварцевых жил линзовидной формы	450-1 400 210	0,05-0,5 0,25	4,4-5,9	230	Мелкое; перспективное
21.	Эльдорадо	Зоны смятия и рассланцевания, осложняющие антиклиналь, локализуют кварцево-жильные зоны плитообразной и линзообразной формы	90-1 408 30-340	1-122,5 9,8	2,5-4,0	470	Среднее; перспективны глубокие горизонты
22.	Ольгинское	В антиклинали, нарушенной тектоническим разрывом, локализованы кварцево-жильные зоны	-	5-40	182-неск. кг/т 4,5	-	Мелкое; перспективное
		Ерудинский РР					
		Верхне-Енашиминский РУ					
23.	Благодатное	В зоне дробления и рассланцевания локализована кварцево-прожилковая зона	800-1 730 -	5,3-13,1 2,5	200 4,0	-	Крупное; перспективное
24.	Титимухтинское	Зоны кварцево-жильных руд линзовидной формы в крыле линейной антиклинали, осложненной зонами рассланцевания и катаклаза	530-650 -	2,3-14,0	3,8-11,2 5,4	700	Крупное; перспективное
	Ерудинский РУ						
25.	Кварцевая Гора	К центриклинали синклинали и ее крылу приурочена субсогласная кварцево-жильная зона в целом седловидной формы	400-1000 -	20-50 28	136,8 4,0	170	Среднее; перспективное на флангах и на глубину
	Вангашский ПРУ						
26.	Проявления бассейна р. Вангаш	В зонах мелких складок и рассланцевания локализована система кварцевых жил и зон линзовидной, S-образной и седловидной формы	-	-	3,5	300	Мелкое, среднее; потенциально перспективное
	Панимбинский ПРУ						
27.	Панимбинское	Зона смятия локализует кварцево-жильную зону четковидной формы	3,0 -	453,4 -	-	-	Среднее; перспективное
28.	Тавлик	Кварцево-прожилковая зона в полосе интенсивного смятия и рассланцевания	1 500 -	60	453,4 -	-	Мелкое; перспективное

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
		Елено-Таврикульский ПРУ					
29.	Таврикульское	Предположительно зоны смятия и рассланцевания локализуют систему кварцевых жил и зон	-	-	40,0 0,6	-	Мелкое; перспективное
		Аяхтинский РУ					
30.	Аяхтинское	Центриклинальное замыкание синклинали локализует систему кварцево-жильных зон линзовидной формы, составляющих в целом седловидную структуру	370-970 105-210	0,5-5,0 0,5	—— 4,4	320	Среднее; перспективное для переоценки ресурсного потенциала
		Южно-Енисейский РР					
		Партизанский РРУ					
31.	Васильевское	Кварцевые жилы и их зоны приурочены к зонам рассланцевания в центриклинальном замыкании синклинали	около 1 000 первые сотни метров	0,2-0,3 10,7	—— 8,7	первые сотни метров	Мелкое; перспективное на флангах и на глубину
32.	Герфедское Николаевское	Кварцево-жильные штокверкообразные залежи, залежи метасоматитов, приуроченные к зонам смятия, рассланцевания и мелким складкам	2 100 первые сотни метров	0,2 20	—— 6,0-8,0	первые сотни метров	Среднее; перспективное на флангах и на глубину
		Приенисейский ПРР					
33.	Киликейский ПРУ	Кварцево-жильные зоны приурочены к зонам смятия и рассланцевания.	-	-	-	-	Возможно выявление мелких объектов

дийно, в возрастном интервале от раннего палеогена до голоцена. Ведущим фактором россыпеобразования является проявление в мел-палеогеновой истории развития региона нескольких циклов химического выветривания, обеспечивших высвобождение и концентрацию больших объемов металла.

В Енисейской провинции получили развитие следующие россыпные формации: аллювиальная, элювиально-делювиальная, элювиально-остаточная и техногенная.

Доминирующим формационным типом россыпей является аллювиальный с основными подтипами - долинным, русловым, террасовым.

Главная роль в золотороссыпном потенциале принадлежит долинным россыпям, однако к настоящему времени они подверглись неоднократной отработке и представляют по существу тип техногенных россыпей. Россыпи мелкозалегающие с мощностью аллювия 3-6 м, реже до 8-10 м, с локализацией продуктивного пласта (мощностью 0,5-2,0 м) на слае аллювия с плотиком; реже линзовидные золотоносные пласты фиксируются на ложном плотике. Убогая золотоносность за счет мелкого и тонкого золота присуща всей массе руслового аллювия. Протяженность долинных россыпей может достигать десятки километров (Кошкин, 1986 г.). Наиболее яркими представителями долинного типа являются россыпи рек Тея, Енашимо, Нойба, Ванташ, Еруда и др., до сих пор обеспечивающие основное количество россыпного металла и, в первую очередь, - добываемого дражным способом. Показательна в этом плане р. Енашимо, промышленно золотоносная на всем своем 120-километровом протяжении.

Рядом специалистов отмечалась связь отложений, выполняющих карстовые полости, с продуктами кор химического выветривания.

В этом плане следует особо отметить работы Л.В. Ли (1970), который на основании анализа геолого-структурной позиции карстовых образований, детального изучения разреза выполняющих их отложений и закономерностей распределения в них золота, пришел к заключению о том, что становление карстовых россыпей напрямую связано с формированием кор выветривания.

Проведенный анализ материалов позволяет нам полагать, что карстовые россыпи в основном своем объеме представляют элювиально-остаточный формационный тип.

С данным типом россыпей с самого начала развития золотодобычи связывается обнаружение и отработка концентраций металла, сосредоточенных в относительно локальных объемах. Содержание золота в них составляет от знаков до 400-900 мг/м³ и более. Примером этого типа россыпей может служить известная "Миллионная яма" на руч. Огне, золотоносные карстовые западины верховьев руч. Пьяного, руч. Николаевского и других.

Изложенное позволяет поддержать развиваемое в последние годы Г.А. Середенко (1984, 1988 гг.) представление об исключительно широкой масштабности и высокой практической значимости металлоносных кор выветривания. В связи с этим нам представляется целесообразным выделить в группе элювиально-остаточных в качестве самостоятельной формацию россыпей кор химического выветривания.

Вероятно, именно эти россыпи будут в перспективе служить основной сырьевой базой россыпной золотодобычи, что следует учитывать при планировании геолого-разведочных работ на россыпное золото в Енисейской провинции.

Проведенные исследования обосновывают региональное распространение перспективного типа золотоносных кор химического выветривания, локализуют районы и уча-

Таблица 1.4

Структуры и рудный потенциал месторождений (проявлений) золото-сульфидной формации Енисейской провинции

№ п/п	Рудный район (РР), рудный узел (РУ), месторождение (проявление)	Структура месторождения, рудного поля	Характеристика рудного потенциала				
			Параметры рудных тел			Вертикальный размах оруденения, м	Масштаб месторождения (мелкое, среднее, крупное) и его перспективы
			Протяженность, м по простир. по падению	Мощность, м мин.-макс. средняя	Содержание золота, у.е. макс. среднее		
		Ерудинский РР					
		Верхне-Енашиминский РУ					
1.	Олимпиадинское	Метасоматические залежи седловидной и линзовидной формы в сводовых частях антиклинали и осложняющих ее складок высоких порядков: линейные золотоносные коры химического выветривания	250-1000 40-700	2-500 7,4-300	—— 4,1-9,9	600-1000	Крупное; перспективны фланги и глубокие горизонты
2.	Тырадинское	Залежи вкрапленно-прожилковых руд седловидной и линзовидной формы приурочены к центриклинали синклинали и осложняющим ее складкам и разломам высоких порядков; линейные золотоносные коры выветривания	190-300 -	4-39 13	74,6 4,0-4,5	300	Мелкое; перспективное
3.	Восточное	Седловидная залежь золотоносных метасоматитов в своде антиклинали		4,0-33,5 -	—— 4,2	600	Мелкое; перспективное
4.	Михайловское	В складке в межпластовой зоне смятия локализованы линзовидные рудные кварц-сульфидные тела	140-540 -	6-20 -	32,2 2,3		Мелкое; перспективное
5.	руч. Золотого	В складке в межпластовой зоне смятия локализованы субпластовые рудные (кварц-сульфидные) тела	590-1 060 -	3-10 -	31,9 -		Мелкое; перспективное
		Ведугинское РП					
6.	Ведугинское	В шарнирной части антиклинали локализованы линзовидные рудные (кварц-сульфидные) тела	100-350 -	3-55 16,2	64,8 2,2-5,6	300	Среднее; перспективное
		Раздолинский РУ					
7.	Боголюбовское	Сильно сжатая синклиналь, осложненная системой складок и разрывных нарушений нескольких порядков контролирует размещение золото-сульфидного оруденения	340-1100 350-400	0,7-40 4,1-10,2	1,0-22,3 4,9-6,9	400-500	Среднее; перспективное
8.	Светлое	Зона субмеридионального Рыбинского разлома контролирует размещение кварц-карбонатно-слюдистых метасоматитов и золото-сульфидных руд	350-1000 80-240	3,0-18,5 -	0,3-22,8 -	250-300	Мелкое; перспективное
9.	Антониновское	Тела вкрапленно-прожилковых золото-сульфидных и золото-кварц-сульфидных руд приурочены к синклинальной складке , осложненной зоной мелких локальных складок и разрывных нарушений	1000 150	5,0-8,0 6,8	- 2,7	150-200	Мелкое; перспективное
10.	Попутнинское	Оруденение золото-сульфидного типа приурочено к ступенчатообразно-изогнутой зоне разрывного нарушения северо-восточной ориентировки	100-242 250	2,0-27,7 8,0	0,5-77,5 4,4	250-300	Мелкое; перспективное

стки их развития. В качестве перспективных на обнаружение объектов данного типа выделены следующие площади: Чингасанско-Тейская, Верхне-Гаревская, Нойбинская, Уволжская, Енашиминская, Панимбинско-Чиримбинская, Пенченгинская, Ведугинская, Зыряно-Рудиковская, Мурожнинская, Удерейская, Посольно-Кузеевская и Богунайская (Сердюк, 2003 г.).

Состояние ресурсной базы золота месторождений и перспективных площадей

Современное состояние золоторудного потенциала месторождений Енисейского кряжа и новых перспективных площадей представлено в таблицах 1.5 и 1.6, составленных по результатам работ последних лет (Сердюк, 2003 г., 2004 г., 2005 г., 2006 г., 2007 г.).

Таблица 1.5

Золоторудные месторождения Енисейского кряжа и их ресурсный потенциал
(по состоянию на 01.04.2007, Сердюк, 2007 г.)

№ п/п	Наименование месторождения (рудопроявления), привязка	Запасы золота, т		Прогнозные ресурсы, т		
		C_1	C_2	P_1	P_2	P_3
1	2	3	4	5	6	7
1	Проявление **Ольгинское.** Расположено в среднем течении руч. Курочкин, правого притока р. Рыбной, в 70 км на юг от с. Бор и в 40 км на северо-восток от с. Ворогово				8,0 (?)	
2	Рудопроявление **Высокое.** Расположено на водоразделе рек Чингасан и Чапа, в 70 км к ЗСЗ от п. Северо-Енисейский, в 55 км к СЗ от п. Тея	1,7		8,8		
3	Рудопроявление **Доброе.** Расположено на водоразделе ручьев Александрийского и Ивановского, левых притоков р. Енашимо, в 15 км на ЮЗ от п. Северо-Енисейский		7,6	13,0		
4	Рудопроявление **Сергиевское.** Расположено в районе прииска "Золотой Бугорок" на обоих берегах р. Енашимо, в 10 км на СЗ от п. Северо-Енисейский			10,0		
5	Рудопроявление **Усть-Оллоноконское.** Расположено на левом берегу руч. Оллонокон, правого притока р. Енашимо, в 12 км на СЗ от п. Северо-Енисейский			3,6		
6	Месторождение **Советское (Авенировское).** Расположено на правом склоне долины руч. Безымянного, правого притока р. Огне, на территории п. Северо-Енисейский, в 300 км на СВ от ж. д. станции Абалаково	16,5 ($A+B+C_1$)	0,9	50,0		
7	Месторождение **Полярная Звезда.** Расположено на водоразделе ручьев Досер и Безымянка, правых притоков р. Огне, в 7 км на ЮЗ от п. Северо-Енисейский	0,7 ($A+B+C_1$)	0,18	0,7		
8	Рудопроявление **Заявка 13.** Расположено в 8 км на ЮЗ от п. Северо-Енисейский			2,1		
9	Рудопроявление **Водораздельное**				6,0	
10	Рудопроявление **Высокое 2**			9,0		
11	Рудопроявление **Заявка 14.** Расположено на левом берегу р. Огне, в 5 км на юго-запад от п. Северо-Енисейский		2,2	9,0		
12	Рудопроявление **Огне-Потеряевское.** Расположено на водоразделе верховий р. Огне и руч. Аргиппинского, правого притока р. Дюбкош, в 10 км на юго-восток от п. Северо-Енисейский		2,4	9,1		
13	Рудопроявление **Успенское.** Расположено в верхнем течении руч. Успенского, правого притока р. Дюбкош, в 10 км к югу от п. Северо-Енисейский		0,4	0,8		
14	Рудопроявление **Буян.** Расположено на водоразделе ручьев Чубкош и Буяновский, левого притока р. Дюбкош, в 16 км на ЮЮВ от п. Северо-Енисейский			Прогнозные ресурсы по трем объектам - 32,0 (P_2)		
15	Рудопроявление **Александро-Агеевское.** Расположено на водоразделе ручьев Чубкош и Федоровский, правого притока р. Дыдан, в 20 км на юго-восток от п. Северо-Енисейский	0,1	0,2			
16	Рудопроявление **Албанские жилы.** Расположено по обоим бортам руч. Албанский, правого притока р. Дыдан, в 23 км на ЮВ от п. Северо-Енисейский					

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7
17	Месторождение **Пролетарское.** Расположено в верховьях р. Дыдан, в 31 км на юго-восток от п. Северо-Енисейский	1,3 (заб.)	0,96			
18	Рудопроявление **Благодатное.** Расположено на водоразделе ручьев Викторовский и Благодатный, левых притоков р. Енашимо в 35 км на ЮЮЗ от п. Северо-Енисейский	($A+B+C_1$) 222,4 (2005 г.)	42,0 (заб. в контуре карьера), 90,0 (за контуром карьера)	30,0 (1998 г) 117,0		
19	Рудопроявление **Вершинка.** Расположено на водоразделе руч. Вершинка и р. Дыдан, в 32 км на ЮЮВ от п. Северо-Енисейский, в 5 км на север от п. Перевального		3,1	3,7		
20	Месторождение **Первенец.** Расположено в верховьях руч. Безымянки, правого притока р. Севогликон, в 35 км на ЮВ от п. Северо-Енисейский и в 5 км на СЗ от месторождения Эльдорадо	($A+B+C_1$) 2,7 (заб),	C_2 - 3,7	3,5		
21	Рудопроявление **Ударное.** Расположено в верховьях руч. Магдалининского и Святодуховского, правых притоков р. Севогликон, в 34 км на юго-восток от п. Северо-Енисейский и в 7 км на СЗ от месторождения Эльдорадо		1,4	2,9		
22	Месторождение **Эльдорадо (Перевальное).** Расположено на водоразделе ручьев Актолик и Севогликон, в 38 км на юго-восток от п. Северо-Енисейский	34,8	30,2			
23	Рудопроявление **Ольгинское.** Расположено в верховьях руч. Ольгинского, правого притока р. Актолик, в 40 км на юго-восток от п. Северо-Енисейский и в 2 км на юго-запад от месторождения Эльдорадо			2,5		
24	Рудопроявление **Титимухтинское.** Расположено на водоразделе р. Енашимо и руч. Титимухты, в 45 км на ЮЗ от п. Северо-Енисейский		82,0			
25	Рудопроявление **Оленье.** Расположено в истоках р. Енашимо, в районе г. Оленья, в 80 км к ЮЗ от п. Северо-Енисейский и в 130 км к ССЗ от п. Брянка			1,8		
26	Месторождение **Олимпиадинское.** Расположено в истоках р. Енашимо, в 57 км на ЮЮЗ от п. Северо-Енисейский	Окисл.руды: 114,9 Первичные руды: 290,3	Окисл. руды: 28, Первичные руды: 97,3	Первичные руды: 373,6		
27	Рудопроявление **Восточное.** Расположено в истоках р. Енашимо, в 0,5 км на В от Олимпиадинского месторождения				30,0	
28	Рудопроявление **Тырыдинское.** Расположено на водоразделе ручьев Оленьего и Валунного, правых притоков р. Тырыды, в 60 км на юго-запад от п. Северо-Енисейский и в 5 км на запад от Олимпиадинского месторождения			15,8		
29	Рудопроявление **Кварцевая Гора.** Расположено на водоразделе рек Еруда и Ломбанча, в 72 км на ЮЮВ от п. Северо-Енисейский, в 72 км на С от п. Брянка и в 1 км на ЮЗ от п. Новоерудинский			40,0		
30	Рудопроявление **Михайловское.** Расположено в верховье р. Панимба, в 95 км на ЮЮВ от п. Северо-Енисейский и в 50 км на север от п. Брянка			21,3		
31	Рудопроявление **руч. Золотого.** Расположено в верховье р. Панимба, в 96 км на ЮЮВ от п. Северо-Енисей-ский и в 49 км на С от п. Брянка			33,8		
32	Рудопроявление **Панимбинское.** Расположено в правом борту р. Панимба, в 98 км на ЮЮВ от п. Северо-Енисейский и в 46 км на С от п. Брянка			14,0		
33	Рудопроявление **Ведугинское.** Расположено на водоразделе рек Ведуга и Малая Ведуга, в 100 км на ЮЮВ от п. Северо-Енисейский и в 32 км на ССЗ от п. Брянка	1,9 (C_1) (окисл. руды); 14,4(C_1) (первичн. руды)	2,4 (окисл. руды); 20,8 (первичн. руды)	26,4		

Окончание таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7
34	Месторождение **Аяхтинское** (рудник Аяхта). Расположено на водоразделе рек Аяхта и Унтугун, левых притоков р. Бол. Пит, в 17 км на ВЮВ от п. Пит-Городок *) По данным С.С. Сердюка, 2004	7,0*) (золото-кварцевый. тип) (C_1+C_2)		1,5*)(золото-кварцевый. тип); 13,0*) (золото-сульфидный тип)	70,0 (P_2) Утв. ЦНИГРИ 3,1*)(золото-кварцевый. тип); 2,9*) (золото-сульфидный тип)	
35	Рудопроявление **пирамиды «Базисной».** Расположено на южном склоне водораздела рек Аяхты, Унтугуна, Кондуяка и Оллонокона, в 1,2-2,5 км южнее б. рудника Аяхта		0,1			
36	Месторождение **Бабушкина Гора** Расположено на водоразделе рек Б. Шалакит, Мамон и Б. Пескина, левых притоков р. Удерей, в 8 км на северо-запад от п. Южно-Енисейский, в 20 км на северо-восток от п. Партизанский, в 90 км на север от п. Мотыгино		17,4	4,1		
37	Месторождение **Николаевское.** Расположено в верховьях р. Удерей, в 12 км на ССЗ от п. Партизанского, в 24 км на запад от п. Южно-Ени-сейский и в 90 км на СЗ от п. Мотыгино	7,9				
38	Месторождение **Удерейское.** Расположено в верхнем течении р. Удерей, в 11 км на СВ от п. Партизанск и в 93 км на север от п. Мотыгино			25,0		
39	Рудопроявление **Урал.** Расположено на левом водоразделе р. Боровой, в истоках р. Б. Мурожной, в 4 км на СВ от п. Партизанск в 52 км на ССЗ от п. Мотыгино			2,5	7,5	
40	Месторождение **Герфед.** Расположено в верховьях р. Б. Мурожная, в ее левом борту, непосредственно рядом с п. Партизанск и в 80 км на СЗ от п. Мотыгино			35,0	28,0	
41	Месторождение **Васильевское.** Расположено на водоразделе рек Шалакон и Удерей, в их верхнем течении, в 7 км на восток от п. Партизанск и в 20 км на ЮЗ от п. Южно- Енисейский	4,0	22,2	19,0		
42	Рудопроявление **Самсон.** Расположено в 1,5 км на запад от п. Партизанск, в 150 км на СВ от ж.д. станции Абалаково и в 110 км по автодороге на СЗ от п. Мотыгино		1,6	17,0		
43	Рудопроявление **Сергеевское.** Расположено на водоразделе ручьев Лопатинского, Сергеевского и Безобразовского, левых притоков р. Бол. Мурожная, в 6 км на ЮВ от п. Партизанск и в 56 км на СЗ от п. Мотыгино			2,5		
44	Месторождение **Боголюбовское.** Расположено на водоразделе ручьев Боголюбовский и Сорочий, правых притоков р. Рыбной, в 3 км на юг от п. Раздолинск и в 22 км от п. Мотыгино			64,7		
45	Рудопроявление **Светлое.** Расположено на водоразделе рек М. Авериха и Рыбная, в 4,5 км на юго-восток от п. Раздолинск и 22 км на север от п. Мотыгино			16,9		
46	Рудопроявление **Антониновское.** Расположено на правобережье реки Рыбной, между ручьями Гусельников и Сорочий, в 6 км на юг от п. Раздолинск и в 20 км на север от п. Мотыгино			17,0		
47	Месторождение **Попутнинское.** Расположено в среднем течении р. Рыбной, между устьями ручьев Моисеевского и Гусельникова, в 8 км на юг от п. Раздолинск и в 18 км на север от п. Мотыгино		23,2	17,5		
48	Месторождение **Кузеевское (ныне Анненское).** Расположено на водоразделе рек М. Веснина и Ку- зеева, правых притоков р. Енисей, в 47 км на юго-восток от п. Предивинск и в 110 км на северо-восток от г. Красноярска		6,0	3,0		
49	Месторождение **Богунайское.** Расположено в нижнем-среднем течении р. Богунай, правого притока р. Кан, в 10 км на север от г. Зеленогорска и в 160 км по автомобильной дороге на восток от г. Красноярска		1,5	8,0		

Таблица 1.6

Новые площади с предварительно оцененными прогнозными ресурсами рудного золота Енисейского кряжа (по состоянию на 01.04.2007 г., Сердюк, 2007 г.)

№ п/п	Перспективная площадь	Тип золотого оруденения	Прогнозные ресурсы, т
1.	Северо-Титимухтинская площадь (50 км^2)	Новый золото-висмутовый тип золото-кварцевой формации	100 (P_3)
2.	Васильевско-Удерейская площадь (110 км^2)	Золото-кварцевый	140 (P_3)
3.	Рудопроявление Урал (3 км^2)	Золото-кварцевый	10 (P_{1-3}, P_{2-7})
4.	Ваганская площадь (50 км^2)	Золото-кварцевый	90 (P_3)
5.	Раздолинская площадь (130 км^2)	Золото-кварц-сурьмяный	120 (P_3)
6.	Мало-Мурожнинская площадь (220 км^2)	Золото-кварц-сурьмяный	125 (P_3)
7.	Богунайская площадь (200 км^2)	1) Золото-серебряно-кварц-сульфидный 2) Золото-сульфидный	1) 9,5 (P_1), 3 (P_2); 2) 145 (P_3)
8.	Зыряно-Рудиковская площадь (90 км^2)	Золото-кварц-сульфидный с метасоматитами лиственит-березитового типа; золотоносных кор выветривания	14 (P_1), 33 (P_2), 175 (P_3)
9.	Малопенченгинская площадь (15 км^2)	Золото-кварцевый (герфедский)	30 (P_2)
10.	Верхнетатарская площадь (50 км^2)	Золото-кварцевый, золото-кварц-сульфидный	65 (P_3)

1.1.2. Восточно-Саянская провинция

1.1.2.1. Тектоника и металлогеническое районирование

Восточно-Саянская минерагеническая провинция представляет собой сложное гетерогенное полициклическое складчато-блоковое сооружение, "сконструированное" геотектоническими процессами из семи крупных слоистых элементов - мегакомплексов: докарельского, карельского, байкальского, салаирского (нижнего каледонского), герцинского, нижнего альпийского и верхнего альпийского, сформированных в определенных структурах, сложенных закономерным набором осадочных и осадочно-вулканогенных формаций, прорванных ассоциацией тел разновозрастных интрузивных комплексов, усложненных дислокационными процессами и процессами регионального и контактового метаморфизма. С каждым из проявленных структурно-вещественных образований (осадочные и осадочно-вулканогенные формации, интрузивные комплексы, структурные элементы, тектонические комплексы и мегакомплексы), определенным образом связан иерархический ряд минерагенических подразделений: рудных формаций, узлов, зон (площадей), районов, минерагенических зон, слагающих в целом Восточно-Саянскую минерагеническую провинцию (табл. 1.7).

Канская минерагеническая зона (AR_2-PR_1) сложена наиболее древними позднеархейско-раннепротерозойскими комплексами: докарельским и карельским. В их составе выделены амфиболитовая, гнейсовая и амфиболито-гнейсовая формации, метаморфизованные в условиях амфиболитовой фации регионального метаморфизма и ультраметаморфизма.

Интрузивные комплексы формируют ряд рудоносных формаций, в том числе имеющих промышленное значение. Наиболее значимое оруденение представлено сульфидной платино-медно-никелевой формацией, локализованной в расслоенном кингашском габбро-перидотитовом комплексе и образованиях базальт-коматиитового вулканизма. Новая перспективная золото-сульфидная формация выделена недавно Т.Я. Корневым с коллегами (Корнев, 2000 г.). Золото-сульфидная формация связана с базальт-коматиитовым вулканизмом. В ее составе выделяют три фации - железисто-кварцитовую, сульфидно-кремнистую и карбонатно-кремнисто-терригенную. Рудные минералы первой фации представлены гематитом и магнетитом, второй - пирротином, пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, третьей - сидеритом, анкеритом, доломитом. Сульфидная медно-никелевая с платиноидами и золото-сульфидная формации составляют основу Кингашского рудного узла и Верхне-Канского района. В составе Верхне-Канского золотоносного района выделены рудные узлы: Кирельский, Караганский, Янгинский.

Дербинская минерагеническая зона (PR_1) сложена формациями карельского мегакомплекса: дербинская гнейсово-мраморовая и жайминская углеродисто-терригенно-карбонатная (графит-сланцево-мраморовая) формации, прорванные интрузиями дербинского и беллыкского гранитоидных и нижнедербинского ультрабазит-базитового комплексов. Золоторудная минерализация приурочена к образованиям жайминской формации (золото-сульфидное оруденение), скарнам в экзоконтактах гранитоидных массивов (золото-скарновое оруденение) и метасоматическим кварцитам в поле дербинской формации.

По данным В.М. Ярошевича, В.М. Даценко и др. (Даценко и др., 1988 г.) в бассейне р. Крол в разнообразных метасоматических кварцитах с графитом и сульфидами во многих пробах и участках установлены значимые содержания золота (от 0,1-0,3 г/т до 1,2-3,3 г/т), что позволило им выделить в пределах Дербинской зоны ряд площадей, перспективных на выявление золотоносных метасоматических кварцитов. В этом же районе указанными авторами во многих точках выявлена золоторудная минерализация в кальцит-пироксен-гранатовых скарнах (содержание золота от 0,1 до 1,0 г/т). Это свидетельствует о возможном развитии здесь золото-скарновой формации, наиболее известным аналогом которой является Синюхинское месторождение золота на Алтае.

С высокометаморфизованными образованиями дербинской формации связана минерализация кристаллического графита. На юго-востоке Дербинской зоны располагаются проявления редких металлов (Оленье, Нижнесурунгуское) и титана (Кинзелюкское). С грубослоенными телами нижнедербинского ультрабазит-базитового комплекса связана прожилково-вкрапленная медно-никелевая с платиноидами минерализация в Бурлакском и, вероятно, других массивах на северо-западе Восточного Саяна (Бурлакская рудная зона). По предварительным данным в "расслоенных сериях" этих массивов можно ожидать выявление промышленных концентраций сульфидных платино-медно-никелевых и малосульфидных платиновых руд.

Манская минерагеническая зона (R_2-O) сложена формациями байкальского мегакомплекса (урманская углеродисто-кремнисто-сланцевая и манская кремнисто-карбо-

Таблица 1.7

Характеристика геологического и минерагенического строения мегакомплексов Восточного Саяна и сопредельных структур

Мегакомплекс	Тектонические комплексы	Осадочные и вулканогенно-осадочные формации, плутонические комплексы, структурные элементы			Региональный метаморфизм (фации)	Рудные формации (месторождения, проявления)
1	2	3			4	5
Верхний альпийский	Платформенный (P-Q)	Группа терригенных формаций (квартер); до 100 м Центрально-Минусинская впадина. Палеоген-неогеновая пестроцветная терригенная; 300-350 м.			Отсутствует	Золотоносных аллювиальных и карстовых россыпей (р. Чибижек, Павловка, Каспа) Торфоносная (Арбайское)
Нижний альпийский	Платформенный (J-P)	TωK-Pt Тергешский комплекс трубок взрыва (основного состава). γMzo Окуневский щелочногранитовый. Восточно-Саянская впадина Формация коры выветривания (K_2-P). Ванькинская буроугольная терригенная (ванькинская свита); 800 м		Саяно-Партизанская впадина Переясловская каменноугольная терригенная (переясловская свита); 185 м	Отсутствует	Вторичных фосфоритов (Сейбинское) Золотоносных кор выветривания (золотоносных бурых железняков, золотоносная окисно-марганцевая), (Ольховское, Кора, Сейбинское) Редкометалльная (Окуневское) Окисно-марганцевая (Сейбинское) Буроугольная (каменноугольная) терригенная (Балахтинское, Партизанское)
Герцинский	Дейтероорогенный (D_1-T)	Минусинская впадина (СФЗ) Формация коры выветривания (C_1) εξD_{1-2}s Сайбарский сиенит-щелочносиенитовый τβD_1и Черносолкинский трахит-долерит-тингуаитовый комплекс Черногорско-изыхская угленосная терригенная (сарская, черногорская, побережная, белоярская, нарылковская, изыхская свиты); 1900 м. Быстрянско-подсиньская вулканогенно-терригенная (быстрянская, алтайская, камыштинская, самохвальская, кривинская, соломенская, ямкинская, байновская, подсиньская свиты); 1500 м. Ойдановско-тубинская красноцветная молассовая (ойдановская, кохайская, тубинская свиты); 1500 м. Сыдинско-перевозная вулканогенная молассовая (сыдинская, толтаковская, перевозная свиты); 4250 м.		Рыбинская СФЗ βP-Ttg Тугачинский долеритовый комплекс. Чаргинская вулканогенно-терригенная (чаргинская, красногорьевская свиты); 450 м. Павловская терригенная молассовая (павловская, кунгусская свиты); 550 м	Отсутствует	Бентонитовая коры выветривания (Десятый хутор) Цеолитовая вулканогенно-осадочная (Сахаптинское) Каменноугольная терригенная (Черногорское, Изыхское)
Салаирский	Орогенный (O-D_1)	Сисимо-Казырская СФЗ ξO_3ju Юлинский монцонит-граносиенитовый комплекс. ξO_3s Шумихинский граносиенитовый комплекс. γγξ$Є_3$-O_1b Беллыкский гранитовый комплекс. νδγD_1b Буеджульский габбро-монцонит-сиеногранитовый комплекс	Манская СФЗ		Отсутствует	Хромитовая (Эргакское, Калнинское) Магнетитовая скарновая (Одиночное, Ирбинское и др.) Полиметаллическая карбонатная (Лейбинское) Золото-барит-кварцевая (Горное) Золото-кварцевая

Окончание таблицы 1.7

1	2	3			4	5
		Сыдино-Кизирская СФЗ Имирская вулканогенная молассовая (имирская свита); 4600 м	Агульская СФЗ Имирская вулканогенная молассовая (имирская свита); 4600 м			
	Геосинклинальный (V-$Є_2$)	νδ$Є_2$o Ольховский габбродиорит-гранодиоритовый комплекс. Толчеинско-баджейская молассоидная (толчеинская, котельская, нарвская, баджейская, осиновская, черемшанская свиты); до 10400 м. Карбонатная органогенная (усинская, торгашинская, уярская, сретенская, сонская, сладкокореньевская, шахматовская свиты); 2300 м. Тюбильская граувакковая (тюбильская свита); до 1000 м. Овсянковско-чибижекская кремнисто-доломитовая (овсянковская, мартюхинская, ангалойская, чибижекская, таржульская, сорнинская свиты); до 1000 м.	Галогенно-карбонатная орогенная (унгутская, лейбинская, крольская, выезжего лога, балахтисонская, синерская свиты); более 3100 м. Анастасьинская флишоидная (анастасьинская свита); до 1200 м		Отсутствует	Золото-сульфидная (Ольховское, Константиновское) Карбонатно-марганцевая (Сейбинское) Осадочных фосфоритов (Бирюсинско-Саржаковское, Курское, Телекское, Сейбинское)
Байкальский	Орогенный (R_3)	νεR_3k Казырский сиенит-габбровый комплекс. νσR_3l Лысанский габбро-пироксенит-дунитовый комплекс. Бахтинская базальтовая (бахтинская, малиновская свиты); до 2000 м	νεR_3nd Нижнедербинский комплекс расслоенных ультрабазит-базитов (Дербинская СФЗ). Бахтинская базальтовая (бахтинская, малиновская свиты); до 2000 м		Пренит-пумпеллитовая	Ильменит-титаномагнетитовая (Лысанское, Кедранское) Сульфидная платино-медно-никелевая (Бурлакское) Колчеданно-полиметаллическая
	Геосинклинальный (R_3)	Манская кремнисто-карбонатная (манская свита); до 1000 м. Урманская углеродисто-кремнисто-сланцевая (урманская свита); до 2000 м.	Манская кремнисто-карбонатная (манская свита); до 1000 м. Урманская углеродисто-кремнисто-сланцевая (урманская свита); до 2000 м.		Зеленосланцевая и эпидот-амфиболитовая, диафторез	
Карельский (нижнепротерозойский)	Комплекс основания (протогеосинклинальный) (PR_1)	Дербинская СФЗ (Арзыбейский блок) γPR^2_1?d Дербинский гранитоидный комплекс. Жайминская углеродисто-терригенно-карбонатная (графит-сланцево-мраморовая) (жайминская свита); до 3500 м. Дербинская гнейсо-мраморовая (алыгджерская, дербинская свиты); до 10800 м	Канская СФЗ γPR^2_1 Канский плагиогранитный комплекс. υ-η PR_1kl Кулибинский расслоенный габбровый комплекс. Анжинская метатерригенно-вулканогенная (амфиболито-гнейсовая) (ульинская, орьинская, ильбинская толщи); до 3750 м		Зеленосланцевая, эпидот-амфиболитовая, амфиболитовая	Редкометалльная Графитовая Ильменит-титаномагнетитовая (р. Казыр) Сульфидная платино-медно-никелевая (Кулижинское) Золото-сульфидно-кварцевая Золотоносных метасоматических кварцитов (р. Крол)
Докарельский (архейский)	Протогеосинклинальный (AR)		σνAR_2kg Кингашский расслоенный габбро-перидотитовый комплекс σARid Идарский дунит-гарцбургитовый. γg AR_2tk Тукшинский плагиогранит-мигматитовый комплекс. Кузьинская гнейсовая (метаандезитодацитовая); 1500 м. Кулижинская амфиболитовая; 1700-1950 м		Амфиболитовая, ультраметаморфизм	Сульфидная платино-медно-никелевая (Кингаш) Золото-сульфидная (Караганское, Малмынское, Демидовское) Железистых кварцитов Высокоглиноземистая дистен-силлиманитовая (Базыбай)

натная формации) и салаирского мегакомплекса (анастасьинская флишоидная, тюбильская граувакковая, терригенно-карбонатная, толчеинско-баджейская молассоидная формации и др.).

В пределах зоны установлены крупные проявления полиметаллов, непромышленные проявления ртути, урана, гематита, лимонита, карбонатно-марганцевой минерализации (манская кремнисто-карбонатная формация), флюорита и фосфоритовой минерализации (овсянковско-чибижекская кремнисто-доломитовая формация). Известна также золоторудная минерализация (золото-сульфидная, золото-скарновая и золото-кварц-сульфидная) (урманская углеродисто-кремнисто-сланцевая формация), причем повышение ее значимости до промышленного уровня можно прогнозировать в связи с фрагментарным развитием линейных и площадных кор выветривания, особенно по первичным золотоносным зонам минерализации. В таких обстановках возможно выявление золотоносных бурых железняков, сульфидных сыпучек "ольховского" типа или золотоносных окисно-марганцевых кор выветривания (мурзинский тип).

В пределах Манской металлогенической зоны вдоль Главного разлома выделен Кувайский рудный район, включающий два золотоносных узла: Тубильский и Жайминско-Арзыбейский. На юго-восточном окончании Манской металлогенической зоны выделен Манский рудный район, включающий Ивановский и Верхне-Манский золотоносные узлы. Кроме того, на северо-западе описываемой зоны обособляется Осиновский рудный узел, расположенный по берегам Енисея юго-западнее устья р. Маны.

Основными золотоносными образованиями в пределах упомянутых узлов являются аллювиальные россыпи, вероятно золотоносные коры выветривания и минерализация рудного золота, относимая к золото-кварц-сульфидной формации, локализованная в породах жайминской и урманской формаций со значительным участием углеродистых и графитистых пород. На основе анализа комплекса данных В.М. Ярошевичем, В.М. Даценко с коллегами (Даценко и др., 1988 г.) выделен ряд участков, перспективных на выявление золотого оруденения золото-кварц-сульфидной вкрапленно-прожилковой формации: Усть-Манский, Кондралинский, Изыкский, Урманский, Тубильский, Колбинско-Арзыбейский, Крольский, Верхне-Манский, Янгинский, Медвежий.

Сисимо-Казырская минерагеническая зона (R_3-О) одна из наиболее значимых по проявлению промышленного оруденения золота, железных руд, полиметаллических руд, меди, молибдена, фосфоритов.

Сисимо-Казырская зона сложена образованиями байкальского мегакомплекса (урманская углеродисто-кремнисто-сланцевая, манская кремнисто-карбонатная, бахтинская базальтоидная формации) и прорывающими их лысанским габбро-пироксенит-дунитовым и казырским сиенит-габбровый комплексами, а также формациями и комплексами салаирского мегакомплекса (овсянковско-чибижекская кремнисто-доломитовая, тюбильская граувакковая, карбонатная органогенная, толчеинско-баджейская молассоидная формации и др.) и прорывающие их интрузивные ольховский габбро-диорит-гранодиоритовый, табратский габбро-диорит-плагиогранитный, беллыкский гранитный, буеджульский габбро-монцонит-граносиенитовый и Окуневский щелочногранитовый комплексы. Мощность разреза осадочных и осадочно-вулканогенных формаций зоны составляет более 20 000 м, в т. ч. байкальского - до 5 000 м.

С процессами формирования бахтинской базальтоидной формации может быть связана колчеданная или золото-полиметаллическая минерализация.

С байкальским мегакомплексом, точнее с его орогенной частью, связано проявление интрузий лысанского габбро-пироксенит-дунитового, нижнедербинского расслоенного ультрабазит-базитового и казырского сиенит-габбрового комплексов, как правило, приуроченных к зонам глубинных разломов. Особенностью этих интрузий является расслоенность и поясовое расположение в связи с зонами глубинных разломов.

Интрузивные тела лысанского комплекса контролируют локализацию ильменит-титаномагнетитовых с платиноидами руд уникальных Лысанского и Кедранского месторождений (Лысанский рудный узел). С расслоенными телами казырского комплекса также выявлены проявления ильменит-титаномагнетитовых, сульфидных платино-медно-никелевых руд (массив Осередок)(Шнейдер, Зубкус, 1963 г.).

В соответствии с проявившимися геологическими процессами осадконакопления, интрузивного магматизма, дислокационного метаморфизма в пределах зоны локализовано оруденение промышленного значения в: Беллыкском фосфатоносном, Ирбинско-Краснокаменском, Кизир-Казырском железорудных, Ольховско-Чибижекском и Сисимском золоторудных районах.

Беллыкский фосфатоносный район характеризуется развитием овсянковско-чибижекской кремнисто-доломитовой формации с проявлением промышленно значимой фосфоритоносности. Фосфоритовые проявления и небольшие месторождения представлены рудами двух типов: первичных - осадочных и вторичных - кор выветривания, часто переотложенных в карстовых полостях. Наибольшее промышленное значение имеют фосфоритовые руды кор выветривания Сисимского района (Сейбинское месторождение).

Ирбинско-Краснокаменский железорудный район локализует промышленные эксплуатируемые месторождения железа Одиночное, Маргоз, Рудный Каскад, Ирбинское, Бурлукское и другие. Железооруденение скарново-магнетитовой формации формируется в связи со становлением массивов гранитоидов ольховского комплекса.

В Кизир-Казырском железорудном районе расположены промышленные месторождения Мульгинское, Шиндинское, Тереховское, Чибижекское, Таятское, Табратское, Хабалыкское. С этим рудным районом связаны долгосрочные перспективы развития черной металлургии региона.

С формациями метаморфического комплекса связаны рудные формации железистых кварцитов и дистен-силлиманитового комплекса (Базыбайская структура).

Ольховско-Чибижекский и Сисимский золоторудные районы охватывают три золоторудных узла: Ольховско-Чибижекский, Сисимский и Шиндинский. В рудном районе развита ассоциация промышленных месторождений золото-сульфидной формации (Константиновское, Ольховское, Медвежье), золото-кварц-сульфидной (Лысогорское, Средняя Тарча, Ивановское, Высота 830 и другие), золото-гематит-сульфидно-карбонатной формации (Кора, Гематитовое, Екатерининское), золото-скарновой формации (Малотартоякское), формации золотоносных кор выветривания (Ольховское (окисленные руды), Кора, Екатерининское и др.), формации аллювиальных и карстовых россыпей (рр. Сисим, Чибижек, Ольховка, Тарбатка, Павловка, Каспа и др.).

Локализация месторождений и рудопроявлений золото-сульфидной и золото-кварц-сульфидной формаций определяется экзо- и эндоконтактовыми зонами массивов ольховского габбродиорит-гранодиоритового комплекса. Данная особенность является региональной закономерностью, которую необходимо использовать при прогнозе золотого оруденения в пределах эндо-экзоконтактовых зон интрузивных массивов ольховского комплекса. Проявление золото-скарновой формации (Малотартоякское) расположено в экзоконтакте гранитоидов табратского комплекса и сопровождается магнетитовой минерализацией.

Объекты золотоносных кор выветривания размещаются в основном в рудных полях золото-кварц-сульфидных месторождений или в полях минерализованных зон золото-сульфидной формации. Месторождения золотоносных кор выветривания выявлены в пределах Ольховско-Чибижекского района. Представлены они двумя типами - ольховским и мурзинским.

Перспективы выявления месторождений золотоносных кор выветривания в пределах Сисимо-Казырской металлогенической зоны определяются прежде всего рядом факторов: наличием золотоносного субстрата, развитием по ним кор химического выветривания и их сохранностью.

В Сисимо-Казырской металлогенической зоне основными эндогенными золотоносными образованиями являются поля развития золото-кварц-сульфидной формации в эндо- и экзоконтактах массивов ольховского комплекса, поля развития метаморфизованных образований (жайминская свита, кувайская серия), перспективных на локализацию золото-сульфидной, золото-кварц-сульфидной минерализации.

Наиболее перспективны на выявление объектов золотоносных кор выветривания Сисимский район и Ольховско-Чибижекский рудный узел, особенно их западные и южные фланги.

Основные золотоносные формации и закономерности их размещения

Эндогенные месторождения и проявления

Традиционно наибольшее внимание геологов, работающих на золото в Восточном Саяне, было приковано к Ольховско-Чибижекскому рудному району в первую очередь благодаря наличию здесь нескольких промышленных золоторудных месторождений и относительно крупных россыпей.

Площадь Ольховско-Чибижекского рудного района и прилегающих территорий характеризуется наличием многочисленных месторождений, рудопроявлений и точек минерализации золота нескольких рудных формаций. Для некоторых из них установлена промышленная значимость, другие в пределах ранее опоискованных площадей являются непромышленными или же пока еще слабо изучены.

Под рудной формацией нами, вслед за предшественниками, понимается «группа месторождений с минеральными ассоциациями сходного состава, повторяющимися в определенной последовательности на всех месторождениях данной формации и образовавшимися в близких геологических условиях независимо от времени образования» (Кузнецов, 1974; Рудные..., 1983 и др.). Другое определение было рекомендовано симпозиумом по рудно-формационному анализу (Ручкин, 1972) - «группа месторождений и (или) рудопроявлений, однотипных по элементному и минеральному составу руд и метасоматитов и обстановкам нахождения, которые выражаются в устойчивых ассоциациях месторождений и рудопроявлений с определенными геологическими формациями (сочетанием геологических формаций) и структурными условиями рудообразования». В целом понятия близки по смыслу и последнее дополняет и развивает первое.

Следует также учесть представления Н.В. Петровской (1973), согласно которым термин "рудная формация" применим для месторождения в целом и выделение в пределах одного месторождения нескольких рудных формаций нецелесообразно.

В качестве критериев выделения рудных формаций приняты: рудовмещающая геологическая формация, пространственно-генетическая связь с интрузивными массивами, литолого-структурные особенности размещения оруденения, характер гидротермальных изменений вмещающих пород, структурно-морфологические типы рудных тел, вещественный состав руд.

В результате изучения фондовых материалов и собственных исследований авторов выделено пять собственно золоторудных формаций: золото-сульфидная, золото-сульфидно-кварцевая, золото-гематит-сульфидно-карбонатная, золото-кварцевая, золото-полиметаллическая и две золотосодержащие формации - скарново-магнетитовая и медно-молибден-порфировая.

Золото-сульфидная формация. К этой формации отнесен хорошо изученный гидротермальный генетический тип оруденения, распространенный исключительно в пределах Кизир-Казырской структурно-формационной зоны Восточного Саяна и включающий некогда наиболее промышленно значимые месторождения золота - Ольховское, Константиновское и Медвежье, объединяемые с рядом объектов других формаций в Ольховско-Чибижекский рудный узел.

Эти месторождения изучались поисково-разведочными и тематическими работами (Тимофеевский, 1941 г.; Хазагаров, 1969 г.; Компаниец, 1985 г., 1989 г.; Коробейников, 1987 и др.). В настоящее время объекты либо полностью отработаны (Ольховское и Медвежье), либо поставлены на мокрую консервацию (Константиновское).

Месторождения приурочены к породам вулканогенно-кремнисто-карбонатной формации верхнего рифея-нижнего кембрия (чибижекская свита) и залегают в эндо- и экзоконтактах диорит-гранитных выступов северного фаса Ольховского и Чибижекского массивов формации гранодиоритовых батолитов среднего кембрия (ольховский комплекс). С внедрением интрузий связаны мраморизация и скарнирование карбонатных пород, ороговикование вулканогенно-осадочных образований.

Главную роль в распределении и локализации оруденения играют эндо- и экзоконтактовые зоны массивов гранитоидов в парагенезе с локальными выступами (сателлитами) этих массивов и дизъюнктивные структуры, разнообразие систем которых обусловлено сменой плана деформаций на различных этапах развития рудного поля. Выделяются рудоподводящие и рудолокализующие нарушения. Первые имеют субширотное, реже северо-западное направление и падают, соответственно, на юг под углом 40-75°, реже 20-40° и на юго-запад под углом 75-80°. Рудолокализующие нарушения, как правило, являются оперяющими по отношению к рудоподводящим, имеют субмеридиональные и северо-восточные, реже запад-северо-западные направления, и падают, соответственно, на восток под углом 40-90°, на юго-запад под углом 50-70° и полого на юго-юго-запад и северо-северо-восток. Как правило, рудные тела и рудные столбы располагаются на пересечении или сопряжении двух и более систем нарушений или на пересечении их с интрузивным контактом.

Высокотемпературные гидротермальные процессы обусловили калишпатизацию, альбитизацию, грейзенизацию, березитизацию диоритов и гранитов, а при среднетемпературном воздействии - окварцевание, серпентинизацию, хлоритизацию, гематитизацию, сульфидизацию карбонатных осадочных образований и хлоритизацию, сульфидизацию интрузивных пород. Вдоль тектонических нарушений отмечается графитизация и кварц-карбонатное прожилкование. Контактово-метасоматические золото-сульфидные залежи, развитые на контактах тел гранитоидов с мраморами, сопровождаются зонами магнезиально-известковых скарнов, хлоритизированных и графитизированных карбонатных пород. При этом скарны слагают

внутреннюю зону, хлоритовые метасоматиты - среднюю, а графитовые породы - внешнюю зону метасоматической колонны (Коробейников, 1987). Развиты дайки: дорудные - диабазовые и диоритовые порфириты, микродиориты, сини пострудные - диабазовые порфириты, гранит-порфиры.

Основные промышленные рудные залежи расположены в ближнем экзоконтакте, отдельные участки локализуются как в эндоконтакте, так и в дальнем экзоконтакте. Наиболее благоприятными для рудоотложения являются доломиты, слагающие значительную часть разреза вулканогенно-кремнисто-карбонатной формации, в которых с активным участием метасоматических процессов образуются залежи сплошных и густовкрапленных сульфидных и кварц-сульфидных, реже сульфидно-гематитовых руд, заключающие порядка 60-70% запасов металла промышленных категорий. Роговики по вулканогенно-осадочным образованиям и интрузивные породы (диориты, граниты) характеризуются развитием кварц-сульфидных и кварц-березитовых жил и прожилков небольшой мощности, локальных штокверков, линейных зон окварцевания, березитизации и хлоритизации, несущих 30-40% промышленного оруденения.

Рудные тела отличаются большим разнообразием и сложностью форм - жилы, линзы, штокверки, трубы и столбы с невыдержанными элементами залегания, боковыми апофизами, пережимами и раздувами. В силикатных породах образуются обусловленные трещинной тектоникой кварц-сульфидные, кварц-березитовые жилы простые и сложные, штокверки, длиной по простиранию 10-200 м, по падению 20-100 м, мощностью 0,1-2,0 м, с углами наклона 10-80°. В известняках и доломитах возникают более крупные тела сплошных или густовкрапленных сульфидных, реже сульфидно-гематитовых руд в виде жило-, линзо-, трубо- и столбообразных залежей с длиной по простиранию 20-300 м, по падению 10-300 м, мощностью 0,1-5,0 м и более, с углами наклона 60-90°. Вертикальный размах оруденения на месторождениях 400-550 м и более. Глубокими скважинами (до 1350 м) на Константиновском месторождении установлено, что характерные для разведанных и отработанных горизонтов геолого-геохимические характеристики оруденения, в том числе и продуктивность по золоту, распространены до абсолютных отметок - 400 м, то есть до глубины 950 м от дневной поверхности (Компаниец и др., 1989 г.).

Рудные тела сложены сульфидными (сплошными и вкрапленными), гематитовыми и окисленными типами руд.

1. Сплошные сульфидные руды состоят более чем на 50% из рудных минералов - пирротина, пирита, халькопирита, арсенопирита, сфалерита, галенита, марказита, теннантита, ковеллина, магнетита, халькозина, мельниковита, гематита, тетрадимита, гессита, молибденита, борнита, креннерита, хлоантита, аргентита, самородного висмута и золота. Нерудные минералы - кварц, кальцит, сидерит, анкерит, доломит, серицит, хлорит, серпентин, графит. Содержание золота весьма неравномерное, повышенное в рудах, обогащенных халькопиритом, и достигает 2 000 г/т. Золото свободное (60-90%) или связано с сульфидами, имеет неправильную комковидную, реже друзовидную, пластинчатую, губчатую и скелетную форму, размеры 0,05-0,1 мм - 25%, 0,1-0,5 мм - 50%, 0,5-2,5 мм - 25%.

2. Вкрапленные сульфидные руды имеют сходный со сплошными сульфидными минералогический состав при большей (до 70%) доле нерудных минералов, главным образом, кварца и (или) карбонатов. Содержание золота весьма неравномерное, до 200 г/т и более. Основная масса золота находится в сульфидах (40-60%) и кварце (40-60%). Форма золотин пластинчатая и пленочная, размерность до 0,6 мм.

3. Гематитовые руды встречены только на Западном участке Константиновского месторождения, на его верхних горизонтах до отметки 297 м. Ниже гематит практически исчезает. Главными минералами являются гематит и карбонаты, реже сульфиды. Золото связано с карбонатами и гематитом, размерность выделений более крупная по сравнению с сульфидными рудами, достигает 1 мм и более.

4. Окисленные руды вскрываются на дневной поверхности (кроме Медвежьего месторождения) и прослежены до глубины 80-100 м. Выделяются глинистые, глинисто-лимонитовые, сажистые руды, кварцевые сыпучки. Минералогический состав окисленных руд - гидроокислы железа в виде натечных форм и псевдоморфоз по сульфидам, глинистые минералы, серицит, кварц, малахит, азурит, самородная медь, псиломелан, ярозит, медный и железный купорос, обломки известняков, доломитов, диоритов, кварца. Содержание золота высокое. Золото мелкое, преимущественно связанное с лимонитами, глинистыми минералами; свободного металла не более 10-20%.

Вместе с золотом из руд извлекались серебро и медь. Зачастую в промышленных концентрациях содержатся кобальт, висмут, селен, теллур.

По внутреннему строению первичные геохимические ореолы относятся к простым ореолам рассеяния с нарастанием концентраций элементов от периферии к центру. В объеме они представляют собой плоские факелы с шириной, превышающей размеры рудных тел в 10-30 раз, и в 2-7 раз превышают размеры околорудных метасоматитов. Надрудные ореолы обычно на десятки-сотни метров опережают по вертикали рудные тела. Верхние части рудных тел обогащены медью, висмутом, серебром, свинцом, цинком, теллуром, мышьяком, отношение Co/Ni менее 1. Нижней половине рудных тел свойственно преобладание хрома, никеля, кобальта, ванадия, титана, вольфрама, молибдена, бериллия, содержание мышьяка достигает максимума, отношение Co/Ni более 1. Внутреннее строение отдельного геохимического ореола имеет следующие особенности. Самую внешнюю зону ореола (на расстоянии до 7 м от рудных тел) формируют барий, ртуть, сурьма, реже мышьяк. Средняя и внутренняя зоны сформированы цинком, свинцом, медью, висмутом, серебром, золотом.

Для Константиновского и Ольховского месторождений характерны высококонтрастные потоки рассеяния золота - 0,03-5,0 г/т, частично обусловленные техногенным воздействием, серебра - 0,03-6,0 г/т, и слабоконтрастные - свинца, меди, висмута, кобальта в долинах рек Ольховка, Тинсук и Чибижек.

Эрозионный срез месторождений среднерудный (Ольховское, Константиновское) и надрудный (Медвежье).

В магнитном поле объекты проявлены значениями (ΔТ)а от -150 до 150 нТл.

Золото-гематит-сульфидно-карбонатная субформация золото-сульфидной формации, выделяется в качестве самостоятельной в связи со сходством с золото-сульфидной формацией, но в то же время отличается от нее большей окисленностью руд и их связью с процессами корообразования. Рудопроявления располагаются в пределах Ольховско-Чибижекского рудного поля в среднем (Кора, Гематитовое) и верхнем (Екатерининское, Сосновское, Верхне-Чибижекское) течении р. Чибижек (Белозерцев и др., 1980 г.; Компаниец др., 1986 г.). Они приурочены к доломитам и известнякам вулканогенно-кремнисто-карбонатной формации рифея-кембрия (чибижекская свита), смятым в мелкие складки вблизи контакта с пестроцветными отложениями туфогенно-терригенно-вулканомиктовой формации среднего кембрия (осиновская свита). Интрузивные образования в верховьях р. Чибижек представлены кварцевыми диоритами и гранодиоритами, а на рудопроявлениях Кора и Гематитовое они не встречены. Широко распространены дайки диоритовых порфиритов, микропорфиритов, аплитов субмеридионального, реже субширотного простирания.

Контактово-метасоматические и гидротермально измененные породы представлены доломитами с новообразованиями кальцита, тремолита, диопсида, слюд, гематита. Эндоконтактовые изменения выразились в гематитизации, окварцевании, образовании кварцевых жил, сульфидизации. Гидротермальные изменения проявились преимущественно вдоль тектонических нарушений.

В верховьях р. Чибижек выделяются нарушения субширотные круто- и пологопадающие на юг (система Ольховско-Чибижекского разлома) и субмеридиональные субвертикальные (рудолокализующие), фиксирующиеся зонами дробления, гематитизации, окварцевания, дайками диорит-порфиритов, аплитов. В районе рудопроявлений Кора и Гематитовое выделены разломы субмеридионального, северо-западного простирания с падением на северо-восток 80° и северо-восточные с падением на северо-запад 30-70°, контролирующие размещение оруденения.

Золотое оруденение локализуется либо в зонах дробленых гематитизированных доломитов с сульфидами, либо в дайках порфиритов и аплитов, внедрившихся по этим зонам. Рудные зоны прослежены на расстояние до 400 м при мощности 100-120 м до глубины 200-350 м. Рудные тела линзовидной, реже жилообразной формы имеют размеры по простиранию 30-150 м, по падению 40-170 м, мощность 0,5-8,2 м, падение крутое.

Руды представлены дробленными, гематитизированными, окварцованными доломитами с сульфидной минерализацией, реже - гидротермально проработанными участками андезитовых, андезито-базальтовых порфиритов и иногда сливными гематитовыми образованиями в доломитах.

Минеральный состав руд - кварц, гематит, доломит, апатит, титаномагнетит, пирит, халькозин, халькопирит, борнит, галенит, сфалерит, блеклая руда, куприт, малахит, азурит, хризоколла, ковеллин, лимонит. Содержания золота составляют 0,1-31,8 г/т, концентрации элементов-спутников, как правило, невелики.

Золоторудные тела сопровождаются первичными ореолами мышьяка, серебра, меди, вольфрама, реже молибдена, свинца, сурьмы, висмута, а при условии отсутствия продуктов переотложения кор выветривания во вторичных ореолах оконтуриваются изоконцентратами золота интенсивностью 0,01 г/т. Эрозионный срез надрудный (Кора), рудный (Гематитовое). Над оруденелыми зонами рудопроявлений сформировались глинистые коры выветривания мощностью до 150 м с золотоносностью до 180 г/т, а чаще 0,1-3,2 г/т. В глинах рассеяны обломки гематитов, лимонитизированных гранитоидов с содержаниями золота 2,0-6,8 г/т. Имеется небольшое количество мелкого свободного золота.

Рудопроявления проявлены значениями (ΔТ)а от -120 до -80 нТл.

Золото-сульфидно-кварцевая формация. Изучением месторождений и рудопроявлений, относящихся к рассматриваемой формации, занимались многие исследователи (Журавлев, 1969 г.; Охапкин, 1972 г.; Белозерцев, 1980 г., 1984 г., 1986 г., 1988 г., 1990 г., 1998 г.; Мостовский, 1980 г.; Кузмицкене, 1980 г.; Компаниец, 1984 г., 1988 г.; Сарапулов, 1986 г.; Ящук, 1987 г. и др.), в той или иной степени охватив их горно-буровыми работами и тематическими исследованиями.

Объекты формации наиболее широко распространены на изученной площади и образуют четыре ареала, отличающиеся не только пространственным положением, но и геологическими условиями: Нижне-Сисимский участок (жилы Придорожная, Фадеевская и др.), бассейн р. Сейбы (рудопроявления Сейбинское, Джебартинское и др.), южный контакт Шиндинского плутона (месторождение Красная Речка, рудопроявление Левобережное) и Ольховско-Чибижекский рудный узел (месторождения Лысогорское, Дистлеровское, и др.).

Вмещающие осадочные породы представлены вулканогенно-кремнисто-карбонатной формацией верхнего рифея-нижнего кембрия (чибижекская свита), реже туфогенно-терригенно-вулканомиктовой среднего кембрия (осиновская свита). Магматические формации - гранодиоритовых батолитов среднего кембрия (диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граниты ольховского комплекса), габбро-диорит-плагиогранитной нижнего кембрия (габбро, диориты табратского комплекса) и габбро-монцонит-граносиенитовой верхнего ордовика-нижнего девона (?) (габбро, монциониты, сиениты, граносиениты буеджульского комплекса). Встречаются дайки диоритовых порфиритов, контролируемые разрывными нарушениями.

В отличие от месторождений золото-сульфидной формации, где в рудолокализации наиболее велика роль карбонатных пород (особенно доломитов), объекты золото-сульфидно-кварцевой формации контролируются, главным образом, эндоконтактовыми зонами интрузивных тел и широко развитой трещинной тектоникой.

На Нижне-Сисимском участке жилы и зоны березитизации контролируются северо-западными и субширотными тектоническими нарушениями. В бассейне р. Сейбы рудовмещающей является зона субмеридионального надвига мощностью до 400 м, сложенная серицит-хлоритовыми сланцами, по которой карбонатные отложения павловской свиты надвинуты на вулканиты колпинской свиты. В Ольховско-Чибижекском узле выделяются рудоподводящие субширотные и северо-западные разрывные нарушения и рудолокализующие субмеридиональные и северо-восточные, редко субширотные нарушения оперяющего характера. Для рудолокализации очень важны пересечения и сопряжения различных систем нарушений. Проявления золота Булатовское, Георгиевское и Тинсук-Котойское контролируются крутопадающими тектоническими зонами северо-западной ориентировки с дроблением, сульфидизацией, интенсивной графитизацией вмещающих карбонатных пород и кварц-карбонатным прожилкованием.

Контактово-метасоматические и гидротермальные процессы выразились в мраморизации, скарнировании, окварцевании, эпидотизации, серпентинизации, гематитизации и сульфидизации карбонатных пород, ороговиковании вулканогенно-осадочных образований, грейзенизации, березитизации, хлоритизации и сульфидизации диоритов и гранитов. На месторождении Красная Речка довольно широко развит углеродистый метасоматоз осадочных и интрузивных пород.

Рудные тела и вмещающие их рудные зоны весьма разнообразны по морфологии, размерам и элементам залегания, нередко выделяются по опробованию. Чаще встречаются кварц-сульфидные жилы и зоны кварц-сульфидного прожилкования, кварц-березитовые зоны в эндоконтактах интрузивов (месторождения Лысогорское, Золотой Конек-1, Высота 830, Ивановское, Средняя Тарча, Дистлеровское, рудопроявления Нижне-Сисимского участка, Китатское, Усть-Китатское, Грязненское, Сопка Высоцкого, Стенфорда, Каменное, Левошиндинское, зона Нагорная), реже - отдельные жилы, линзы и зоны прожилкования в экзоконтактах интрузивных массивов (рудопроявления Снегиревское, Кулемное, Колпинское, Удача, зона Спиртоносная). Менее распространены минерализованные

зоны дробления и рассланцевания (Сейбинское и Неожиданное рудопроявления), углеродистые межформационные и секущие зоны дробления с кварц-карбонатными прожилками и сульфидизацией (рудопроявление Золотой Конек-2, частично Золотой Конек-1, проявления Булатовское, Георгиевское, Тинсук-Котойское) и штокверки (Семеновское рудопроявление). Помимо этого, на ряде объектов, небольшая часть оруденения бывает приурочена к гидротермально измененным, сульфидизированным дайкам диоритовых порфиритов. Протяженность рудоносных зон по простиранию до 1 000 м, по падению до 500 м, мощность до 300 м. Внутри них размещаются одиночные крутопадающие рудные тела или их группы. Форма тел жилообразная и линзовидная, падение крутое и умеренное. Размеры тел до 500 м по простиранию, до 450 м по падению, мощность 0,2-13,6 м. Размах промышленного оруденения по вертикали достигает 300-600 м (месторождения Лысогорское, Дистлеровское, Средняя Тарча и Золотой Конек-1).

Рудные тела сложены кварц-сульфидными вкрапленными и прожилково-вкрапленными рудами, с поверхности нередко окисленными. Минеральный состав руд разнообразный - пирит, халькопирит, пирротин, гематит, сфалерит, арсенопирит, марказит, золото, блеклые руды, висмутин, пентландит, леллингит, магнетит, ильменит, гематит, рутил, кварц, мусковит, серицит, хлорит, карбонаты, диопсид, гранат, эпидот. В окисленных рудах развиты малахит, азурит, хризоколла, окислы марганца, ярозит, гетит. Содержания золота от следов до 2132 г/т. В отдельных кварцевых жилах отмечается видимое золото. Золото связано с сульфидами, содержит примеси меди до 1,49%, ртути до нескольких%, сурьмы до 0,01%. Размер выделений 0,001-0,07 мм и крупнее, форма неправильная, изометричная, иногда овально-удлиненная и дендритовидная.

Первичные ореолы и руды характеризуются повышенными содержаниями серебра - 0,3-365,7 г/т, мышьяка - 0,006-1,0%, цинка - 0,003-0,05%, меди - 0,001-0,3%, висмута - 0,001-0,03%, свинца, теллура, сурьмы. Подрудные элементы - никель, кобальт, ванадий, хром, бериллий. Во вторичных ореолах рудопроявления и месторождения выделяются как крупными, так и мелкими слабоконтрастными ореолами золота (содержание 0,01-0,12 г/т), серебра, реже меди, свинца, цинка, молибдена.

В потоках рассеяния картина неоднозначная. В бассейнах ручьев Торганок, Буеджуль и Предтеченский выявлены потоки рассеяния золота интенсивностью 0,01-0,12 г/т, серебра, висмута, меди, причем площадь их развития распространяется восточнее и западнее области известных коренных рудопроявлений, что указывает на более широкое развитие минерализации. Потоки рассеяния золота интенсивностью до 0,15 г/т прослеживаются по долинам ручьев Веселый, Изыртак, Бол. Джебарты. В верховьях р. Сейбы выявлен (Белозерцев и др., 1980 г.) комплексный поток рассеяния золота (до 3,3 г/т), молибдена, серебра, меди, сурьмы, висмута, ртути. Лысогорское месторождение и проявления золота в бассейне р. Чизан в потоках рассеяния не выражены. Рудопроявления в районе бассейна р. Китат характеризуются слабо- и среднеконтрастными потоками рассеяния золота небольшой (0,5-1,0 км) протяженности при близких к фоновым содержаниями всех сопутствующих компонентов. В районе руч. - Семеновского и далее на восток рудопроявления проявляются потоками золота средней и высокой контрастности с сопутствующим серебром и повышенными значениями элементов-спутников. Контрастные потоки имеют длину до 0,5 км, а слабоконтрастные - до 1,5-2,0 км.

Эрозионный срез объектов по геолого-геохимическим данным рудный (Золотой Конек-1, Высота 830, Дистлеровское, Сейбинское, Красная Речка и др.) и надрудный (Средняя Тарча, Нижне-Сисимский участок, Джебартинское и др.).

Над карбонатными породами с тектоническими нарушениями развита мощная (до 50-200 м) глинистая кора выветривания, с которой в бассейне р. Сейбы связаны месторождения марганца и фосфоритов. На месторождении Красная Речка выявлены линейные коры выветривания по субширотным зонам тектонических нарушений, развитые до глубины 20-45 м. На рудопроявлениях Каратавском, Стенфорда, Снегиревском, Волковском вскрыты коры выветривания мощностью до нескольких десятков метров, нередко золотоносные, перспективные для промышленной оценки.

В магнитном поле объекты проявлены значениями от -150 до 500 нТл, а чаще 0-200 нТл.

Золото-кварцевая формация. Единичные рудопроявления и точки минерализации выявлены в северо-западной части площади работ в бассейне р. Торганок, где они приурочены к гранитам и граносиенитам эндоконтактовой части Буеджульского массива (Торганокское, Антонидовское и др.) (Беспалов, 1981 г.).

Объекты представлены единичными крутопадающими кварцевыми жилами северо-западного простирания, протяженностью до 1 200 м и мощностью 3-20 м с раздувами до 100 м. Вмещающие граниты катаклазированы, окварцованы вплоть до кварцитов, слабо лимонитизированы, пронизаны тонкими кварцевыми прожилками. Золотое оруденение приурочено к лимонитизированным зонам брекчирования в кварцевых жилах.

Минеральный состав руд - кварц, редко пирит, галенит, сфалерит, золото, лимонит. Содержание золота невысокое, до 0,6-1,2 г/т, весь металл связан с кварцем. Концентрации элементов-спутников: молибден - до 0,3%, вольфрам - до 0,03%, медь - до 0,3%, висмут - до 0,01%, сурьма - до 0,03%, мышьяк - до 0,3%.

Золото-полиметаллическая формация. Объекты этой формации находятся в бассейне р. Сейба (рудопроявления Мало-Сейбинское и Свинцовое) в поле образований известняково-терригенно-вулканогенной формации верхнего рифея (бахтинская свита) - хлоритовых, хлорит-серицитовых, кварц-серицитовых и кварц-хлорит-серицитовых сланцев и рассланцованных порфиритов с линзами мраморизованных известняков. Магматические образования представлены редкими пиритизированными дайками диабазов и порфиритов.

Сланцы пронизаны многочисленными кварцевыми жилами, линзами и прожилками мощностью 0,1-0,4 м и длиной до 40 м. Лишь две жилы, имеющие относительно крупные размеры, образуют рудопроявления Свинцовое и Мало-Сейбинское. Жилы северо-западной ориентировки, с размерами по простиранию 44-150 м, по падению 15 м и более, мощность 0,02-2,0 м, падение под углом 30-50° на северо-запад. Зальбанды висячего бока жил представлены сильно окварцованными сланцами с вкрапленностью галенита. Жилы сложены друзовым кварцем белого цвета с обилием пустот выщелачивания и вкрапленностью рудных минералов.

Минеральный состав жил и зальбандов: кварц, сидерит, кальцит, галенит, халькопирит, сфалерит, пирит, блеклая руда, золото, гематит, малахит, лимонит. Содержания золота по бороздовым пробам из канав, шурфов и рассечек по жилам и их зальбандам от следов до 41,8 г/т, свинца 0,01-1,3%. Спектральным анализом штуфной пробы КНИИГиМС, отобранной из скважины 5086 севернее устья руч. Свинцового, выявлены содержания: свинец - 0,5%, цинк - 0,4%, серебро - 30 г/т, медь - 0,05%, никель - 0,03%, сурьма - 0,02%.

В магнитном поле (ΔТ)а проявлениям отвечают значения 200-230 нТл.

Скарново-магнетитовая золотосодержащая формация. С начала 40-х гг. изучались месторождения и рудопроявления железа и золотоносность зон сульфидизации скарново-магнетитовых месторождений (Ильенок и др., 1940 г.; Посохов, 1965 г.; Сергуткин и др., 1979 г., 1983 г.).

Скарновые железорудные месторождения пространственно приурочены к областям развития нескольких стратифицированных формаций: вулканогенно-кремнисто-карбонатной верхнего рифея-нижнего кембрия (павловская и чибижекская свиты), терригенно-рифогенно-вулканогенной нижнего кембрия (балахтисонская, тарбатская и колпинская свиты) и туфогенно-терригенно-вулканомиктовой среднего кембрия (осиновская свита). Формирование объектов генетически связано с внедрением интрузивных пород формаций гранодиоритовых батолитов среднего кембрия (ольховский комплекс) и щелочно-сиенитовой нижнего девона (лутагский комплекс).

Железооруденение контролируется экзоконтактами интрузивных массивов с развитием пироксеновых, гранат-пироксеновых и диопсид-гранатовых скарнов, а также тектоническими нарушениями субширотного и северо-восточного направления.

Рудные тела имеют преимущественно линзообразную и жилообразную форму, прослежены по простиранию до 1 000 м, по падению до 400-500 м, с углами наклона 70-90°.

По данным ревизионного опробования горных выработок и керна скважин (Сергуткин и др., 1979 г., 1983 г.) получены содержания золота от 0,05 до 223 г/т, чаще всего около 1-2 г/т, причем наибольшие значения наблюдались в линзах, гнездах и прожилках сульфидных руд, сложенных пиритом, халькопиритом, пирротином, сфалеритом среди контактовых скарново-магнетитовых залежей, реже - в магнетитовых, сульфидно-магнетитовых рудах и кварц-карбонат-сульфидных жилах. Помимо вышесказанного, на месторождении Маргоз золото установлено в окварцованных и скарнированных диоритах и гранодиоритах с тонким кварц-сульфидным прожилкованием в количестве до 2,6 г/т, при среднем 1,2 г/т на интервал 19,4 м.

По минеральному составу выделяются магнетитовые, амфибол- и пироксен-гранат-магнетитовые, хлорит-кальцит-магнетитовые, гранат-магнетитовые, сульфидно-магнетитовые и валунчатые руды. Общий минеральный состав руд: главные - магнетит, гематит, пирит, халькопирит, гранаты, диопсид, кальцит; второстепенные - мартит, маггемит, гидроокислы железа, сфалерит, марказит, пирротин, эпидот, каолинит, гидрослюды, хлориты, амфиболы, полевые шпаты, кварц; редкие - мушкетовит, халькозин, борнит, вернадит, кобальтин, арсенопирит, висмутин, саффлорит, виттихтенит, блеклая руда, ковеллин. молибденит, галенит, серебро, золото, электрум, висмут, малахит, хлориты, дженкисит, антигорит, апатит, сфен, ортит, флюорит, клиноцоизит, флогопит, делессит, гидромусковит, стильпномелан, пирофиллит, скаполит, везувиан.

Золото в рудах и оруденелых скарнах установлено в самородном состоянии в виде овальных, изометрично-округлых, реже каплевидных или прожилковых форм размером 0,003-0,007 мм. Выделения золота и электрума приурочены к магнетиту и пириту в ассоциации с халькопиритом. Установлено, что отложение золота начинается уже со стадии предрудного ороговикования пород, достигая в собственно магнетитовую и сульфидно-карбонатно-магнетитовую стадии промышленных концентраций. Одновременно с золотом идет стабильное возрастание содержаний меди, цинка, марганца, серебра, мышьяка, висмута, кадмия, вольфрама.

В рудах месторождения Маргоз подсчитаны прогнозные ресурсы категорий P_1+P_2 в количестве 7,3-9,3 т (Сергуткин, 1983 г.), а позже, при разведочных работах - запасы по категории C_1: золота - 1,51 т, серебра - 60,35 т, кобальта - 1 269 т, меди - 31 791 т, а в валунчатых рудах месторождения Рудный Каскад прогнозные ресурсы золота - не менее 4-5 т (Беспалов и др., 1981 г.).

В 1984 г. ЦНИЛО завода «Сибэлектросталь» провела лабораторные исследования 3 технологических проб сульфидно-магнетитовой руды месторождения Маргоз. По схеме флотационного обогащения из хвостов мокрого обогащения был получен медно-золото-пиритный концентрат с содержанием золота 30-40 г/т и серебра 60-90 г/т.

В последние годы при оценке Чибижекского железорудного месторождения в амфибол-магнетит-сульфидных метасоматитах и алевропесчаниках были выявлены золотосодержащие горизонты с содержаниями золота 0,8-17,8 г/т.

Практически не изучены в плане золотоносности хвосты обогащения железных руд эксплуатируемых месторождений Ирбинско-Краснокаменского рудного поля, которые могут быть обогащены золотом по сравнению с первичными рудами.

Медно-молибден-порфировая золотосодержащая формация. Месторождения и рудопроявления представлены кварцево-жильным и прожилково-вкрапленным оруденением штокверкового типа, связанным с зонами окварцевания и ороговикования в породах бахтинской свиты верхнего рифея, развитыми над апикальными частями небольших штоков гранитов беллыкского комплекса ордовика. Практически все они концентрируются в бассейне притоков р. Сисим - ручьев Теплого и Джетки под единым названием Джетского месторождения; три из них (Теплый-I, Теплый-II и Джетский) имеют промышленное медно-молибденовое оруденение.

Рудные залежи представляют собой линзы размерами по простиранию до 700 м, по падению до 500 м, мощностью до 350 м, с падением под углом 60-70° на юго-восток и юго-запад. Наиболее обогащенные молибденом части рудных залежей размещаются в гранитоидных породах и непосредственно в их экзоконтактах, а также внутри штокверков.

Минеральный состав руд - кварц, серицит, молибденит, шеелит, халькопирит, пирит, пирротин, сфалерит, галенит, ильменит, редко сульфосоли свинца, самородное серебро, аргентит, блеклые руды, минералы висмута. Содержание молибдена составляет от следов до 0,123%, среднее по рудным телам 0,03-0,05%, трехокиси вольфрама - 0,001-0,24%; в качестве попутных компонентов присутствуют медь, висмут, серебро и золото. Содержания золота по кварц-молибденитовым жилам месторождений: Теплый-II - 0,025 г/т, Теплый-I - 0,086 г/т, Джетское - до 4,7 г/т (Белозерцев и др., 1980 г.).

Содержание золота по скважине № 18 (месторождение Теплый-I) достигает 0,04-0,055 г/т, а ресурсы его по категории P_2 в одном из подсчетных блоков составляют 391 кг. Самородное золото на месторождении образует 2 генерации, имеет размерность 0,01-0,05 мм и ассоциирует с минералами висмута (1-я генерация пробностью 822), а также с поздними кварц-карбонатными прожилками (2-я генерация пробностью 514-516).

Эрозионный срез месторождений незначительный и уменьшается в последовательности: Теплый-II - Теплый-I - Джетское. Месторождения формации сопровождаются крупными вторичными ореолами молибдена, реже вольфрама, потоками рассеяния молибдена, вольфрама и золота.

Прогнозируемые золоторудные формации

Титаномагнетитовая золотоносная формация с платиноидами. Довольно продолжительное время изучавше-

ется разными исследователями титаномагнетитовое оруденение в верховьях р. Сисим и в среднем течении р. Балахтисон, связанное с линзовидными телами габбро-пироксенитового лысанского комплекса, является платиноносным, что доказывается находками субмикроскопических (0,001-0,008 мм) зерен платиновых минералов в полированных шлифах из всех разведанных рудных тел месторождений Лысанское и Кедранское. В ряде случаев отмечается присутствие выделений золота аналогичной размерности. Однако целенаправленные аналитические исследования и количественная оценка благороднометалльной минерализации не производилась. Частотой встречаемости платиновых минералов и самородного золота несколько выделяется рудное тело Россыпь на водоразделе истоков р. Таежный Сисим и руч. Подлысан. Сопутствующими сульфидными минералами в рудах являются пирротин, пирит, пентландит, миллерит, галенит и др. Месторождения заслуживают постановки специальных исследований на платиноиды и золото.

Золото-сульфидная формация в углеродистых толщах. К данной формации относится проявление Крольский тоннель, выявленное более 20 лет назад (Даценко, 1984 г. и др.). Проявление приурочено к углеродистым породам метаморфизованной черносланцевой формации нижнего протерозоя, слагающим юго-западное обрамление Дербинского выступа. Черносланцевые породы, сложенные кварц-графитистыми, кварц-серицит-графитистыми сланцами, нередко сульфидизированными, прослеживаются на севере рассматриваемой площади в виде полосы шириной 0,5-5,0 км, отвечающей зоне Восточно-Саянского глубинного разлома. Интенсивному тектоническому воздействию подверглись и сами углеродистые образования - рассланцеванию и нарушению субсогласными зонами динамометаморфизма. Магматические породы представлены изометричными и овальными штоками кислых пород гранитоидной формации ордовика размерами 2-5 км. На участке Крольский тоннель В.М. Даценко описаны послойные и секущие кварцевые прожилки мощностью до десятков сантиметров и дайки микрогранит порфиров, аплитовидных гранитов и диабазов.

На наш взгляд представляется возможным метасоматический генезис углерода в крупных тектонических зонах, подобных полосе выхода пород жайминской свиты, так как это явление достоверно установлено южнее, в тектонических нарушениях по периферии Шиндинского плутона (Даценко, 1984 г.; Ящук, 1987 г.; Зимин, 1999 г.; и др.) и сопровождается сульфидизацией и кварц-карбонатным прожилкованием (рудопроявление Золотой Конек-2, проявления Булатовское, Георгиевское, Тинсук-Котойское).

По данным бороздового опробования черных сланцев на фоне содержаний до 0,1 г/т выделяются интервалы мощностью до нескольких метров с единичными содержаниями до 3,3-5,0 г/т, связанные с зонами интенсивного динамометаморфизма, дайками, повышенной сульфидизации и прожилкового окварцевания. Дайки диабазов содержат металл на уровне до 2,1 г/т.

Более изучены образования жайминской свиты в районе одноименного населенного пункта. Рудные минералы - пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, блеклая руда встречаются в виде прожилков и вкрапленности в углеродистых породах. Золото свободное, чешуйчатое, размерами 0,1-0,15 мм и менее. Средняя пробность 847, содержание ртути 0,71%. Кроме золота в породах жайминской свиты работами последних лет выявлены повышенные содержания платиновых металлов порядка 0,04-0,07 г/т. По нашим данным отмечаются содержания палладия в металлометрических пробах в районе Крольского тоннеля до 0,003 г/т, в черных сланцах из отвалов Крольского тоннеля 0,003-0,018 г/т.

В сульфидизированных черных сланцах отмечается повышенное содержание мышьяка, сурьмы, молибдена. Фиксируются вторичные ореолы серебра, мышьяка, молибдена, цинка, меди, кобальта, никеля, марганца, ванадия, бария. Коры выветривания не отмечены, хотя имеется ряд предпосылок их нахождения в связи с тектоническими зонами, что при наличии золотоносного субстрата может привести к возникновению гипергенных руд олимпиадинского типа.

Золото-ртутная формация. На изученной площади коренных проявлений, относящихся к данной формации, пока не выявлено, хотя в ряде мест имеются прямые признаки ртутной, и возможно, связанной с ней золотой минерализации.

В 3-4 км к юго-западу от Березовского железорудного месторождения шлиховым опробованием и горными работами Дезьбинской ГСП в бассейне р. Бол. Дезьбы вскрыта в коренном залегании киноварная минерализация. Она приурочена к субширотному Дезьбинскому нарушению в экзоконтакте Буеджульского массива. Опробование на золото произведено не было. На западном фланге Березовского месторождения в нижнем течении р. Оленкой, шлиховым опробованием выявлен устойчивый ореол киновари с единичными знаками золота. Поиски коренной минерализации не проводились.

В бассейнах рек Торганок, Кабазиха, Буеджуль и других в шлихах отмечены единичные знаки киновари. Небольшим объемом проведенных работ (Ильенок, 1940 г.) коренной источник не выявлен.

В среднем течении р. Джетка в поле карбонатных пород манской свиты выявлены три шлиховые пробы с киноварью, отобранные в пределах известной золотоносной россыпи.

В бассейне р. Павловки и ее левого притока руч. Лысан установлены многочисленные шлиховые пробы с киноварью, золотом, шеелитом, цирконом. Единичные шлиховые пробы с киноварью отмечены в аллювии ручьев Березовского и Широтного, притоков среднего течения р. - Балахтисон.

В бассейне верхнего течения р. Колпы шлиховым опробованием и горными работами (Шеломов и др., 1963 г.) установлены ореолы механического рассеяния киновари и золота в поле развития карбонатных пород чибижекской, вулканогенно-терригенных пород колпинской и терригенно-сланцевых пород лысанской свит. Водотоки здесь заложены по крупным тектоническим нарушениям субширотного и северо-западного простирания, сопровождающимся мелкими базит-гипербазитовыми телами лысанского комплекса. Кроме того, выделяются многочисленные надвиговые структуры на водоразделе рр. Колпа-Чибижек и Колпа-Джебь, благоприятные для концентрации ртути и золота (месторождения Карлин, Голден-Акрес, Ноксвилл и другие). В коренном залегании предыдущим исследователям отыскать ртутную минерализацию не удалось.

В верхнем течении р. Джебь, в долинах рр. Мал. и Бол. Джебь по результатам съемочных работ (Ролдугин, 1959ф г.) прослеживается прерывистый ореол механического рассеяния киновари в поле развития пород лысанской и колпинской свит, разбитых тектоническими нарушениями. Поиски коренного оруденения не производились. Кроме того, в бассейне р. Джебь повышенные содержания ртути характерны для уже упоминавшегося выше Лысогорского месторождения, где она описана в рудных телах в виде киновари и кварцита (Охапкин и др., 1972 г.) и в виде значительной примеси в золоте.

В верховьях р. Чибижек киноварь выявлена вдоль одноименной реки в полосе развития известняков и доломитов чибижекской свиты в шлиховых пробах в количестве от 1 до 38 знаков, совместно с золотом и гематитом. Отмечались сростки золота и гематита, киновари и гематита. Размер зерен киновари от 0,05 мм до 2,6 мм, окатанность средняя и плохая. Исследователями даются перспективы на выявление ртутного оруденения и предполагается его приуроченность к Ольховско-Чибижекскому разлому и некоторым субмеридиональным разрывам.

В заключение надо отметить, что наличие или отсутствие золота в шлиховых ореолах киновари не является показателем продуктивности коренного золото-ртутного оруденения, поскольку практически весь металл на известных месторождениях золото-ртутной формации имеет субмикроскопические размеры.

Экзогенные золотоносные формации

Изучение экзогенных золотоносных формаций, в том числе продуктов корообразования в Восточно-Саянской металлогенической провинции на предмет золотоносности проводилось эпизодически и бессистемно. В разные годы, в рамках тематических работ различного направления, их исследованием занимались М.Н. Шмидт (1940 г.), В.А. Миловская и Н.К. Постников (1947 г.), И.Я. Мартьянов (1955 г.), Н.Е. Шамонин, Л.Н. Байгозина, В.А. Астахова (1961 г.), А.М. Хазагаров и В.А. Куцаенко (1964, 1969 г.), В.Г. Матухина (1971 г.), Р.А. Цыкин (1967, 2000 г.), В.Г. Матухина (1971 г.) и др. Целенаправленные научно-тематические и оценочные работы начались лишь в последние два десятка лет (Конышев, 1988, Компаниец, 1998 г.; Никифорович, 2000 г., Цыкин, 2000 г., Сердюк, Ояберь, 2002 г.). В группе экзогенных формаций выделены: формация кор выветривания, формация элювиально-делювиальных древних россыпей, формация аллювиальных и аллювиально-кастовых современных россыпей.

Формация золотоносных кор выветривания

В настоящей работе авторами выделены 3 морфологических типа золотоносных кор выветривания: 1) площадной, 2) линейный, 3) контактово-карстовый.

Площадной тип развит по интрузивным и вулканогенно-осадочным породам и представлен гранитной «сыпучкой» в нижней части разреза и песчано-глинистыми отложениями с широким развитием каолинита и гидроокислов железа на верхних горизонтах. Мощность таких отложений варьирует от первых метров до первых десятков метров.

Линейные коры выветривания развиты в приконтактовой зоне гранитоидных массивов с карбонатными породами и в зонах разрывных нарушений среди закарстованных карбонатных пород. Представлены они пестроокрашенными глинами с обломками пород различного петрографического состава, преимущественно, известняками. Рыхлые отложения образуют линзовидные тела, вытянутые вдоль контактов известняков и алюмосиликатных пород или вдоль тектонических зон. Глинистая масса коры выветривания этого типа представлена смесью гидрослюд, гидрохлорита и каолинита. Кроме того, в них установлены значительные скопления охр и бурых железняков, слагающих линзовидные тела и приуроченных к границам раздела алюмосиликатных пород различного состава.

Контактово-карстовые коры выветривания представлены перемещенными продуктами химического преобразования в карстовых депрессиях. Продукты переотложения, развитые в контактово-карстовых зонах, представлены коричневато-бурой суглинистой или дресвяно-суглинистой массой, в которой преобладает пелитовый базис гидрослюдисто-каолинитового состава с гидроокислами железа.

По минеральному составу преобладают коры выветривания каолинового, каолинит-гидрослюдистого типов и окисленных сульфидных руд.

По условиям залегания выделены остаточный и переотложенный типы кор выветривания.

Остаточный тип кор выветривания пользуется на площади рудного района площадным распространением и имеет отчетливо выраженную вертикальную зональность. Наиболее полный профиль этого типа кор выветривания сохранился в пределах Каспинской и Нижнечинжебинской депрессий.

Мощность остаточной коры выветривания варьирует от первых метров до 40-50 м, к настоящему времени они сохранились в виде небольших маломощных останцов (в плане) в тех местах, где присутствует мощный чехол вышележащих осадков, предохранивших их от размыва. Наиболее мощные остаточные коры выветривания развиваются по диоритам, туфам порфиритов и туфогенным породам, глинистым сланцам и аргиллитам. Для этого типа характерной особенностью является в разной степени сохранившаяся структура исходных материнских пород.

Вещественный состав кор выветривания этого типа представлен интенсивно лимонитизированными красными, бурыми, коричневыми, желтыми и белыми глинами, часто содержащими железистые и марганцевые конкреции. Глины приурочены к реликтам древней поверхности выравнивания и залегают в карстовых депрессиях, развитых преимущественно на карбонатных палеозойских или протерозойских отложениях.

Кора выветривания остаточного типа вскрыта практически на всех известных золоторудных объектах, приуроченных к зоне контакта гранитоидов ольховского комплекса с породами чибижекской, осиновской, балахтисонской, китатской и павловской свит. Для остаточных кор выветривания характерны повышенные статистические параметры распределения золота и корреляционные связи с халькофильными элементами. Наиболее значимый в промышленном отношении горизонт локализуется в основании профиля выветривания.

Переотложенные коры выветривания представлены скоплениями элювиально-делювиальных, делювиальных, делювиально-пролювиальных образований, возникших путем переотложения продуктов коры выветривания по склонам возвышенностей и у их подножия. Кроме этого, они выполняют впадины древнего рельефа и системы карстовых воронок различных размеров. Представлены они обычно ярко окрашенными (красными, желтыми) глинами с редкими обломками наиболее стойких к выветриванию пород - лидитов, кварцитов, железистых конкреций, оолитами псиломелана и обломками каменистых бокситов. Средняя мощность переотложенной КХВ составляет 5-10 м, а максимальная - 15-140 м.

Минералогический состав глин переотложенной коры выветривания достаточно разнообразен: от монтмориллонит-каолинитового в нижней части разреза до каолинитового с гидроокислами железа в верхней части.

Накопленный к настоящему времени материал по исследованиям объектов экзогенных формаций в Ольховско-Чибижекском районе и на сопредельных территориях позволяет выделить формацию золотоносных кор выветривания с двумя типами - ольховским и мурзинским.

Ольховский тип золотоносных кор выветривания развит на одноименном месторождении первичных золото-кварц-сульфидных руд. Руды данного типа объектов представлены золотоносными бурыми железняками с кварцевыми и сульфидными сыпучками в дресвяно-глинистой массе коры выветривания.

Наиболее полный разрез золотоносной коры выветривания Ольховского месторождения (Тимофеевский, 1941 г.) имеет следующий вид (снизу вверх):

- слабо обохренные сульфидные руды;
- сажистые руды, сложенные смесью полуокисленных сульфидов с черным рыхлым мельниковитом, землистым ковеллином, сульфатами железа и меди;
- глинисто-лимонитовые и лимонитовые (бурожелезняковые) руды, представленные рыхлыми скоплениями гидроокислов железа в глинистом материале;
- глинистые руды, представленные обломками различных пород, сцементированных песчано-глинистым материалом красно-бурого, желтого цвета.

Наиболее богатыми содержаниями золота характеризуются лимонитовые, сажистые руды и кварцевые сыпучки - в них содержание золота в 1,5-2 раза превышает таковое в первичных рудах. Глинистые руды содержат золото в меньших количествах, чем в первичных сульфидных рудах.

Мурзинский металлогенический тип золото-марганценосных кор выветривания (золотоносная окисно-марганцевая формация) выделен в Ольховско-Чибижекском районе по аналогии с эталонным Мурзинским месторождением золото-марганценосных кор выветривания на северо-западе Алтая.

Реальным аналогом объектов мурзинского типа в Ольховско-Чибижекском районе может рассматриваться Сейбинское месторождение золотоносных окисно-марганцевых руд и группа пространственно сближенных подобных проявлений марганца.

Обобщенный разрез Мурзинского месторождения золото-марганценосных кор выветривания имеет следующий вид (снизу вверх):

- скарны выветрелые с халькопиритом, содержание золота 28-153 мг/м³;
- элювий окварцованной зоны, содержание золота 260-700 мг/м³;
- темно-серый, неравномерно пропитанный марганцем элювий, содержание золота 7-384 мг/м³;
- максимально марганценосный глинистый элювий (MnO до 9,5%), содержание золота до 2500 мг/м³;
- красноцветный глинистый элювий, содержание золота 3-137 мг/м³;
- интенсивно осветленная до белых глин порода, содержание золота 19 мг/м³.

Валунчато-глинистые золотоносные КХВ ольховского типа изучались авторами по шурфоскважинам № 5008 и № 5009, пройденными Артемовской ГРП в пределах Ольховского рудного поля на участках 15-й и Тинсук-Котой (Сердюк и др., 2002 г.).

Полученные данные показали, что отложения валунчато-глинистых образований состоят из трех основных зон. Верхняя зона имеет мощность от 2 до 4 м и представлена дресвой, щебнем и гравием частично выветрелых известняков, а также обломками окварцованных пород, сцементированных коричневой глиной (85-90%).

Средняя, промежуточная, зона сложена пластичной бурой глиной с неокатанными обломками светло-серых и черных известняков, иногда встречаются глыбы светлого кварца. С глубины 7-12 м лимонитизация проявляется более интенсивно, отмечаются гнезда лимонитов вместе с дресвой диоритов. В нижней части зоны изредка встречаются обломки невыветрелых известняков.

Нижняя, продуктивная, зона сложена интенсивно выветрелыми каолинизированными диоритами, крупными и в различной степени полуокатанными обломками выветрелых известняков, а также мелкими обломками бурых железняков. По всей мощности нижней зоны интенсивно проявляется омарганцевание. Количество обломочного материала в продуктивной зоне с глубиной увеличивается и в нижней части разреза достигает 40-50%, против 10-15% в верхней зоне.

Содержание золота в верхней зоне, по данным пробирного анализа, варьирует от 0,1-0,9 г/т, в промежуточной зоне 0,1-0,4 г/т и в продуктивной зоне 0,2-4,0 г/т. Среднее содержание золота в продуктивном горизонте по шурфоскважине № 5008 - 1,54 г/т, по шурфоскважине № 5009 - 1,23 г/т. Продуктивный горизонт по обеим шурфоскважинам находится в интервалах глубин соответственно 19,0-23,0 и 2,5-12,0 м, мощность горизонтов 4,0 м и 9,4 м. Очевидно, что золото распределено по всей мощности отложений, но концентрируется в основании толщи, образуя промышленные залежи.

Содержания золота в коре выветривания, в целом, находятся в прямой зависимости от количества обломков, представленных лимонитами и псевдоморфозами гематита по сульфидным рудам. В них концентрация золота, по данным пробирного анализа, варьирует от 1,4 до 13,0 г/т, составляя в среднем 6,0 г/т.

Формы нахождения золота в корах выветривания Ольховско-Чибижекского района изучались сотрудниками ЦНИГРИ (Конышев и др., 1988 г.) путем последовательной промывки, амальгамации и цианирования исходного материала проб. По результатам исследований ориентировочно 40% металла находится в свободном состоянии и около 60% связано в агрегатах с породообразующими и рудными минералами - кварцем, пиритом, лимонитом, гематитом и глинистыми частицами.

Оценка перспектив золотоносности КХВ и выделение перспективных площадей осуществлялась нами с использованием комплекса критериев и признаков (табл. 1.8).

Формации элювиально-делювиальных древних россыпей, аллювиальных и аллювиально-карстовых современных россыпей

История добычи россыпного золота в Ольховско-Чибижекском районе началась с 30-х годов XIX века, и за весь период отработки из них было добыто около 17 тонн металла.

В районе развиты россыпи, расположенные непосредственно на поверхности древнего пенеплена и россыпи в речных долинах, врезанных в эту поверхность. Глубина вреза составляет 300-500 м. К первой группе относятся элювиально-делювиальные древние аллювиальные россыпи, ко второй группе относятся аллювиально-карстовые и аллювиальные россыпи современных долин. Вторая группа россыпей (аллювиальные), наиболее многочисленная и составляет порядка 70% от общего числа россыпей.

Древние россыпи локализуются на поверхности яруса рельефа 400-600 м, являющейся постоянной областью сноса, где они погребены под озерными и ледниковыми отложениями. При врезании современных долин в эти отложения сформировались богатые аллювиальные россыпи.

Наиболее крупные аллювиальные и аллювиально-карстовые россыпи располагаются на поверхности уровня 600-800 м, которая соответствует незавершенному пенеплену и является областью сноса. К ним относятся россыпи пойм и низких террас. На поверхности уровня 900-1200 м выявлены россыпи элювиально-делювиального типа.

Большинство россыпей к настоящему времени частично или полностью отработано, за исключением удаленных районов (Шиндинский рудный узел).

Перспективное районирование на золото

Анализ комплекса металлогенических факторов и критериев размещения оруденения в Ольховско-Чибижекском

Таблица 1.8

Прогнозно-поисковая модель формации золотоносных кор выветривания Ольховско-Чибижекского района

Элементы модели	Золотоносные коры выветривания
1. Структурно-литологические	
Литолого-(петролого)-фациальные особенности фундамента (первичные)	Вулканогенно-кремнисто-карбонатные и интрузивные породы раннего-среднего кембрия (доломиты, известняки чибижекской свиты, реже роговики осиновской свиты), диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граниты. Гидрослюдистая, каолинитовая и лимонит-каолинитовая зоны коры выветривания
Литолого-фациальные особенности коры выветривания (вторичные) Структурные	Интрузивные выступы во вмещающие породы с развитием рудоподводящих субширотных, реже СЗ нарушений и рудолокализующих СВ, субмеридиональных и субширотных крутопадающих нарушений, а также места их сопряжений
2. Метасоматические	По карбонатным породам - зоны мраморизации, окварцевания, гематитизации, графитизации и сульфидизации, по интрузивным породам - березитизация, сульфидизация
3. Магматические	Формация гранодиоритовых батолитов (ольховский комплекс) и дайки диоритовых порфиритов
4. Минералогические	Наличие лимонитов, бурых железняков, пиролюзита, псиломелана, медной зелени, халькозина, борнита, тонкого золота и его типоморфные признаки
5. Геоморфологические	Поверхность уровня 400-800 м, карстовые формы рельефа
6. Геохимические	Вторичные ореолы рассеяния Ag, As, Co, Mo, Au, реже Hg
7. Геофизические критерии	Гравитационные минимумы, скорость сейсмоволн, низкие значения электросопротивления

рудном районе и за его пределами позволил локализовать и оценить прогнозные ресурсы в пределах перспективных площадей на выявление оруденения известных и новых формационных типов (Сердюк и др., 2002 г.) (табл. 1.9).

По результатам прогнозно-минерагенического анализа выделены следующие площади, перспективные на золото: Алгаштыкская, Сисимская, Ольховско-Чибижекская, Каспинско-Сыдинская, Шиндинская, Жайминская, Баджейская, Минская, Верхне-Манская, Караганская, Кулижинская и Янгинская.

В группе наиболее перспективных выделены следующие площади: Ольховско-Чибижекская, Каспинско-Сыдинская, Сисимская.

Перспективные площади: Алгаштыкская, Шиндинская, Жайминская, Баджейская, Минская, Верхне-Манская, Караганская, Кулижинская, Янгинская.

Площади с невыясненными перспективами локализованы в Тубильском, Копском, Осиновском узлах, юго-восточной части Дербинской зоны (метасоматические кварциты), бассейне верхнего течения р. Кизир.

С экономической точки зрения наиболее рациональным направлением развития сырьевой базы золотодобычи в районе являются поиски и разведка месторождений в корах химического выветривания. В частности, удельные затраты на вовлечение в эксплуатацию золотоносных кор выветривания Ольховского рудного поля и возобновление золотодобычи на Лысогорском месторождении подземным способом при годовом производстве металла, в среднем, по 260 кг, составляют, соответственно, 80 руб./г и 375 руб./г (Сердюк и др., 2002 г., 2006 г.).

В качестве первоочередных площадей для постановки поисков месторождений золотоносных кор выветривания следует рассматривать Каспинскую мезо-кайнозойскую депрессию, среднее течение р. Сисим, верховья р. Крол, бассейн р. Сейба.

1.1.3. Таймыро-Североземельская провинция

Проблема золотоносности Таймыро-Североземельского региона - Горный Таймыр и архипелаг Северная Земля, - получила свое начало и развитие в 1972 г., после того как Мингео СССР поддержало представление сотрудников Красноярского филиала СНИИГГиМС (с 1993 г. Красноярский НИИ геологии и минерального сырья) о высоких перспективах региона на золото. С тех пор по настоящее время усилиями геологов КНИИГиМС, НИИГА, ЦАГРЭ, НПО «Севморгеология», ПГО «Красноярскгеология», ЗКГРЭ АО «Норильский комбинат» и других в пределах полуострова Таймыр и архипелага Северная Земля открыта новая Таймыро-Североземельская золотоносная провинция. В ней установлены различные геолого-промышленные типы золотоносных объектов с оцененными запасами и прогнозными ресурсами металла, выявлен ряд площадей, рассматриваемых в качестве перспективных рудно-россыпных районов (узлов, полей), проведены металлогеническое районирование и общая оценка ресурсов рудного и россыпного золота, обоснованы направления геологоразведочных работ (А.И. Забияка, И.Д. Забияка, М.Н. Злобин, С.С. Сердюк, 1971-1997 гг.; М.А. Крутоярский, Н.К Шануренко, Б.С. Васильев, В.И. Фокин, В.А. Марковский, В.Г. Кузьмин, А.А. Макарьев, В.И. Лазуренко, В.А. Шатков, А.Г. Листков, 1972-1997 гг.; А.А. Маркович, В.К. Ояберь, 1981-1997 гг.).

В начале 80-х годов на о. Большевик осуществлена первая опытная, а с 1992 г. промышленная добыча россыпного золота на реках Студеной, Лагерной, Голышева, в 1995-96 гг. была начата опытная эксплуатация на п-ове Челюскин (р. Унга).

Интегрированными усилиями геологов различных научно-исследовательских и производственных организаций в относительно короткие сроки обоснована и оценена региональная рудная и россыпная золотоносность территории и из ее недр добыт первый металл.

1.1.3.1. Геология, металлогеническое районирование и перспективная оценка

Тектоника

В основу выполненного регионального тектонического анализа положено представление о структуре региона как реально существующей системе геологических тел, находящихся между собой в определенных ранговых соотношениях. Тектоническое районирование опирается на а) исследование вертикальной неоднородности слоистой структуры региона, результатом которого явилось выделение структурно-вещественных ассоциаций различного ранга - мегакомплексов, тектонических комплексов и формаций, б) выявление латеральных соотношений в распределении структурно-вещественных подразделений, приведшее к выделению конкретных тектонических структур,

Таблица 1.9

Оценка прогнозных ресурсов рудного золота перспективных площадей Восточно-Саянской провинции (Сердюк и др., 2002 г.)

№ п/п	Перспективные площади, золотоносные формации	Площадь, км^2	Объект-аналог	Коэфф. подобия	Удельная продуктивность, т/км^2	Прогнозные ресурсы золота по категории P_3, т
1.	Алгаштыкская					
	- золотоносные КВ (ольховский тип)	360	Ольховский тип кор выветривания (КВ)	0,1	1,64	59
2.	Сисимская					
	- золото-сульфидно-кварцевая		Ольховско-Чибижекская пл.	0,5	0,16	128
	- золотоносные КВ	1600	Ольховский тип КВ	0,1	1,64	78
	- Лысанское титаномагнетитовое месторождение	475 12	Пудожгорское м-ние (Карелия)	-	-	1 крупное м-ние (экспертно) золото - 45, платиноиды - 45
3.	Ольховско-Чибижекская					
	- золото-сульфидно-кварцевая	1250	Ольховско-Чибижекская пл.	1,8	0,16	360
	- золотоносные КВ	375	Ольховский тип КВ	0,1	1,64	36,4
4.	Каспинско-Сыдинская					
	- золото-сульфидно-кварцевая	1175	Ольховско-Чибижекская пл.	0,3	0,16	56
	- золотоносные КВ	30	Ольховский тип КВ	0,5	1,64	24,6
5.	Шиндинская					
	- золото-сульфидно-кварцевая	400	Ольховско-Чибижекская пл.	0,5	0,16	32
	- золото-скарновая	250	Синюхинское м-ние			1 среднее м-ние - 10 (экспертно)
6.	Жайминская					
	- золото-сульфидно-кварцевая	300	Ольховско-Чибижекская пл.	0,5	0,16	24
	- золотоносные метасоматические кварциты	100	Многовершинное м-ние (?)			1 среднее м-ние - 10 (экспертно)
	- золотоносные КВ	75	Ольховский тип КВ	0,1	1,64	12
7.	Баджейская					
	- золото-сульфидно-кварцевая	250	Ольховско-Чибижекская пл.	0,5	0,16	20
8.	Минская					
	- золото-сульфидно-кварцевая	350	Ольховско-Чибижекская пл.	0,5	0,16	28
	- золотоносные КВ	60	Ольховский тип КВ	0,1	1,64	10
9.	Верхне-Манская					
	- золото-сульфидно-кварцевая	450	Ольховско-Чибижекская пл.	0,5	0,16	36
	- золотоносные КВ	175	Ольховский тип КВ	0,1	1,64	29
10.	Караганская					
	- золото-сульфидная	725				3 средних м-ния - 30 (экспертно)
11.	Кулижинская					
	- золото-сульфидная	275				2 средних м-ния - 20 (экспертно)
12.	Янгинская					
	- золото-сульфидная	175				1 среднее м-ние - 10 (экспертно) 12
	- золотоносные КВ	75	Ольховский тип КВ	0,1	1,64	
	Итого:					
	- золото-сульфидно-кварцевая	5775				324
	- золото-сульфидная	1175				60
	- золото-скарновая	250				10
	- золотоносные метасоматические кварциты	100				10
	- титаномагнетитовая	12				Au - 45, МПГ - 45
	- золотоносные КВ	1625				236
	Всего:	8937				Au - 685 МПГ - 45

и г) изучение их деформационной структуры, регионального метаморфизма и интрузивного магматизма (Забияка, Забияка, Верниковский, Сердюк, Злобин, 1986). Ведущими критериями для выделения и типизации комплексов явились вещественный состав, внутренняя структура геологических тел и их морфология, характеристика которой опирается на данные о мощности и ее градиентах. Стиль складчатости, особенности регионального метаморфизма и интрузивного магматизма служат в качестве дополнительных, в определенном смысле, второстепенных критериев. Существенным элементом тектонического анализа явилось исследование цикличности тектонических процессов, выраженной в региональной структуре в многопорядковой ритмичности сменяющих друг друга в вертикальном разрезе типов пород и их ассоциаций, поскольку именно она упорядочивает структуру слоистой оболочки земной коры на любом ранговом уровне.

Основа каркаса тектонической структуры региона представлена крупными элементами в ранге мегакомплексов, сформированными в результате проявления планетарных тектонических циклов. Таких мегакомплексов в разрезе Таймырского региона выделяется семь: докарельский, карельский, байкальский, каледонский, герцинский, нижнеальпийский и верхнеальпийский (табл. 1.10) . В свою очередь, они подразделяются на тектонические комплексы, которые состоят из определенного набора геологических формаций и характеризуется своими особенностями регионального метаморфизма, интрузивного магматизма и стилем дислокаций.

Специфика развития тектонических мегакомплексов обусловила основные черты их металлогенического облика, в частности, спектр типовых золотоносных формаций, интенсивность и пространственные особенности их распределения.

В Таймыро-Североземельской провинции получили развитие две группы золотоносных формаций: эндогенные (плутоногенные и метаморфогенные) и экзогенные (осадочные, коры выветривания). Они представлены месторождениями и проявлениями разнообразными по геологическим обстановкам локализации, вещественно-морфологическим параметрам, масштабам, содержанию и особенностям распределения полезного компонента, соответственно, и по промышленной значимости.

Эндогенные золоторудные формации

Эндогенное золотое оруденение представлено образованиями золото-кварцевой, золото-кварц-сульфидной, золото-сульфидной, золотоносных метасоматитов и золото-ртутной формаций плутоногенного и метаморфогенного происхождения. В эту же группу, с определенной долей условности, следует отнести золотоносные конгломераты докембрия и палеозоя, происхождение которых обусловлено полигенными и полихронными процессами седиментогенеза и метаморфизма.

Золото-кварцевая формация является одной из доминирующих в регионе и связана со становлением докарельского, карельского, байкальского и герцинского мегакомплексов. По сути имеет место группа разновозрастных золото-кварцевых формаций, исследование которых в значительной степени проведено красноярскими (А.И. Забияка, И.Д. Забияка, С.С. Сердюк 1975-1996 гг.) и норильскими (А.А. Макарьев, В.И. Лазуренко, В.Г. Кузьмин, А.Г. Листков 1980-1996 гг.) геологами.

В докарельском мегакомплексе отмечены редкие слабозолотоносные кварцевые жилы, жильные зоны, например, в верховьях р. Фаддея, где они приурочены к Фаддеевской синклинали. Мощность жил, сложенных белым мелкогранулированным кварцем варьирует от 0,2 до 2,5 м, а протяженность - от первых десятков метров до 100 м. По простиранию зона прослежена на 5 км, ее ширина составляет первые сотни метров. Пробирным анализом в кварцевых жилах установлено золото в количестве 0,2-0,4 г/т.

Образования золото-кварцевой формации карельского комплекса развиты широко, ассоциируя с золотоносными метасоматитами. Кварцевые жилы и зоны контролируются полями низкотемпературного регионального метаморфизма (зеленосланцевая фация), разломами и сложноскладчатыми зонами северо-восточного простирания.

На севере п-ова Челюскина кварцевые жилы слагают кварцево-жильные ветви - Папанинскую, Клязьминскую и Ханневичскую, структурно-связанные с Ханневичской антиклиналью. Жилы Папанинской и Ханневичской ветвей, локализованные в крыльях складки, ассоциируют с метасоматитами лиственит-березитового типа, а Клязьминская ветвь, приуроченная к ядру данной структуры, представлена только кварцевыми жилами.

В породах байкальского мегакомплекса золотоносные кварцевые жилы распространены весьма широко, слагая уникальный по размерам Челюскинский золото-кварцевый пояс, прослеженный почти на 450 км от истоков рек Шренк и Мамонта до мыса Челюскина. Он имеет свое продолжение на архипелаге Северная Земля (о. Большевик). В составе Челюскинского кварцево-жильного пояса выявлена иерархически упорядоченная система разноранговых элементов: жилы - кварцево-жильные зоны (поля) - кварцево-жильные ветви. Ветвь представляет собой линейную серию сближенных зон, а зона - линейно вытянутый пакет жил. Главными элементами пояса являются Серебрянская, Паландеровская, Вальтеровская и Жильнинская ветви, локализованные в сложноскладчатых отложениях флишоидной формации Мининско-Вальтеровской металлогенической зоны. Кварцево-жильные образования в основном локализованы в зонах зеленосланцевой фации метаморфизма (Забияка, Забияка, Сердюк и др., 1986 г) (рис. 1.9).

Кварцевые жилы Челюскинского пояса представлены соскладчатыми телами с меняющейся мощностью от первых десятков сантиметров до 1 м, реже 10 м и более. Их протяженность варьирует от первых метров до первых сотен метров, реже до 1 км. По составу среди них выделяются кварцевые, карбонат-кварцевые и полевошпат-кварцевые, реже - хлорит- и мусковит-кварцевые. Жилы обычно несут убогую вкрапленность и гнездовые скопления сульфидов: пирит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, галенит и другие.

Распределение золота в жилах, зонах, ветвях и в Челюскинском поясе в целом крайне неравномерное. Наиболее характерные особенности золотоносности кварцево-жильных образований представлены на рудопроявлениях Челюскинском и Жильнинском. На Челюскинском проявлении по результатам анализа почти 600 проб в 30% из них установлено золото при ведущим классе содержаний 0,5 г/т. Наиболее высокий уровень встречаемости (10%) золотосодержащих проб с концентрацией металла более 1 г/т определен в жилах района м. Сакко. Для района м. Челюскина и о. Зари установлены близкие параметры золотоносности при максимальной концентрации металла до 9,3 г/т. Пробность золота - 950-970‰.

В рудной зоне Жильнинского проявления геологами ПГО "Севморгеология" выделены три типа золотосодержащих ассоциаций: пирит-кварцевая, халькопиритовая и халькопирит-арсенопиритовая. Среднее содержание золота в них составляет соответственно 1,0; 5,24 и 1,24 г/т. Концентрации металла более 1 г/т отмечены в 1-3% опробованных кварцевых жил. Максимальное содержание ме-

Таблица 1.10

Тектонические комплексы и металлогеническое районирование на золото Таймыро-Североземельской провинции

Мегакомплексы	Тектонические комплексы	Осадочные и вулканогенные (метаморфические)формации	Плутонические формации (интрузивные комплексы)	Металлогеническое районирование, золотоносные формации
1	2	3	4	5
Верхний альпийский (палеоген-четвертичный)	Платформенный	Группа терригенных формаций (элювиально-делювиальная, аллювиальная, аллювиально-морская, прибрежно-морская, озерная, озерно-аллювиальная - голоцен). Терригенная материкового оледенения (сартанская). Алеврито-песчаная (каргинская). Терригенная материкового оледенения (муруктинская). Алеврито-песчаная (казанцевская). Песчано-глинисто-алевритовая (неоген-среднеплейстоценовая). Аркозовая конгломерато-алеврито-песчаная (эоцен-олигоцен)	Отсутствуют	Таймыро-Североземельская золотоносная провинция. Карская и Быррангская металлогенические области. Мининско-Вальтеровская и Чукчинско-Челюскинская металлогенические зоны. Золотоносные районы: Большевистский, Челюскинский, Нижнегольцовский, Нижнетаймырский и другие. Группа золотоносных аллювиальных, элювиально-делювиальных россыпей Формация древних красноцветных золотоносных галечников
Нижний альпийский (мезозойско-палеогеновый)	Платформенный	Формация коры выветривания (верхний мел - эоцен). Угленосная глинисто-песчаная лимническая (нижний мел). Аркозовых и кварцевых песков, песчаников (средняя юра - нижний метл, ханневичская и мухинская свиты). Аркозовая конгломерато-алеврито-песчаная (нижняя юра, кунарская свита)	Отсутствуют	Челюскинский золотоносный район Группа формаций золотоносных кор выветривания Формация золотоносных конгломератов (унгинский тип)
Герцинский	Дейтероорогенный	Формация коры выветривания (верхний триас - нижняя юра) Верхняя моласса. Трахибазальт-трахиандезит-трахитовая (220±10 млн.лет). Базальтовая (трапповая). Трахибазальтовая. Нижняя угленосная (паралическая) моласса. Известняковая (карбонатная). Известняково-доломитовая гипсоносная. Доломитовая углеродистая	Монцонит-сиенитовая ("малых интрузий"), 230 млн. лет. Габбро-долеритовая (трапповый). Гранит-граносиенитовая (лодочниковский), 197-284 млн.лет	Быррангская металлогеническая область Тарейский, Убойнинский золотоносные районы Золото-ртутная формация Формация золотоносных кор выветривания
Каледонский	Платформенный	Углеродисто-кремнисто-сланцевая (северная зона) и карбонатная (южная зона). Терригенно-карбонатная	Отсутствует	Нижнегольцовский золотоносный район Золото-сульфидная (наложенная)
Байкальский	Орогенный	Верхнемолассовая, трахибазальтовая, карбонатная (рифогенная) нижнемолассовая	Габбро-долеритовый (григорьевский)	Челюскинский золотоносный район Золотоносных конгломератов
	Геосинклинальный	Флишевая. Аспидная (зональная флишоидная андалузит-филлит-гнейсовая). Карбонатная (метаморфизованных доломитов). Базальная фалаховая (метатерригенная)	Гранитовая (мамонто-коломейцевский), 1100±50 млн. лет. Мигматит-гранитовая (харитоновский)	Мининско-Вальтеровская металлогеническая зона Большевистский, Челюскинский, Нижнетаймырский золотоносные районы Золото-кварцевая формация (Челюскинский золото-кварцевый пояс) Золото-кварц-сульфидная Золото-сульфидная
Карельский	Орогенный	Базальтовая (метабазальтовая). Риолитовая (порфировидная). Молассоидная (метапесчаников)	Габбро-долеритовая (комплекс не выделяется в связи со слабой изученностью)	Челюскинский золотоносный район Золотоносных конгломератов
	Геосинклинальный	Базальт-андезитовая (празинитовая). Аспидная (филлитовая). Карбонатная (мраморизованных доломитов). Натриевых риолитов (геллефлинтовая). Фалаховая (кварцитовая)	Гранитоидная (ждановский). Габбро-перидотитовая (кунарский). Габбро-долеритовая (быррангский)	Челюскинский, Нижнегольцовский золотоносные районы Золото-кварцевая Формация золотоносных метасоматитов березит-лиственитового ряда Золото-кварц-сульфидная (?)
Докарельский	Протогео-синклиналь-ный	Терригенная (плагиогнейсовая). Базальт-терригенно-карбонатная (амфиболито-плагиогнейсо-мраморовая). Базальтовая (амфиболитовая)	Мигматит-плагиогранитная (песцовский). Габбро-норит-перцолитовая (тревожнинский)	Формация золотоносных метасоматитов (диафторитов)

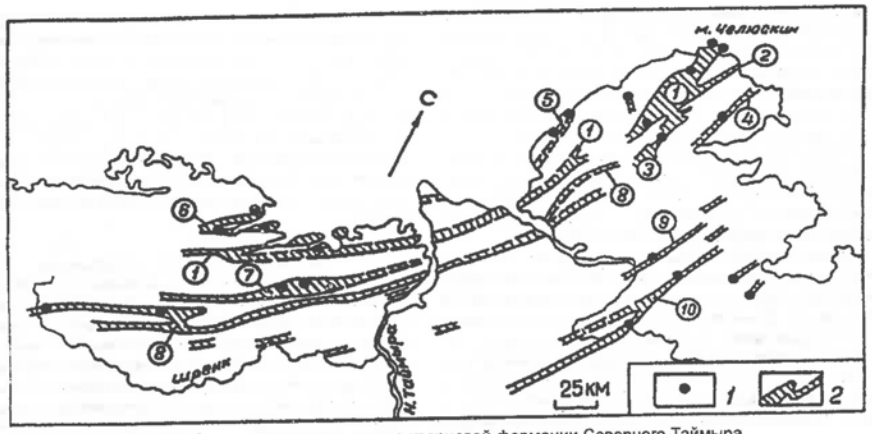


Рис. 1.9. Схема размещения золото-кварцевой формации Северного Таймыра

1 - проявления золото-кварцевой формации с концентрацией металла 1-10 г/т и более, 2 - кварцево-жильные зоны и ветви.
Цифры в кружках: 1-8 - Элементы структуры Челюскинского кварцево-жильного пояса (1 - Серебрянская ветвь, 2 - Папанинская ветвь, 3 - Клязьминская ветвь, 4 - Ханневичская ветвь, 5 - Паландеровская ветвь, 6 - Вальтеровская ветвь, 7 - Жильнинская ветвь, 8 - Мамонто-Чукчинская ветвь), 9 - Широкинская кварцево-жильная зона, 10 - Ленинградский кварцево-жильный пояс

талла достигает 60 г/т.

На о. Большевик кварцевые жилы широко развиты в породах флишоидной формации, метаморфизованной в условиях зеленосланцевой фации. По данным В.Г. Кузьмина, В.И. Лазуренко, А.Г. Листкова (1984-1996 гг.) они слагают линейные зоны, в которых формируют тела мощностью 0,15-0,4 м, нередко 2-4 м. Жилы сложены молочно-белым кварцем с небольшим количеством сульфидов (пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит). Преобладающие содержания золота - 0,1-1,0 г/т, часто встречаются также 3-5 г/т, реже 10-30 и до 200 г/т.

Золото-кварц-сульфидная формация представлена зонами кварц-сульфидных прожилков и вкрапленной сульфидной минерализации, приуроченными, как правило, к толщам, пачкам и горизонтам черных углеродистых сланцев. Промышленным аналогом данной формации является месторождение Сухой Лог в Забайкалье.

На Таймыре и о. Большевик наиболее широко зоны кварц-сульфидных прожилков развиты среди черносланцевых формаций карельского и байкальского геосинклинальных комплексов, метаморфизованных в условиях зеленосланцевой фации.

Черные сланцы фалаховой, аспидной и карбонатной формаций карельского комплекса практически повсеместно сопровождаются сульфидной прожилково-вкрапленной и кварц-сульфидной прожилковой минерализацией, составляющей до половины объема породы. Существенно прожилково-вкрапленный тип проявляется в виде вкрапленности сульфидов, нередко агрегирующейся в линзы и прожилки, ориентированные согласно сланцеватости. Сульфиды представлены преобладающим пиритом, в меньшей мере - пирротином, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом. Масштабные зоны подобных минерализованных образований выявлены на левобережье р. Ханневича, в районе оз. Трех Сестер, в бассейнах рек Ленинградской и Жданова. Протяженность зон от первых километров до 10 км, в них выявлены кварц-сульфидные залежи мощностью до 100 м и протяженностью первые сотни метров (оз.Трех Сестер, р. Жданова). Золотоносность пород данных зон относительно невелика - до 1-3 г/т.

Черносланцевые пачки аспидной и флишоидной формаций байкальского геосинклинального комплекса также вмещают вкрапленно-прожилковую кварц-сульфидную минерализацию, формирующую в различной степени выдержанные зоны, например, рудопроявления бухты Конечной, р. Кунар и о. Зари, р. Голышева. В частности, золотоносные черные сланцы на р. Кунар и о. Зари образуют пачку мощностью 100 м с содержанием золота до 9,1 г/т. На р. Голышева (Голышевское проявление) в крутопадающей пачке интенсивно пиритизированных черных сланцев выявлено содержание золота от 0,5 до 30 г/т.

Золото-сульфидная формация представлена зонами вкрапленной сульфидной минерализации в экзоконтактовых ореолах палеозойских гранитоидов лодочниковского комплекса, формирующихся при прорыве последними углеродисто-кремнисто-сланцевой формации верхнего кембрия-среднего девона.

Формация обладает первично повышенным кларком золота, которое при внедрении гранитоидных масс было мобилизовано и локализовалось в благоприятных структурных условиях до образования промышленных концентраций. Имеющиеся данные подтверждают реальность такой модели формирования золотоносных объектов. В ряде участков было установлено обогащение золотом внешней части роговиковых ореолов, особенно при наличии признаков активного гидротермально-метасоматического процесса (кварцевые жилы и прожилки, фоновое окварцевание). Содержание золота в таких случаях достигает 3,8-9,0 г/т (бассейны рек Скалистая, Каньон, Широкая).

Формация золотоносных метасоматитов широко развита на Таймыре. Метасоматиты представлены высоко-, средне- и низкотемпературными образованиями. Первые из них, приуроченные к зонам ультраметаморфизма, производными которого являются, незолотоносны. В двух других типах метасоматитов установлены разновидности с повышенной золотоносностью. Самую обширную группу составляют метасоматические образования, приуроченные к карельскому и докарельскому мегакомплексам, в которых они размещены в соответствии с зональностью регионального метаморфизма.

Наиболее изучены лиственит-березитовые метасома-

титы, локализованные в зоне хлорита, на правобережье р. Серебрянки. Они слагают крупную зону северо-восточного простирания протяженностью до 10 км при ширине до 3 км; содержание золота в метасоматитах достигает первых граммов на тонну. Пространственно к зоне тяготеют шлиховые ореолы, указывающие на золотоносность метасоматитов и их россыпеобразующую роль.

В хлоритовой зоне встречаются кварцевые альбититы, подобные обнаруженным на побережье бухты Мод, с содержанием золота - 0,2-4,2 г/т. С зонами развития альбититов связаны россыпные концентрации металла, обнаруженные в приустьевой части руч. Мод.

На Центральном Таймыре, по данным Л.В. Махлаева (1985), золотоносные березиты развиты среди кислых эффузивов рифея. Содержание золота в них достигает 4,1-12,2 г/т. В верховьях р. Мамонта, где распространены эти метасоматиты, обнаружены россыпные концентрации золота.

В палеозойских комплексах пород, особенно в ассоциации с гранитоидными массивами, также выявлен зональный ряд гидротермально-метасоматических образований - от скарноидов до кварцевых штокверков, которые обладают определенной золотоносностью и перспективами на выявление промышленно значимых объектов.

Золото-ртутная формация является наиболее типичной для Быррангской металлогенической области. Один из объектов данного типа выявлен геологами ПГО "Красноярскгеология" (Беззубцев, 1985 г.) - проявление Извилистое, входящее в состав Тарейского рудного района. Оно представлено сложным штокверком, образованным густой сетью прожилков с пиритом, арсенопиритом, реальгаром, аурипигментом, антимонитом, киноварью и другими в кварц-кальцитовом заполнителе. В плане штокверк имеет эллипсовидную форму, его размеры 600х250 м. Он разбивается на шесть рудоносных зон, приуроченных к крутопадающим зонам дробления, трещиноватости и гидротермального преобразования. Вместе с тем, отмечается четкий литологический контроль: оруденение локализовано только в пределах нижней пачки среднего ордовика, сложенной алевро-аргиллитами. Выявленный бурением вертикальный размах оруденения составляет около 100 м. Мощность рудных зон 4,0; 3,8; 5,0; 50,0; 10,0 м. Среднее содержание золота распределяется в них соответственно: 9,1 г/т (при вариациях 1,0-24,4 г/т), 1,0 г/т (1,0-3,5 г/т), 8,0 г/т (1,0-30,0 г/т), 2,3 г/т (1,0-6,0 г/т), 4,0 г/т и 2,6 г/т. Максимальное содержание составляет 42,25 г/т. Содержание золота в монофракциях антимонита - 800 г/т. Проявление Извилистое входит в состав Тайрейской рудной зоны, прослеженной в северо-восточном направлении на 7-8 км.

Имеющиеся материалы указывают на широкое развитие в Быррангской металлогенической области этого весьма перспективного типа золотого оруденения (реки Узкая, Кыйда, Траутфеттер и др.).

Анализ данных по месторождениям других регионов мира позволяет сделать вывод о высокой степени аналогии объектов «тарейского» типа с другими представителями золото-ртутной формации, эталонным примером которых является месторождение Карлин в штате Невада США.

Метаморфизованные золотоносные конгломераты, как было показано выше, в значительной мере условно отнесены к эндогенным образованиям. По сути они образуют самостоятельную группу объектов осадочно-метаморфического класса.

Интерес к представителям данного типа поддерживается, благодаря наличию таких крупных и уникальных месторождений как Витватерсранд, Тарква, Блайнд-Ривер, Сьерра-де-Жакобина (Южная Африка, Гана, Канада, Бразилия).

По результатам работ, выполненных на Таймыре сотрудниками КНИИГиМС, выявлено две наиболее перспективные разновидности золотоносных конгломератов - гематитовые и сульфидные, локализованные в формациях байкальского мегакомплекса (А.И. Забияка, И.Д. Забияка, М.Н. Злобин, С.С. Сердюк, 1978-1986 гг.).

Перспективы золотоносности гематитовых и сульфидных конгломератов весьма значительны в связи с широким их развитием в докембрийских толщах Центрального и Восточного Таймыра. Проблема золотоносных конгломератов докембрия заслуживает самостоятельного исследования.

Экзогенные золотоносные формации

Экзогенные золотоносные формации представлены россыпепроявлениями и россыпными месторождениями в мезозойских слаболитифицированных конгломератах (кунарская свита), эоценовых галечниках и гравийниках (каменский горизонт, "рыжая толща"), корах химического выветривания по металлоносным конгломератам нижней юры, современных элювиальных, аллювиальных, морских и других отложениях.

Формация золотоносных конгломератов (нижняя юра, кунарская свита) выделяется в основании разреза отложений мезозойско-кайнозойской Северо-Таймырской впадины. Достоверные выходы формации выявлены на севере п-ова Челюскина, прямые и косвенные признаки ее развития установлены в бассейнах рек Мамонта, Шренк, Чекина, Берга и других. По данным опробования редких естественных выходов пород кунарской свиты устанавливается невысокая золотоносность - 0,1-1,5 г/т, реже более. В основании разреза кунарской свиты (слаболитифицированные полимиктовые и кварцевые конгломераты, гравелиты, песчаники) местами наблюдаются реликты коры химического выветривания, с которыми могут быть связаны золотоносные элювиальные россыпи по золото-кварц-сульфидным образованиям. Золотоносные конгломераты нижней юры выполняют грабен-депрессии - локальные структуры Северо-Таймырской впадины. Наибольший интерес они представляют в случае переработки процессами палеогенового гипергенеза, которые формируют золотоносные коры химического выветривания.

Формация золотоносных россыпей коры химического выветривания (КХВ) (эоцен) развивается по металлоносным конгломератам нижней юры. Главной чертой данного типа россыпей является перемыв и ближайшее переотложение продуктов коры выветривания.

Продуктивные отложения, вмещающие концентрации россыпного золота, представлены светлыми желтыми, белыми, бурыми, зелеными и пестроцветными каолинитовыми и гидрослюдисто-каолинитовыми глинами с валунами, галькой и гравием кварца и кварцитов. При медленном режиме выноса глинисто-алевритовой составляющей обычно происходит обогащение верхней части продуктивного горизонта, появление многоярусных золотоносных пластов, что принципиально отличает месторождения типа КХВ от обычных россыпей, концентрация золота в которых происходит в нижних приплотиковых частях.

Структурами, контролирующими размещение россыпей КХВ, являются впадины типа грабен-депрессий, локализующие кору химического выветривания и продукты ее ближайшего переотложения. Среди структур подобного рода на п-ове Челюскина выделяются Серебрянско-Кунарская, Унгинская, Паландерская, Мухинская депрессии, содержащие промышленные россыпи золота. Подобные образования обнаружены также на о.Большевик, например, в междуречье Тора-Порожистая, в грабен-долинах рек Лагерной и Студеной.

Как известно, традиционным типом объектов коры химического выветривания являются месторождения, например, Куранах, Олимпиадинское, на которых корообразование развивается по эндогенному оруденению. На Таймыре признаки месторождений этого типа также имеются. На п-ове Челюскин и некоторых других пунктах реализовался иной тип - кора выветривания и связанные с ней россыпи развиты по субстрату, представляющему древнюю (раннекюрскую) ископаемую россыпь - золотоносные конгломераты кунарской свиты.

Формация золотоносных галечников и гравийников (эоцен) охватывает на Таймыре проявления, локализованные в каменском горизонте ("рыжей" толще). По данным Б.С. Васильева, В.И. Фокина, А.Ф. Хапилина в разрезах по р. Шренк выявлена "рыжая" толща, представленная полимиктовыми галечниками яркого кирпично-желтого "рыжего" цвета с гравийно-песчаным заполнителем, которая коррелируется с подобными отложениями р. Мамонта, правобережья р. Н. Таймыра. Можно полагать, что эти отложения, имеющие устойчивую мощность (5,0-8,4 м), широко развиты в пределах Шренковской депрессии и, вероятно, всей Северо-Таймырской мезозойско-кайнозойской впадины.

Установлено почти повсеместное присутствие в описываемом горизонте золота с содержаниями от знаковых до весовых (50-260 мг/м³). В долине р. Шренк выходы "рыжей" толщи неизменно сопровождаются шлиховыми ореолами с весовыми содержаниями металла, достигающими местами 2,5 г/м³.

Формация золотоносных аллювиальных россыпей представлена концентрациями золота, связанными с современной гидросетью п-ова Таймыр и о. Большевик, формирование которой началось, как полагает большинство исследователей, не раньше поздней фазы сартанского оледенения. В связи с этим разработка речных долин и накопление больших масс аллювия протекали в относительно "пассивном" режиме. Наиболее благоприятные условия формирования аллювиальных россыпей создаются в тех случаях, когда размыву подвергаются образования золотоносных мезозойской и палеогеновой кор химического выветривания и продуктов их ближайшего переотложения (Кузьмин, 1989; Забияка, 1986; Шануренко, 1984; Ояберь, 1988-1990; Сердюк, 1989-1991).

На Таймыре аллювиальные россыпи в подобной обстановке выявлены на реках Кунар, Серебрянка, Ханневича, Мамонта и других.

Более широко аллювиальные (долинные, русловые) россыпи развиты на о. Большевик, где они образуют крупный золоторосыпной район (рис. 1.10). В нем выделяются россыпи рек Каменка, Тора, Нора, Лагерная, Скалистая, Голышева, Студеная, Книжная, ручьев Загадка и Ковалева. Некоторые данные указывают на то, что здесь, как и в материковой части золотоносной провинции, формирование долинных россыпей произошло за счет более интенсивного размыва древних кор выветривания. Параметрические характеристики аллювиальных россыпей: длина - километры - десятки километров, золотоносный пласт (средняя мощность 1-2,8 м) обычно расположен в приплотиковой части аллювия, среднее содержание золота варьирует от 0,5-2,26 г/м³, достигая местами 4-20 г/м³ и более. Продуктивность россыпей изменяется от первых десятков до 1 800 кг/км.

Формация золотоносных морских россыпей изучена слабее других и ее значение в балансе россыпной золотоносности провинции еще во многом неясно. Признаки существования россыпных концентраций, связанных с абразионной и аккумулятивной деятельностью морей, омывающих п-ов Таймыр и архипелаг Северная Земля, установлены, но масштабы их развития достоверно не оценены. В частности, установлена золотоносность прибрежно-морских отложений бухты Паландера, приустьевой части р. Унга.

Металлогеническое районирование

Исследование металлогенических факторов и критериев размещения коренной и россыпной золотоносности является базовым для металлогенического районирования, обоснования перспективности территории и ее прогнозной оценки. В соответствии с рекомендациями ряда исследователей (Ю.А. Билибин, 1974; Я.Н. Белевцев и др., 1964; В.С. Кормилицин, П.А. Строна, 1971; А.Д. Щеглов, 1976; и др.), в основу металлогенического районирования положен структурно-формационный подход, в соответствии с которым образование рудных (эндогенных и экзогенных) месторождений закономерно связано с общим геотектоническим процессом развития подвижных зон и про-

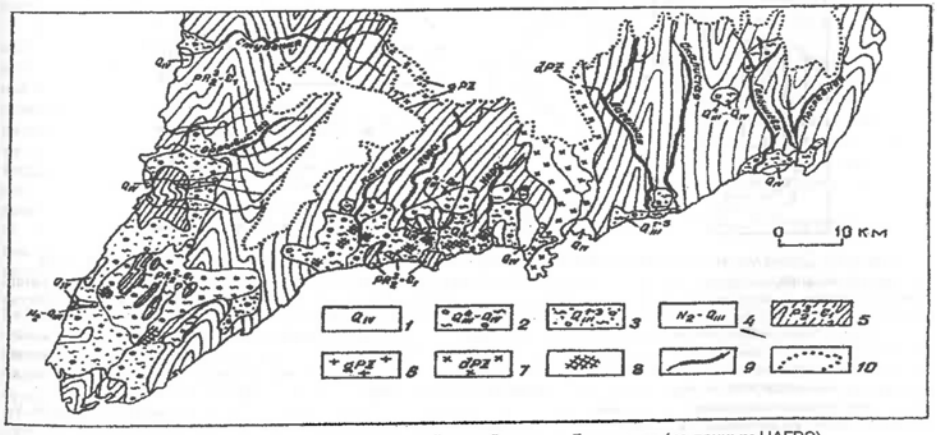


Рис. 1.10. Схема золотоносных россыпей южной части о. Большевик (по данным ЦАГРЭ)

1-5 - осадочные формации: 1 - континентальная галечно-песчаная, 2 - континентальная галечно-глинистая, 3 - континентальная и морская галечно-песчано-глинистая, 4 - континентальная и морская песчано-глинистая, 5 - морская флишоидная глинисто-песчаная; 6-7 - североземельский интрузивный комплекс: 6 - граниты, 7 - диориты; 8 - кора выветривания песчано-глинистая (T_3 - I_1); 9 - золотоносные россыпи; 10 - границы ледников

исходит при реализации факторов осадконакопления, вулканизма, интрузивного магматизма и метаморфизма. Внутренняя неоднородность геосинклинальных и платформенных областей, а также слагающих их комплексов, обусловленная перечисленными факторами, и определяет металлогеническую специфику (зональность) этих структур.

В пределах Таймырского региона, в целом представляющего Таймырскую (Таймыро-Североземельскую) металлогеническую провинцию, выделяются две металлогенические области- Карская и Бырангская. Их специализация определяется особенностями развития соответственно докембрийских и палеозойско-мезозойских структур (рис. 1.11).

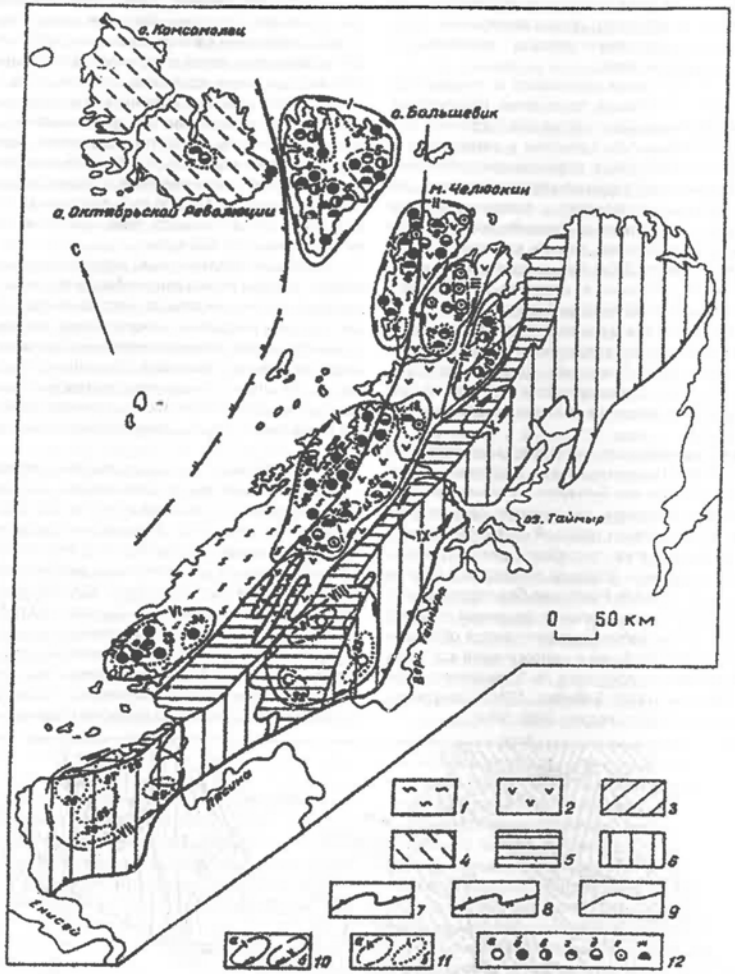


Рис. 1.11. Схема металлогенического районирования Таймыро-Североземельской золотоносной провинции

1-3 - Карская металлогеническая область: 1 - Мининско-Вальтеровская металлогеническая зона, 2 - Чукчинско-Челюскинская металлогеническая зона, 3 - Фаддеевская металлогеническая зона; 4 - Североземельская металлогеническая область; 5-6 - Быррангская металлогеническая область: 5 - Северобыррангская металлогеническая зона, 6 - Южнобыррангская металлогеническая зона; 7 - южная граница Таймыро-Североземельской золотоносной провинции; 8 - границы металлогенических областей; 9 - границы металлогенических зон; 10 - границы рудных (рудно-россыпных районов): а - установленных, б - прогнозируемых; 12 - рудные формации (месторождения, проявления): а - золото-ртутная, б - золото-кварцевая, в - золото-сульфидно-кварцевая, г - золото-сульфидная, д - золотоносных метасоматитов, е - золотоносных метаморфизованных конгломератов, ж - золотоносных россыпей.

Рудные (рудно-россыпные) районы: I - Большевистский, II - Челюскинский, III - Нижнегольцовский, IV - Гольцовско-Ленинградский, V - Нижнетаймырский, VI - Мининский, VII - Убойнинский, VIII - Тарейский, IX - Энгельгардтовский, X - Траутфеттерский. Рудные (рудно-россыпные) узлы, зоны и площади: 1 - Ушаковская, 2 - Ахматовская, 3 - Туманинская, 4 - Студенинский, 5 - Тора-Каменский, 6 - Голышевский, 7 - Нижнесе-ребрянский, 8 - Серебрянско-Кунарский, 9 - Унгинский, 10 - Паландерский, 11 - Маргинская, 12 - Заборский, 13 - Каменский, 14 - Трехсестерский, 15 - Верхнеленинградский, 16 - Чекинская, 17 - Малиновская, 18 - Быстринская, 19 - Коломейцевский, 20 - Верхнемамонтовский, 21 - Мамонтовский, 22 - Шренковский, 23 - Конечнинский, 24 - Тамарагский, 25 - Убойнинский, 26 - Нижнеубойнинский, 27 - Новоморжовский, 28 - Макаровский, 29 - Пясинский, 30 - Сырадасайский, 31 - Северотарейский, 32 - Южнотарейский, 33 - Кыйдинский

Карская металлогеническая область состоит из трех металлогенических зон: Чукчинско-Челюскинской, Фаддеевской и Мининско-Вальтеровской, которые совпадают с наиболее крупными структурно-формационными единицами карельской и байкальской геосинклиналей - Чукчинско-Челюскинской эвгеосинклиналью и Фаддеевской миогеосинклиналью карелид, а также Мининско-Вальтеровской миогеосинклиналью байкальского геосинклинального прогиба. Металлогенический потенциал Карской области составляет 61,1% ресурсов коренного золота и содержит практически все золотороссыпные ресурсы Таймырской провинции, составляющие 18% от суммарного объема ресурсов золота региона.

Чукчинско-Челюскинская металлогеническая зона протягивается примерно на 700 км от Пясинского залива до м. Челюскин; ее ширина составляет 60-90 км. С юга она ограничена Фаддеевской и Северобыррангской металлогеническими зонами, а с севера контактирует по Пограничному разлому с Мининско-Вальтеровской металлогенической зоной. Разрез стратифицированных образований, слагающих Чукчинско-Челюскинскую металлогеническую зону, представлен формациями карельского геосинклинального и орогенного комплексов (челюскинская и чукчинская серий). В строении комплексов существенная роль принадлежит толщам основных, средних и кислых вулканитов, а также карбонатных и терригенных пород, метаморфизованных в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фации. Эти черты геологического строения в значительной мере определили металлогеническую специализацию комплексов Чукчинско-Челюскинской зоны на золото, вольфрам, молибден, платину, хромиты и полиметаллы. Отличительная особенность характеризуемой зоны заключается в широком развитии в ее пределах разнообразных эндогенных и экзогенных проявлений золота, относимых к следующим формациям: золото-кварц-сульфидной, золотоносных метасоматитов, золото-сульфидной, золото-кварцевой, золотоносных конгломератов, а также разнообразных формаций золотоносных конгломератов, в также разнообразных формаций золотоносных конгломератов, а также разнообразных формаций золотоносных россыпей- аллювиальных, коры химического выветривания, ложковых и других, закономерно связанных с эндогенной металлоносностью зоны.

Фаддеевская металлогеническая зона, контактирующая с Чукчинско-Челюскинской и Северобыррангской зонами, имеет протяженность более 200 км при максимальной ширине до 50 км. Набор слагающих ее отложений представлен, в основном, терригенными и карбонатными образованиями, пронизанными широко развитыми силлами метадолеритов. Особенности геологического строения Фаддеевской зоны предопределили действие металлогенических факторов, приведших к формированию специализации зоны на золото, железо, свинец, цинк и серебро (?). В числе золоторудных формаций определяющими является золото- кварц-сульфидная, в несколько меньшей степени- золотоносных конгломератов.

Мининско-Вальтеровская зона по пространственным параметрам близка Чукчинско-Челюскинской, но резко отличается от нее характером отложений, слагающим одноименную миогеосинклинальную зону и представленных преимущественно породами аспидной и флишевой формации, испытавших зональный региональный метаморфизм вплоть до ультраметаморфизма и гранитизации. Эти особенности, в свою очередь, предопределили локализацию в пределах зоны уникального по масштабам золотоносного Челюскинского кварцево-жильного пояса, сопряженного с Харитоновским поясом ультраметаморфитов и ультраметагенных гранитоидов. Металлогеническая специализация Мининско-Вальтеровской зоны в связи с этой особенностью имеет отчетливую зональность, в соответствии с которой в пределах зоны можно выделить две подзоны: Харитоновскую и Мининско-Челюскинскую, характеризующихся специфическими чертами металлогении. Так, например, Харитоновская подзона отличается широким развитием палингенно-метасоматических слюдоносных и редкометальных пегматитов, графитовых гнейсов, появление которых обусловлено областью развития высоких ступеней метаморфизма. Эти особенности металлогенической специализации позволили выделить эту часть Харитоновской подзоны в качестве Бирулинского рудного района. Мининско-Челюскинская подзона, напротив, характеризуется широким развитием в породах флишоидной и аспидной формаций, образований золото-кварцевой рудной формации (метаморфогенно-гидротермальный тип), слагающей Челюскинский кварцево-жильный пояс. С образованиями пояса нередко пространственно сближены проявления золото-кварц-сульфидной формации, а с терригенными породами основания байкальского комплекса (фалаховая формация) связаны проявления формации золотоносных конгломератов.

Закономерности размещение коренных проявлений золота, особенно, структура золотоносных кварцево-жильных зон и ветвей Челюскинского пояса, определяют локализацию золоторосыпных полей, узлов и зон, формировавшихся в процессе становления нижнего и верхнего альпийских платформенных комплексов.

Быррангская металлогеническая область подразделяется на две металлогенических зоны: Северобыррангскую и Южнобыррангскую. Выделенные зоны территориально совпадают с областями развития соответственно сложнодислоцированных образований каледонского комплекса и областями формирования герцинского дейтероогенного комплекса. Главный чертой Быррангской металлогенической области является широкое развитие в ее пределах образований золото-ртутной формации, единственной развитой здесь из группы золоторудных проявлений Таймырской провинции. Прогнозные ресурсы коренного золота Быррангской металлогенической области составляют почти 21% всех ресурсов золота провинции.

Северобыррангская металлогеническая зона протягивается почти на 850 км от Енисейского залива до залива Фаддея, охватывая интенсивно дислоцированные образования каледонского комплекса. В его составе развиты преимущественно терригенно-карбонатные образования (формации): терригенно-карбонатная (венд-среднекембрийская), углеродисто-кремнисто-сланцевая и известняково-доломитовая (верхний силур-средний девон), известняково-доломитовая гипсоносная (верхний силур-верхний девон) и латеритной коры выветривания (верхний девон-нижний карбон).

Основными характеристиками, определяющими металлогеническую специализацию зоны, являются ареалы сопряжения интрузий "пестрого" состава с углеродисто-глинисто-карбонатными отложениями нижнего-верхнего палеозоя и полями разрывных нарушений субмеридионального или субширотного простирания, что в комплексе создает весьма благоприятные предпосылки для локализации высокоперспективного типа оруденения золото-ртутной формации. Здесь, по нашему мнению, развиты типичные представители этой формации - месторождение Извилистое и другие проявления минерализации, шлиховые ореолы киновари, реальгара, аурипигмента и сопряженного с ними мелкого золота.

Южнобыррангская металлогеническая зона слагает

южную часть Таймырской провинции, охватывая образования герцинского дейтерогенного комплекса. В составе комплекса выделены формации: известняковая рифовая (нижний-средний карбон), алеврито-песчаная (нижняя моласса, средний карбон-нижняя пермь), паралическая угленосная (угленосная моласса, нижняя-средняя пермь), трахибазальтовая (верхняя пермь-нижний триас) базальтовая (нижний триас), трахитовая (нижний триас), песчано-алевритовая (верхняя-пермь-нижний триас) и коры выветривания (верхний триас-нижняя юра). В исследуемом районе весьма локально развиты образования первых четырех и последней формации, остальные же развиты за пределами района.

Металлогеническая специализация зоны определяется интенсивно проявленным базальтовым магматизмом и интрузивным комплексом "пестрого" состава, с которыми огранично связаны медно-никелевое, полиметаллическое и золото-ртутное оруденения. Образования золото-ртутной формации представлены в пределах зоны весьма широко, но слабо изучены. Одним из вероятных и перспективных представителей данного формационного типа, развитых в пределах зоны, является Убойнинское месторождение и группа проявлений района р. Кыды (р. Узкая) и другие, пока еще менее изученные проявления.

В рамках охарактеризованных металлогенических областей и зон по особенностям геологического строения и анализу региональных и локальных металлогенических факторов и критериев, обособляется целый ряд разноранговых рудных (рудно-россыпных) объектов - районов, узлов (зон) и полей, в отдельных случаях площадей, не имеющих пока четкого ограничения (см. рис. 1.11).

Исследуемая территория полностью охватывает пять выделенных рудно-россыпных районов: Большевистский, Челюскинский, Нижнегольцовский, Гольцовско-Ленинградский, Нижнетаймырский и Тарейский, в пределах которых выделены рудные узлы и поля.

Перспективная оценка

Прогнозная оценка золотоносности исследованной территории Северного Таймыра проводилась по методическим рекомендациям, предложенным ЦНИГРИ для оценки прогнозных ресурсов коренных и россыпных месторождений благородных металлов, в том числе золота, в 1986 г., 2002 г. Основополагающим и практически единственным принципом количественного прогнозирования ресурсов полезных ископаемых на сегодняшний день является принцип подобия (аналогии) геологических обстановок нахождения оруденения, имеющий предсказательную силу.

Оценка прогнозных ресурсов коренной (эндогенной) и россыпной золотоносности производилось по категории P_3 (Сердюк и др.,1991 г). Базировалась она на металлогеническом районировании Таймырской провинции, которое, в свою очередь, опиралось на данные анализа металлогенических факторов и критериев, материалы геолого-съемочных работ масштаба 1:200 000, специализированных на золото поисковых и тематических работ. Для отдельных, наиболее изученных поисковыми работами территорий, привлекались данные по оценке прогнозных ресурсов по категориям P_1, P_2, и P_3, выполненные ранее геологами ПГО "Красноярскгеология", ПГО "Севморгеология" и автором (Сердюк, 1991 г., 2002 г., 2004).

Анализ структуры прогнозных ресурсов, вероятно, целесообразно провести в системе выделенных объектов металлогенического районирования - золоторудных (россыпных) формаций, рудных (рудно-россыпных) узлов, районов, металлогенических областей, провинции в целом (табл. 1.11).

Исследование структуры прогнозных ресурсов коренного и россыпного золота Таймырской провинции показывает, что в ее пределах металлогенический потенциал распределен резко неравномерно. Так, в докембрийской Карской металлогенической области содержится 79,1% всех прогнозных ресурсов золота, а палеозойско-мезазойской Быррангской металлогенической области сконцентрированы оставшиеся 20,9% ресурсов. Существенно еще и то, что в Быррангской области весь потенциал сосредоточен в коренном золоте (золото-ртутная формация), а в Карской провинции прогнозные ресурсы распределились между коренным и россыпным золотом соответственно 61,1 и 18% или в соотношении 3:1. Структура прогнозных ресурсов коренного золота Карской металлогенической области показывает преобладание оруденения золото-кварцевой формации (37,1% общих прогнозных ресурсов провинции), оруденение развито в последовательно уменьшающейся степени- золото- кварц-сульфидной формации (9,5%), золото-сульфидной (6,1%), золотоносных метасоматитов (6,2%) и докембрийских золотоносных конгломератов (2,2%).

Структура прогнозных ресурсов россыпного золота Карской металлогенической области более проста и однородна, возможно в силу недостаточной изученности россыпной золотоносности. Определяющими являются два формационных типа россыпей: коры химического выветривания и аллювиальные, концентрирующие соответственно 7,6 и 6,1% прогнозных ресурсов, а нижнеюрские золотоносные конгломераты содержат, согласно проведенной оценке, 4,3% металлогенического потенциала золота региона.

Исследование закономерностей концентрации прогнозных ресурсов в выделенных металлогенических подразделениях - районах, узлах, преследует цель выявить пространственные неоднородности распределения металлогенического потенциала коренного и россыпного золота и, одновременно, провести их сравнительную перспективную оценку и прогнозное районирование.

Сравнительный анализ прогнозных ресурсов золота рудных (рудно-россыпных) районов показывает, что по их величине районы располагаются в следующей последовательности: Челюскинский (содержит 28,5% всех прогнозных ресурсов Таймырской провинции), Нижнетаймырский (23,4%), Нижнегольцовский (11,6%), Тарейский (11,4%), Гольцовско-Ленинградский (10,4%), Убойнинский (5,7%), Мининский (5,2%), Энгельгардовский (2,3%) и Траутфеттерский (1,5%). Анализ этой последовательности позволяет подразделить составляющие ее районы на 3 группы.

В первой группе представлены два наиболее перспективных рудно-россыпных района - Челюскинской и Нижнетаймырской, металлогенический потенциал которых составляют в сумме почти 52% ресурсов золота Таймырской провинции. Потенциал каждого из них в отдельности, как минимум, 2-3 раза выше чем остальных районов. Дополнительно отметим важное обстоятельство, заключающееся в том, что площадь Челюскинского района почти вдвое меньше Нижнетаймырского. С учетом этого фактора плотность потенциального оруденения в Челюскинском районе собственно также вдвое выше, чем в Нижнетаймырском.

Вторая группа охватывает Нижнегольцовский, Тарейский, Гольцовско-Ленинградский районы с суммарным потенциалом прогнозных ресурсов 33,4% (от всех ресурсов Таймырской провинции). В этой группе следует обратить внимание на Тарейский рудный район, являющийся наиболее интересным и относительно изученным объектом, представляющим новый нетрадиционный золото-ртутный тип оруденения.

Третья группа состоит из Убойнинского, Мининского, Энглельгардтовского и Траутфеттерского районов. Прогно-

Таблица 1.11

Структура прогнозных ресурсов золота Таймырской металлогенической провинции

Металлогеническая провинция, область, зона; рудный (рудно-россыпной, россыпной) район, узел, поле	Рудные и россыпные формации	Прогнозные ресурсы по кат. P_3, т
1	2	3
ТАЙМЫРСКАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ ПРОВИНЦИЯ	Всего в том числе: рудные россыпные	1836,5 1514,0 322,5
КАРСКАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ ОБЛАСТЬ (Мининско-Вальтеровская, Чукчинско-Челюскинская и Фаддеевская металлогенические зоны)	Всего Всего рудные Всего россыпные	1452,5 1130,0 322,5
1. Челюскинский рудно-россыпной район	**Всего** **Всего рудные** **Всего россыпные**	**519,3** **352,0** **167,3**
1.1. Серебрянско-Кунарский рудно-россыпной узел	Всего Всего рудные Всего россыпные В т.ч. : золото-кварцевая Золото-сульфидно-кварцевая Золотоносных метасоматитов Золотоносных россыпей КХВ Золотоносных конгломератов (нижняя юра) Золотоносных аллювиальных	261,2 139,0 122,2 74,0 25,0 40,0 37,2 70,0 (в т.ч. P_1 - 26,36; P_2 - 9,92) 15,0 (в т.ч. P_1 - 2,5)
1.2. Нижнесеребрянский рудно-россыпной узел	Всего Всего рудные (золото-кварцевая) Всего россыпные В т.ч.: золотоносных конгломератов (нижняя юра) золотоносных россыпей КХВ	66,4 60,0 6,4 2,0 4,4
1.3. Унгинский рудно-россыпной узел	Всего Всего рудные Всего россыпные В т.ч. : золото-кварцевая Золотоносных метасоматитов Золотоносных россыпей КХВ Золотоносных аллювиальных	39,2 29,0 10,2 23,0 6,0 8,2 (в т.ч. P_1 - 2,09) 2,0 (в т.ч. P_1 - 0,05)
1.4. Паландерский рудно-россыпной узел	Всего Всего рудные Всего россыпные В т.ч. : золото-кварцевая Золото-сульфидно-кварцевая Золотоносных россыпей КХВ Золотоносных аллювиальных	49,9 40,0 9,9 29,0 11,0 9,0 0,9
1.5. Маргинская рудно-россыпная зона	Всего Всего рудные (золото-кварцевая) Всего россыпные В т.ч.: золотоносных россыпей КХВ золотоносных аллювиальных	42,9 34,0 8,9 7,0 1,9
1.1.1. Ханневичское рудно-россыпное поле	Всего Всего рудные Всего россыпные (аллювиальных россыпей)	47,26 47,0 0,26 (P_1)
1.1.2. Усть-Ханневичское россыпное поле	Всего россыпные (золотоносных конгломератов, нижняя юра)	8,0
1.1.3. Лаптевское рудное поле	Всего рудные (золотоносных докембрийских конгломератов)	3,0
2. Нижнегольцовский россыпной район	**Всего** Всего рудные Всего россыпные	**213,1** 170,0 43,1
2.1. Каменский рудно-россыпной узел	Всего Всего рудные Всего россыпные В т.ч.: золото-кварцевая Золото-сульфидная Золотоносных аллювиальных Золотоносных россыпей КХВ	131,4 119,0 12,4 29,0 90,0 11,9 0,5

Продолжение таблицы 1.11

1	2	3
2.2. Заборский рудно-россыпной узел	Всего	81,7
	Всего рудные	51,0
	Всего россыпные (золотоносных россыпей КХВ)	30,7
	В т.ч.: золотоносных докембрийских конгломератов	25,0
	Золото-сульфидная	22,0
	Золотоносных метасоматитов	4,0
3. Гольцовско-Ленинградский рудно-россыпной район	**Всего**	**193,3**
	Всего рудные	**174,0**
	Всего россыпные	**19,3**
3.1. Трехсестерский рудный узел	Всего рудные	72,0
	В т.ч.: золото-кварцевая	23,0
	золото-сульфидно-кварцевая	38,0
	золотоносных докембрийских конгломератов	11,0
3.2. Верхнеленинградский рудно-россыпной узел	Всего	121,3
	Всего рудные	102,0
	Всего россыпные	19,3 (в т.ч. P_1 - 3,65; P_2 - 6,55)
	(золотоносных аллювиальных)	
	В т.ч.: золото-кварцевая	47,0
	Золото-сульфидно-кварцевая	47,0
	Золотоносных метасоматитов	8,0
4. Нижнетаймырский рудно-россыпной район	**Всего**	**429,8**
	Всего рудные	**323,7**
	Всего россыпные	**106,1**
4.1. Чекинская россыпная зона	Золотоносных россыпей КХВ	23,4
4.2. Малиновская рудно-россыпная зона	Всего	47,0
	Всего рудные	35,0
	Всего россыпные	12,0
	(золотоносных аллювиальных)	
4.3. Быстринская рудно-россыпная зона	Всего	67,3
	Всего рудные	
	(золото-кварцевая)	56,0
	Всего россыпные	11,3
	В т.ч.: золотоносных россыпей КХВ	10,5
	Золотоносных аллювиальных	0,8
4.4. Коломейцевский рудно-россыпной узел	Всего	122,9
	Всего рудные	
	(золото-кварцевая)	113,0
	Всего россыпные	9,9
	В т.ч.: золотоносных россыпей КХВ	7,2
	Золотоносных аллювиальных	2,7
4.5. Верхнемамонтовский рудно-россыпной узел	Всего	118,4
	Всего рудные	102,7
	Всего россыпные	
	(золотоносных аллювиальных)	15,7
	В т.ч.: золото-кварцевая	26,0
	Золото-сульфидно-кварцевая	46,7
	Золотоносных метасоматитов	28,0
	Золотоносных докембрийских конгломератов	2,0
4.6. Мамонтовский рудно-россыпной узел	Всего	23,0
	Всего рудные	
	(золото-кварцевая)	17,0
	Всего россыпные	6,0
	В т.ч.: золотоносных россыпей КХВ	4,2
	Золотоносных аллювиальных	1,8
4.7. Шренковский россыпной узел	Всего россыпные	
	(золотоносных аллювиальных)	27,8
5. Мининский рудный район	Всего рудные	97,0
5.1. Конечнинский рудный узел	Всего рудные	
	(золото-кварцевая)	52,0
5.2. Тамарагский рудный узел	Всего рудные	
	(золото-кварцевая)	45,0
БЫРРАНГСКАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ ОБЛАСТЬ (Северо-Быррангская и Южно-Быррангская металлогенические зоны)	Всего рудные	384,0

Окончание таблицы 1.11

1	2	3
1. Тарейский рудный район	**Всего рудные**	**210,0**
1.1. Северотарейский рудный узел	Всего рудные	142,0
1.1.1. Извилистое рудное поле	Золото-ртутная	99,0
в том числе:		
участок Извилистый	Золото-ртутная	18,0 (P_2 - 7,2)
участок Большой Порфировый	Золото-ртутная	12,0
участок Птенцовый	Золото-ртутная	6,6
1.1.2. Аномальнинское рудное поле	Золото-ртутная	32,0
1.1.3. Мутнинское рудное поле	Золото-ртутная	11,0
1.2. Южнотарейский рудный узел	Золото-ртутная	28,0
1.3. Кыйдинский рудный узел	Золото-ртутная	40,0
2. Убойнинский рудный район	**Всего рудные**	**106,0**
2.1. Убойнинский рудный узел	Всего (золото-ртутная)	33,0
2.2. Перспективные рудные узлы: Нижнеубойнинский, Новоморжовский, Макаровский, Пясинский, Сырадасайский	Всего (золото-ртутная)	73,0
3. Энгельгардтовский рудный район	**Всего рудные (золото-ртутная)**	**41,0**
4. Траутфеттерский рудный район	**Всего рудные (золото-ртутная)**	**27,0**

зируемые ресурсы этих районов составляют в сумме 14,7%. Низкий металлогенический потенциал районов этой группы объясняется, очевидно, недостаточной их изученностью.

Основываясь на проведенном анализе прогнозных ресурсов золота, с учетом данных комплексного исследования металлогенических факторов и критериев, можно провести прогнозное районирование территории с выделением перспективных площадей, месторождений, рудопроявлений (россыпепроявлений), рекомендуемых для постановки геолого-съемочных, поисковых и поисково-оценочных работ.

В группе перспективных территорий выделяются площади трех категорий перспективности, обусловленные особенностями их геологического строения и металлогении, а также степенью изученности.

Площади первой категории перспективности охватывают высокоперспективные участки, включающие выявленные месторождения, рудопроявления (россыпепроявления) и характеризующийся наиболее достоверной оценкой прогнозных ресурсов золота и значительной их величиной.

По данным проведенного прогнозно-металлогенического анализа к таким площадям относятся: Унгинская, Серебрянско-Кунарская и Тарейская. В их пределах находятся Унгинское россыпепроявление и Извилистое месторождение, также отнесенные к наиболее перспективным объектам для оценки масштабов золотоносности.

Площади второй категории перспективности характеризуются сопряжением благоприятных металлогенических факторов и критериев с установленным оруденением и значительным прогнозируемым металлогеническим потенциалом. К территориям данной категории отнесены Паландерская и Мамонтовская площади. Общей их особенностью является установленная золотоносность (россыпи и коренное золото), связанная с основными структурными элементами Челюскинского кварцево-жильного пояса - Паландерской, Серебрянской и Мамонто-Чукчинской ветвями.

2. СИСТЕМАТИКА ФОРМАЦИЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Классическое понимание рудной формации в отечественной науке сформировалось под влиянием работ Ф.Ю. Левинсон-Лессинга, М.А. Усова, С.С. Смирнова, В.А. Кузнецова, Р.М. Константинова, М.М. Константинова, Ю.А. Билибина, Н.А. Шило, Н.А. Фогельман, П.А. Строны, С.Д. Шера и других исследователей. В трактовке упомянутых исследователей под рудной формацией понимается естественное сообщество - группа рудных месторождений, характеризующаяся близкими парагенетическими ассоциациями главнейших рудных минералов (металлов), определяющих промышленное значение месторождения, сходными физико-химическими условиями образования, типовой тектономагматической обстановкой образования, близкими особенностями промышленных параметров (минеральный состав, морфология, пространственные характеристики рудных тел, концентрация полезного компонента).

Отечественными исследователями в последние десятилетия разработан ряд классификаций месторождений золота, базирующихся на принципиальных положениях рудоформационного анализа (Рожков, 1968; Петровская, 1973; Петровская, Сафонов, Шер, 1976; Константинов, 1972; Константинов, Некрасов, Сидоров, Стружков, 2000; Основные типы..., 1984; Золоторудные формации..., 1969; Фогельман, Константинов, Курбанов, 1995; Кривцов, 1995; Кузнецов, 1972; Шер, 1972, 1974; Шило, 1981; Строна, 1978).

Основываясь на опыте отечественных исследователей и фактическом региональном материале предлагаем следующую систематику эндогенных и экзогенных золотоносных формаций Центральной Сибири (табл. 2.1) (Сердюк, 2004, 2007).

Данная систематика золотоносных формаций охватывает две группы: эндогенную (золото-кварцевая, золото-сульфидная, золото-платино-медно-никелевая комплексная сульфидная, золото-кварц-сульфидная с метасоматитами березит-лиственитового ряда, золото-серебряно-кварц-сульфидная, золото-кварц-сурьмяная, золото-ртутная) и экзогенную (формации золотоносных кор выветривания: золотоносных каолинитов и лимонитов, золото-вермикулитовая, золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных сыпучек; золотоносная окисно-марганцевая; золотоносных кор выветривания по метасоматитам пропилит-березитового ряда; формации золотоносных россыпей: аллювиальная, элювиальная (элювиально-делювиальная), техногенная.

Основные классификационные характеристики (признаки) систематики составляют две группы: 1) геолого-металлогеническая характеристика формации: минеральный состав руд (песков), вертикальный размах оруденения; морфологический тип рудных тел; пространственные параметры рудных тел: протяженность, мощность (ширина), протяженность по падению, содержание полезного компонента; продуктивность рудного поля; рудовмещающие породы; типовая геолого-металлогеническая модель месторождения; примеры наиболее характерных месторождений; геолого-металлогеническая характеристика закономерностей локализации формаций: тектонические и металлогенические комплексы - парагенезы вещественных и структурных ансамблей, контролирующие размещение золотоносных формаций (пояса, зоны, районы, узлы).

2.1. ГРУППА ЭНДОГЕННЫХ ЗОЛОТОНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ

Золото-кварцевая формация. Главными геолого-металлогеническими особенностями золото-кварцевой формации являются:

- устойчивые вещественно-морфологические характеристики оруденения: состав руд кварцевый с малым количеством сульфидов (до 3-5%), (протяженность рудных тел - 1000-3500 м, мощность - до 50-200 м, содержание золота - 4-8 г/т, продуктивность - до 150 т/км²);
- значительный вертикальный размах оруденения, достигающий 1,5 км и более;
- приуроченность оруденения к флишевым (флишоидным) толщам байкальского металлогенического комплекса;
- локализация оруденения в пределах протяженных (400-500 км) золото-кварцевых поясов - крупных металлогенических единиц золотоносных провинций (Енисейской, Таймыро-Североземельской и других);
- размещение оруденения в полях зеленосланцевой, реже - эпидот-амфиболитовой, фаций регионального метаморфизма.

Золото-сульфидная формация. Главными геолого-металлогеническими особенностями золото-сульфидной формации являются:

- существенно сульфидный состав руд: пирит-пирротин-арсенопирит с антимонитом, теннтантитом и халькопиритом (вкрапленно-прожилковые, прожилково-массивные) с тонким и дисперсным золотом средней - высокой пробности;
- параметрические характеристики рудных тел: протяженность до 400-1000 м, мощность 2-140 м, протяженность по падению от 300-400 м до 800-1500 м, содержание золота - 4-10 г/т, продуктивность - n x 100 т/км², вертикальный размах оруденения от 300 до 1500 м;
- литологический контроль оруденения песчано-алеврито-сланцевыми толщами флишоидной формации байкалид и вулканогенно-карбонатными толщами каледонид;
- локализация оруденения в пределах: - Енисейско-Чиримбинского пояса золото-сульфидной минерализации в парагенезе с надинтрузивными зонами батолитов гранитоидного состава (татарско-аяхтинский комплекс) и Z-образными аномалиями структурного плана относительно общего простирания плана пояса (Енисейский кряж);
- эндо-экзоконтактовые зоны Ольховского и Канзыбинского массивов гранодиоритов и других массивов ольховского комплекса (Восточный Саян);
- размещение оруденения в полях средне-высокотемпературных роговиковых фаций контактового метаморфизма;
- основные металлогенические зоны контролирующие размещение объектов золото-сульфидной формации: Енашиминско-Чиримбинский пояс (Центральная металлогеническая зона Енисейской провинции), Сисимско-Казырская металлогеническая зона (Восточно-Саянская провинция) и Чукчинско-Челюскинская металлогеническая зона (Таймыро-Североземельская провинция).

Золото-платино-медно-никелевая комплексная сульфидная формация. Главными геолого-металлогеническими особенностями золото-платино-медно-никелевой комплексной сульфидной формации являются:

- комплексный сульфидный состав руд с чрезвычайно высоким спектром цветных и благородных металлов(Au-Pt-Pd-Ru-Rh-Os-Ir-Cu-Ni-Co-Se и др.);
- параметрические характеристики рудных тел: протяженность - первые сотни метров - первые километры, мощность - первые метры - десятки метров, вертикальный размах оруденения - первые сотни метров - до 1500 м; содержание золота - первые г/т, продуктивность - n x 100 т/км²;
- литолого-структурный контроль оруденения: парагенез дифференцированных габбро-долеритов в области

Таблица 2.1

Элементы модели	Экзогенные			Формация золотоносных россыпей		
	Золото-кварцевая (малосульфидная, сульфидов до 3-5%)	Золотоносных кор выветривания по метасоматитам пропилит-березитового ряда	Золотоносных каолинитовых «галечников и песков»	Аллювиальная (пойменные, террасовые)	Элювиальная (элювиально-делювиальные)	Техногенная
1	2	13	14	15	16	17
	Советский, васильевский, герфедский, титимухтинский	Зыряновский	Унгинский	Енашиминский, мурожнинский	Николаевский, платовский	Вангашский
	Советское, Васильевское, Доброе, Пролетарское, Эльдорадо, Первенец, Кварцевая гора, Герфедское (Енисейский кряж	Зыряновское (Енисейский кряж), Моховое (р. Арга (Кузецкий Алатау)	Унгинское (Таймыр)	Россыпи (Енисейский кряж, Восточный и Западный Саяны, Таймыр)	Ложковые россыпи, россыпи коры выветривания (Енисейский кряж, Восточный и Западный Саяны, Таймыр)	Техногенные россыпи (Енисейский кряж (рр. Енашимо, Удерей, Вангаш), Восточный Саян (р. Чибижек)
1.Литолого-стратиграфические	Кварц-хлорит-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые углеродистые сланцы (филлиты) рифея	Кварц-серицит-хлоритовые сланцы	Серицит-хлорит-кварцевые сланцы, карбонат-слюдистые углеродистые сланцы	Гравийно-галечно-песчаные отложения	Щебнисто-глинистые отложения коры выветривания	Щебнисто-дресвяно-глинистые отложения
2.Структура месторождения	Локальные складки, осложненные зонами смятия и рассланцевания песчано-сланцевых толщ, контролируют системы соскладчатых и секущих кварцево-жильных и жильно-прожилковых зон и тел (линзовидные и S-образные формы и их сочетания)	Линейные коры выветривания по зонам метасоматитов пропилит-березитового ряда, локализованным в кусисообразных зонах разломов	Площадные коры выветривания мелалеогенового возраста по золотоносным полимиктовым конгломератам (нижняя юра)	Аллювиальные отложения речных систем (I-IV-V порядка), развивающиеся по эндогенным золотоносным формациям	Элювиально-делювиальные отложения приводораздельных поверхностей и склонов	Техногенные образования по аллювиальным, элювиальным россыпям
3.Рудные тела 3.1. Состав руд	Кварц-карбонат-пирит-пирротин-арсенопирит - золото (свободное в кварце, сульфидах). Пробность 920-985.(пирит-пирротин-арсенопиритовый, советский тип), (блекловорудно-арсенопирит-пиритовый, васильевский тип), (золото-висмутовый, титимухтинский тип)	Кварц-гидрослюдисто-каолинитовые руды.	Кварц-каолинитовые руды по конгломератам. Пробность - 900-980.	Галечно-песчаные отложения Пробность - 800 -970.	Глинистые, гравийно-песчано-глинистые отложения. Пробность - 900-980.	Галечно-гравийно-песчаные, реже глинистые отложения. Пробность - 700-950.

Таблица 2.1

Систематика формаций и месторождений золота Енисейской Сибири

Элементы модели	Золотоносные формации																
	Эндогенные							Экзогенные									
								Формации золотоносных кор выветривания						Формация золотоносных россыпей			
	Золото-кварцевая (малосульфидная, сульфидов до 3-5%)	Золото-сульфидная	Золото-платино-медно-никелевая комплексная сульфидная	Золото-кварц-сульфидная	Золото-серебряно-кварц-сульфидная	Золото-кварц-сурьмяная	Золото-ртутная	Золотоносных каолинитов и лимонитов	Золото-вермикулитовая	Золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных сыпучек	Золотоносная окисно-марганцевая	Золотоносных кор выветривания по метасоматитам пропилит-березитового ряда	Золотоносных каолинитовых «галечников и песков»	Аллювиальная (пойменные, террасовые)	Элювиальная (элювиально-делювиальные)	Техногенная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Типы месторождений																
	Советский, васильевский, герфедский, титимухтинский	Олимпиадинский, боголюбовский, ведугинский, константиновский	Норильско-талнахский	Лысогорский, дистлеровский	Богунайский, кузеевский	Удерейский	Тарейский	Олимпиадинский, самсоновский	Уткинский	Ольховский	Мурзинский	Зыряновский	Унгинский	Енашиминский, мурожнинский	Николаевский, платовский	Вангашский
	Месторождения																
	Советское, Васильевское, Доброе, Пролетарское, Эльдорадо, Первенец, Кварцевая гора, Герфедское (Енисейский кряж	Олимпиадинское, Михайловское, руч. Золотого, Ведугинское, Боголюбовское (Енисейский кряж), Ольховское, Константиновское (Восточный Саян)	Норильск-I, Талнахское, Октябрьское	Лысогорское, Средняя Тарча, Высота 830, Дистлеровское (Восточный Саян), Зыряновское (Енисейский кряж)	Богунайское, Кузеевское, Любимовское (Южно-Енисейский кряж)	Удерейское, Раздолинское (Енисейский кряж)	Извилистое, Убойнинское (Таймыр), Большое, Угловое (Енисейский кряж)	Олимпиадинское, Самсоновское, Боровинское (Енисейский кряж)	Уткинское (Салаир)	Ольховское (глинисто-лимонитовые «валунчатые» руды) (Енисейский кряж)	Мурзинское (СЗ Алтай), Сейбинское (?) (Восточный Саян)	Зыряновское (Енисейский кряж), Моховое хр. Арга (Кузнецкий Алатау)	Унгинское (Таймыр)	Россыпи (Енисейский кряж, Восточный и Западный Саяны, Таймыр)	Ложковые россыпи, россыпи коры выветривания (Енисейский кряж, Восточный и Западный Саяны, Таймыр)	Техногенные россыпи (Енисейский кряж (рр. Енашимо, Удерей, Вангаш), Восточный Саян (р. Чибижек)
1.Литолого-стратиграфические	Кварц-хлорит-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые углеродистые сланцы (филлиты) рифея	Кварц-слюдистые, сланцы с гранатом, кварц-карбонат-слюдистые сланцы с линзовидными телами мраморизованных известняков, углеродистые сланцы рифея и нижнего палеозоя	Дифференцированные габбро-долериты (габбро-диориты, лейкократовые габбро, оливиновые и пикритовые габбро, такситовые габбро-долериты) в горизонте внедрения на контакте терригенных (угленосных) и вулканогенных толщ (девон-триас)	Диориты, гранодиориты, плагиограниты нижнего палеозоя , рифея	Гранатовые и пироксеновые плагиогнейсы и гранулиты, зоны диафторитов амфиболитовой-зеленосланцевой фаций (архее, нижний протерозой)	Кварц-серицитовые, карбонат-серицитовые сланцы (рифей)	Алевроаргиллиты (ордовик, смлур); дайки кварцевых порфиров, лампрофиров.	Метавулканиты основного - среднего состава, кварц-слюдистые углеродистые сланцы (мел-палеоген).	Гидрослюдисто-каолинит-вермикулитовые образования	Карбонатные породы, гранитоиды, роговики	Терригенно-карбонатные породы, кварц-серицит-хлоритовые сланцы	Кварц-серицит-хлоритовые сланцы	Серицит-хлорит-кварцевые сланцы, карбонат-слюдистые углеродистые сланцы	Гравийно-галечно-песчаные отложения	Щебнисто-глинистые отложения коры выветривания	Щебнисто-дресвяно-глинистые отложения
2.Структура месторождения	Локальные складки, осложненные зонами смятия и рассланцевания песчано-сланцевых толщ, контролируют системы скалкватых и секущих кварцево-жильных и жильно-прожилковых зон и тел (линзовидные и S-образные формы и их сочетания)	Метасоматические залежи седловидной и линзовидной формы прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд, локализованных в сводовых частях антиклиналей и синклиналей как правило «поперечных» к простиранию основных геологических структур, зоны эндо-и экзоконтактов батолитов гранитоидов, наложенные линейные золотоносные коры выветривания	Вулкано-интрузивно-рудная ассоциация в трапповых мульдах, осложненных глубинными разломами	Жилы и линзы, контролируемые зонами локальных и региональных разломов в эндо- и экзоконтактовых зонах, «выступы» гранитоидных массивов	Сложные системы локальных складок и разрывных нарушений (зоны милонитов и диафторитов), оперяющие крупные зоны милонитов (мощность до 2-3 км) Приенисейского глубинного разлома	Зоны смятия и мелкой складчатости в парагенезисе с системой субсогласных разрывных нарушений в приядерных частях складок	Крылья брахиантиклиналей, осложненные системой разноориентированных разломов	Линейно-площадные коры выветривания по зонам первичной минерализации золото-сульфидной формации	Линейные коры выветривания по зонам прожилково-штокверкового оруденения среди вулканогенно-осадочных образований и даек диабазов	Линейные коры выветривания (в том числе перетложенные в карсте) по зонам (телам) золото-кварц-сульфидной формации в экзоконтактах массивов гранитоидов	Линейные коры выветривания по зонам разломов в полях оруденелых скарнов, роговиков и кварцевых жил, кварц-турмалиновых метасоматитов	Линейные коры выветривания по зонам метасоматитов пропилит-березитового ряда, локализованным в кулисообразных зонах разломов	Площадные коры выветривания мел-палеогенового возраста по золотоносным полимиктовым конгломератам (нижняя юра)	Аллювиальные отложения речных систем (I-IV-V порядка), развивающиеся по эндогенным золотоносным формациям	Элювиально-делювиальные отложения водораздельных поверхностей и склонов	Техногенные образования по аллювиальным, элювиальным россыпям
3.Рудные тела 3.1. Состав руд	Кварц-карбонат-пирит-пирротин-арсенопирит - золото (свободное в кварце, сульфидах). Пробность 920-985.(пирит-пирротин-арсенопиритовый, советский тип), (блекловорудно-арсенопирит-пиритовый, васильевский тип), (золото-висмутовый, титимухтинский тип)	Первичные руды. Кальцит-кварц-мусковит-клино-цоизит, арсенопирит-пирротин-антимонит, бертьерит. Содержание сульфидов от 3-5% до 95%. Золото тонкое, дисперсное, пылевидное Пробность: I - генерация - 910-997; II - генерация 640-760. Окисленные руды коры выветривания. Кварц-гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинит-бурожелезняковое оруденение..	Вкрапленные руды: троилит-пирротин-кубанит-халькопирит-пентландит Массивные руды: хакль-копирит (талнахит, моихукит, путоранит)-кубанит-пентландит-троилит-магнетит; (халькопирит-кубанитовые, кубанит-халькопирит-пирротиновые руды) с Au, Pt, Pd, Ph, Ru, Ir, Os; прожилково-вкрапленные руды: пирротин-пентландит-сульфоарсениды железа, никеля, кобальта (ЭПГ).	Сульфидно-кварцевый, кварц-сульфидный, золото-сульфидный (кварц-полевой : шпат-кальцит-пирит-халькопирит-пирротин) Пробность 770-940.	Кварц-карбонат-пирит-сфалерит-галенит-халькопирит. Пробность золота 585. Основная примесь - серебро. Пробность 585.	Кварц-антимонит-бертьерит-золото; золото-кварц-пирит-арсенопирит.. Пробность 550-750.	Карбонат-кварц-пирит-арсенопирит-реальгар-аурипигмент-антимонит-киноварь.. Пробность - 500-650.	Кварц-гидрогетит-лимонит-каолинит. Пробность - 900-950.	Гидрослюды-каолинит-вермикулит. .	Глинисто-лимонитовые руды и кварцевые сыпучки. Пробность - 870-950.	Гетит-псило-мелан-каолинитовые руды. Пробность: первичные руды - 720-750, руды коры выветривания - 730-1000.	Кварц-гидрослюдисто-каолинитовые руды.	Кварц-каолинитовые руды по конгломератам. Пробность - 900-980.	Галечно-песчаные отложения Пробность - 800 -970.	Глинистые, гравийно-песчано-глинистые отложения. Пробность - 900-980.	Галечно-гравийно-песчаные, реже глинистые отложения. Пробность - 700-950.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3.2. Морфология рудных тел; параметры рудных тел: L- протяженность, м; М- мощность (ширина), м; Н - протяженность по падению, м. С содержанием Au, г/т	Жилы, жильно-прожилковые зоны, линейные штокверки, залежи. L- 1000-3500 м, М-1-50-200 м, Н-до 1200 м, С- 2-3 - 5-7 г/т	Седловидные и S-образные залежи, линзовидные и столбообразные тела. L- 400-1000 м, М-2-140 м, Н-800-1500 м, С-4-6 -10 г/т (первичные руды), 10-20 г/т - (окисленные руды коры выветривания)	Зональные рудные горизонты (залежи) вкрапленных, массивных, вкрапленно-прожилковая руд. L - сотни тысяч метров, М-1-100 м, С-0,2-5,5	Жилы, линзы вкрапленно-прожилковых руд. Столбообразные тела. L- до 500 м, М - до 12 м, Н - до 600 м, С - 10-15 г/т	Кварцевые жилы, зоны прожилков. L- 1000-1200 м, М- до 2 м, Н - 400-600 м, С- 5-20 г/т	Жилы, сложные крутопадающие жилы, зоны. L - 400 м, М- 0,3-18,1 м, Н - до 170 м, С- 2-5 г/т	Столбообразные штокверки. L- 600 м; М -50 м, Н - до 100 м, С- 2,3 - 9,0 г/т	Минерализованные зоны, залежи, унаследованные от первичных руд. L-1100 м, М-до 50 м, Н-150-300 м, С- 5-10 г/т.	Линзовидные тела, залежи. L-до 500, М-до 60 м, Н-200 м, С- 2-24 /т.	Линзо-пластообразные тела, в том, числе в карсте. L- 100-500 м, М-10-50 м, Н- 200 м, С- 2,5-25 /т.	Линзовидные зоны, плащеобразные залежи L-1200 м, М-100 м, Н - 200 м, С- 2-10 г/т.	Линзовидные зоны, плащеобразные залежи. L- 1700 м, М- до 300 м, Н -200 м, С- 2-10 г/т.	Плащеобразные залежи. L- 2500 м, М-до 50 м, Н - до 100 м, С- 2-10 г/т.	Лентообразные русловые и террасовые залежи (струи). L- 1-15 км, М- 10-1000 м, Н - 1-3 м, С- 1-10 г/м3.	Плащеобразные и линейные залежи. L- 100-2000 м, М-100-2000 м, Н- 10-50 м, С- 1-10 г/м3.	Ленто-плащеобразные техногенные залежи. L- 100-10 000 м, М- 100-3000 м, Н- 1-50 м, С- 0,1-1 г/м3.
3.3.Вертикальный размах оруденения (россыпеносности), м	1500	1500	300-1500	600	600	250	300	150	200	200	200-250	200	100	400-450	300-400	400-500
4. Геохимические	Локальные аномалии золота, мышьяка, висмута, серебра, свинца, цинка, меди	Контрастные локальные аномалии золота, мышьяка, сурьмы, вольфрама, свинца, серебра, цинка, меди	Локальные аномалии никеля, меди, кобальта, платиноидов, золота	Локальные аномалии золота, серебра, меди, сурьмы, мышьяка, свинца, бора	Локальные аномалии золота, серебра, свинца, цинка, меди	Локальные аномалии золота, сурьмы, мышьяка	Контрастные аномалии ртути, мышьяка, сурьмы, золота	Контрастные ореолы золота, сурьмы, мышьяка, серебра, вольфрама		Вторичные ореолы рассеяния серебра, золота, мышьяка, кобальта						
5. Геофизические	Аномалии высоких значений электросопротивлений, ВП	Дифференцированные аномалии магнитного поля, электросопротивлений, ВП, КС	Аномалии магнитного и гравитационного поля	Слабые аномалии магнитного поля, урана, тория, калия	Аномалии вызванной поляризации	Аномалии высоких электросопротивлений	Нет данных	Аномалии магнитного поля, электросопротивлений		Гравитационные минимумы, низкие значения электросопротивлений						
6.Региональный структурно-вещественный парагенез (модель)	Геосинклинальные (миогеосинклинальные) терригенные комплексы формаций (аспидная, флишевая), сложнодислоцированные системой линейных (изоклинальных) складок и субсогласных зон разломов, в сочетании с ареалами батолитов гранитоидов; зеленосланцевая (в основном) фация регионального метаморфизма	Геосинклинальные (миогеосинклинальные) существенно терригенные комплексы формаций, сложнодислоцированные системой разнонаправленных складок(линейных, изоклинальных) и зон смятия и катаклаза в парагенезисе с ареалами батолитов гранитоидов (экзо- и эндоконтактовые области ареалов гранитоидов	Герцинский активизированный тектонический комплекс	Геосинклинальные (миогеосинклинальные) терригенно-карбонатно-вулканогенные комплексы в парагенезисе с ареалами штоков и батолитов гранитоидов (надинтрузивные и внутриинтрузивные ареалы)	Докарельский протогеосинклинальный, гней сово-гранулитовый комплекс, диафторированный до амфиболитовой-зеленосланцевой фаций по зонам милонитов и ультра милонитов	Геосинклинальные (миогеосинклинальные) существенно терригенные комплексы формаций, осложненные системами линейных и брахиформных складок в сочетании с зонами расланцевания и катаклаза разломов	Активизированный каледонский платформенный комплекс (углеродисто-кремнисто-сланцевая формация) в парагенезе с ареалами даек «пестрого» состава в зонах разломов	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на образования байкальского и карельского комплексов	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на образования каледонского комплекса	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания), наложенный на каледонский геосинклинальный (эвгеосинклинальный) комплекс	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на образования) каледонского и герцинского комплексов	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на формации байкальского комплекса	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания) мел-палеоген), наложенная на полимиктовые конгломераты (нижняя юра	Альпийский и платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на формации байкальского комплекса	Альпийские (верхний и нижний) комплексы - формации эмерсив ного цикла (формация коры выветривания и продукты ее ближайшего переотложения)	Альпийские комплексы, преобразованные техногенными процессами по добыче россыпного золота
7.Металлогенические провинции, комплексы, зоны	Байкальский металлогенический комплекс Енисейской (Центральная металлогеническая зона), Тайм-ыро-) Северо-земельской (Мининско-Вальтеровская металлогеническая зона)провинций; Енисейский, Челюскинский золото-кварцевые пояса (зоны)	Байкальский металлогенический комплекс Енисейской (Центральная металлогеническая зона), Тайм-ыро-Североземельской (Мининскоская и Чукчинско-Челюскинская металлогенические зоны), Восточно-Саянской (Сисимо-Казырская металлогеническая зона) провинций;Енашиминско-Чиримбинский золото-сульфидный пояс	Герцинский металлогенический комплекс Норильской провинции (Норильская, Хараелахская металлогенические зоны)	Байкальский и каледонский (салаирский) металлогенические комплексы Енисейской (Приенисейская металлогеническая зона), Восточно-Саянской (Сисимо-Казырская металлогеническая зона), Таймыро-Североземельской (Чукчинско-Челюскинская металлогеническая зона) провинций	Докарельский и карельский металлогенические комплексы Енисейской (Ангаро-Канская металлогеническая зона; Богунайский, Кузеевский рудные узлы) провинции	Байкальский металлогенический комплекс Енисейской провинции (Центральная металлогеническая зона; Васильевско-Удерейская рудная зона)	Каледонский активизированный металлогенический комплекс Таймыро-Североземельской и Енисейской провинций	Альпийский (нижний) металлогенический комплекс в парагенезе с золотоносными образованиями байкальского и карельского металлогенических комплексов Енисейской, Таймыро-Североземельской провинций	Альпийский металлогенический комплекс, налоденный на золотоносные образования каледонского комплекса Алтае-Саянской провинции	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные образования каледонского комплекса Восточно-Саянской провинции	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные образования коледонского и герцинского комплексов Алтае-Саянской провинции	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные формации байкальского комплекса Енисейской и Кузнецко-Алатауской провинций	Альпийский металлогенический комплекс, (коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на полимиктовые металлоносные конгломераты (нижняя юра)	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные формации байкальского комплекса Енисейской и Кузнецко-Алатауской провинций	Альпийские металлогенические комплексы (эмерсивная стадия) Енисейской, Восточносаянской, Таймыро-Североземельской провинций	Антропогенные (техногенные) металлоносные комплексы альпийских металлогенических комплексов Енисейской, Восточносаянской провинций

10	11	12	13	14	15	16	17
линзовидные ела, залежи. до 500, М- о 60 м, Н-200 С- 2-24 /т.	Линзо-пластообразные тела, в том, числе в карсте. L- 100-500 м, М- 10-50 м, Н- 200 м, С- 2,5-25 /т.	Линзовидные зоны, плащеобразные залежи L- 1200 м, М- 100 м, Н - 200 м, С- 2-10 г/т.	Линзовидные зоны, плащеобразные залежи. L- 1700 м, М- до 300 м, Н -200 м, С- 2-10 г/т.	Плащеобразные залежи. L- 2500 м, М- до 50 м, Н - до 100 м, С- 2-10 г/т.	Лентообразные русловые и террасовые залежи (струи). L- 1-15 км, М- 10-1000 м, Н - 1-3 м, С- 1-10 г/м3.	Плащеобразные и линейные залежи. L- 100-2000 м, М- 100-2000 м, Н- 10-50 м, С- 1-10 г/м3.	Ленто-плащеобразные техногенные залежи. L- 100-10 000 м, М- 100-3000 м, Н- 1-50 м, С- 0,1-1 г/м3.
00	200	200-250	200	100	400-450	300-400	400-500
	Вторичные ореолы рассеяния серебра, золота, мышьяка, кобальта						
	Гравитационные минимумы, низкие значения электросопротивлений						
льпийский латформенный комплекс формация коры выветривания), наложенный на каледонский геосинклинальный (эвгеосинклинальный) комплекс	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания), наложенный на каледонский геосинклинальный (эвгеосинклинальный) комплекс	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на образования каледонского и герцинского комплексов	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на формации байкальского комплекса	Альпийский платформенный комплекс (формация коры выветривания) мел-палеоген), наложенная на полимиктовые конгломераты (нижняя юра	Альпийский и платформенный комплекс (формация коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на формации байкальского комплекса	Альпийские (верхний и нижний) комплексы - формации эмерсив ного цикла (формация коры выветривания и продукты ее ближайшего переотложения)	Альпийские комплексы, преобразованные техногенными процессами по добыче россыпного золота
льпийский металлогенический комплекс, наложенный на лотоносные образования каледонского мплекса Восточно-Саянской овинции	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные образования каледонского комплекса Восточно-Саянской провинции	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные образования коледонского и герцинского комплексов Алтае-Саянской провинции	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные формации байкальского комплекса Енисейской и Кузнецко-Алатауской провинций	Альпийский металлогенический комплекс, (коры выветривания, мел-палеоген), наложенный на полимиктовые металлоносные конгломераты (нижняя юра)	Альпийский металлогенический комплекс, наложенный на золотоносные формации байкальского комплекса Енисейской и Кузнецко-Алатауской провинций	Альпийские металлогенические комплексы (эмерсивная стадия) Енисейской, Восточносаянской, Таймыро-Североземельской провинций	Антропогенные (техногенные) металлоносные комплексы альпийских металлогенических комплексов Енисейской, Восточносаянской провинций

контакта терригенных толщ тунгусской серии (C_2-P_2) и вулканогенных толщ (Т) в зоне влияния Норильско-Хараелахского глубинного разлома;

- основные металлогенические зоны, контролирующие размещение оруденения: Норильская и Хараелахская металлогенические зоны.

Золото-кварц-сульфидная формация. Главными геолого-металлогеническими особенностями золото-кварц-сульфидной формации являются:

- характерные вещественные и структурно-морфологические характеристики оруденения: состав руд кварц-сульфидный с количеством сульфидов обычно более 5-7% и до 25-35%, нередко в ареалах метасоматитов березит-лиственитового ряда;

- параметрические характеристики оруденения: протяженность по простиранию и падению до 500-600 м, мощность рудных тел - до первых десятков метров, содержание золота - 10-15 г/т, продуктивность - 10-100 т/км^2;

- связь оруденения с зонами эндо- и экзоконтактов штоков и батолитов гранитоидов, локализованных в карбонатных, терригенно-карбонатно-вулканогенных породных ассоциациях (байкальский и каледонский тектонические комплексы); сопровождение рудных тел ареалами метасоматически измененных пород, в основном березит-пропилитового ряда;

- размещение оруденения в полях высокотемпературных роговиковых фаций контактового метаморфизма или в полях диафторитов эпидот-амфиболитовой фации регионального метаморфизма.

Золото-серебряно-кварц-сульфидная формация. Основными рудообразующими структурами месторождений являются поперечные (относительно общего структурного плана), линейные складки, осложненные зонами милонитов и диафторитов, оперяющих крупные зоны милонитов Приенисейского глубинного разлома.

Вполне вероятно, что рудоносными являются и главные зоны милонитов и диафториов указанного глубинного разлома. Рудные узлы приурочены к осложненным фрагментам крупных зон милонитизации и диафтореза, развитым по глубокометаморфизованным комплексам архейского возраста.

Основными геолого-металлогеническими особенностями золото-серебряно-кварц-сульфидной формации являются:

- специфические вещественно-морфологические особенности оруденения: состав руд серебряно-золотой, кварц-сульфидный (сфалерит, галенит, пирит, халькопирит) (количество сульфидов до 10-15%), протяженность жил - до 1000 м и более, мощность - до 1-2 м, содержание золота - 15-20 г/т, продуктивность - до 20 т/км^2, вертикальный размах оруденения до 600 м;

- оруденение локализовано в поперечных и продольных зонах диафторитов и милонитов Приенисейского разлома в среде архейских гранулитовых комплексов;

- важная наметившаяся особенность - сопряжение проявлений золото-серебряно-кварц-сульфидной и золото-сульфидной формаций (Богунайское, Кузеевское рудные поля).

Золото-кварц-сурьмяная формация выделяется в качестве самостоятельной, но связанной с золото-кварцевой. Такие связи установлены в пределах Васильевско-Удерейской рудной зоны (Енисейский кряж) в целом и Удерейского золото-сурьмяного месторождения в частности. Прогнозируется оруденение этого типа в рудном поле Раздольнинского сурьмяного месторождения (Сердюк, 2006 г.).

Золото-кварц-антимонитовая минерализация связана с жилами и прожилками различной протяженности и мощности, часто ветвящимися, образующими линейные штокверки. Жилы и зоны штокверков в основном согласны складчатой структуре толщ. Вертикальная зональность оруденения определяется последовательной сменой (сверху вниз): сплошных антимонитовых жил, вначале кварц-антимонитовыми, а затем антимонит-кварцевыми. Причем содержание золота в них также закономерно увеличивается: 0,3-0,6 г/т (кварц-антимонитовые руды), 1,1-2,2 г/т (антимонит-кварцевые руды) и 4-5 г/т (кварцевые руды). Общее содержание сульфидов колеблется от 15% до сплошных сульфидных жил. Соответственно содержание золота составляет в кварц-антимонитовых рудах около 1 г/т повышаясь до 3-5 г/т в более сульфидизированных типах руд. Золото связано главным образом с мелкоигольчатым арсенопиритом. Жилы и штокверковые зоны приурочены к зонам повышенной трещиноватости и рассланцевания пород в основном согласно строению вмещающих пород, реже они являются секущими. Часть жил подчиняется мелким складкам, имеет седловидную и корытообразную формы. Продуктивность рудного поля 10-30 т/км^2.

Рудные тела имеют протяженность до 250 м, по падению до 200 м, мощность - до 30 м. По форме они представляют собой линзо- и столбообразные тела, штокверкообразные залежи. Вмещающие породы представлены темно-серыми филлитами, кварц-хлорит-серицитовыми, кварц-серицитовыми и хлорит-серицитовыми сланцами. Структурный контроль оруденения определяется зонами смятия, мелкой складчатости (зонами приядерного относительного растяжения в складках) в парагенезе с субсогласными разрывными нарушениями.

Золото-ртутная формация хорошо известна по данным зарубежных источников (Степанов и др., 1988). Растущее промышленное значение месторождения приобретают в последние десятилетия после доизучения и разведки старых золоторудных и ртутнорудных районов США и Канады. В России объекты такого типа пока слабо изучены. Характерными особенностями месторождений золото-ртутной формации являются: большие запасы руд с относительно невысокими содержаниями золота; крупные размеры и выдержанность рудных тел по простиранию и падению; равномерное распределение в рудах золота, связанного в сульфидах мышьяка, сурьмы или ртути, либо находящегося в свободном тонкодисперсном состоянии; корреляция золота с ртутью, мышьяком, сурьмой, иногда с углеродистым веществом.

Золото-ртутные месторождения имеют близповерхностное происхождение из низкотемпературных гидротерм. Основными типами сопровождающих их метасоматических изменений являются лиственитизация, окремнение, карбонатизация, доломитизация, опализация и аргиллизация вмещающих пород.

В объеме золото-ртутной формации выделяется пять минерально-геохимических типов: золото-ртутный лиственитовый, золото-мышьяково-ртутный джаспероидный, золото-полисульфидно-ртутный мусковит-баритовый, золото-медно-ртутный аргиллизитовый и золото-сурьмяно-ртутный гейзеритовый.

Месторождения золото-ртутной формации концентрируются в основном в пределах протяженных металлогенических зон или поясов, характеризующихся тремя типами геологических позиций: 1) приуроченные к поясам гипербазитов, 2) развитые в геосинклиналях и на сочленении их с кратонами, 3) связанные с вулканическими поясами.

В пределах Красноярского края наиболее вероятно ожидать обнаружение золото-ртутных месторождений в геологических обстановках второго типа (Таймыр. Енисейский кряж). Имеются также предпосылки для выявления

оруденения в структурах первого и третьего типов - гипербазитовых и вулканических поясах (Восточный и Западный Саяны, Таннуола).

Наиболее вероятным прототипом месторождений золото-ртутной формации в Красноярском крае являются месторождения и рудопроявления Таймыра (Убойнинское, Извилистое месторождения, рудопроявления р. Кыйда), Енисейского кряжа (Большое, Угловое рудопроявления, Каменская перспективная площадь) и возможно Терлигхаинского района (Тыва).

Наиболее изученным представителем золото-ртутной формации в крае является месторождение Извилистое.

Месторождение Извилистое входит в состав Тарейского рудного района.

Главные геолого-металлогенические особенности золото-ртутной формации:

- существенно карбонат-кварц-арсенопирит-реальгар-аурипигмент-антимонит-киноварный состав руд с тонким и мелким золотом низкой пробности;
- параметрические характеристики рудных тел: протяженность - до 600 м, мощность - до 50 м, вертикальный размах оруденения 100-300 м, содержание золота 2-9 г/т;
- литологический контроль оруденения пачками алевролитов (ордовик), черных сланцев (рифей);
- структурный контроль обусловлен зонами рассланцевания надвиговых зон или полями зон локальных складок;
- основные металлогенические элементы, контролирующие размещение объектов золото-ртутной формации - Тарейский рудный район и Северо-Быррангская металлогеническая зона (Таймыр), Тисская и Чернореченская надвиговые зоны (Енисейский кряж).

2.2. ГРУППА ЭКЗОГЕННЫХ ЗОЛОТОНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ

В составе группы экзогенных золотоносных формаций выделяются две подгруппы: первая - формации золотоносных кор выветривания (Сердюк, 1998, 2002): золотоносных каолинитов и лимонитов, золото-вермикулитовая; золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных сыпучек; золотоносная окисно-марганцевая; золотоносных кор выветривания по метасоматитам пропилит-березитового ряда, золотоносных каолинитовых «галечников и песков»; вторая - формации золотоносных россыпей: аллювиальная (пойменные, террасовые), элювиальная (элювиальная, элювиально-делювиальная), техногенная.

2.2.1. Подгруппа формаций золотоносных кор выветривания

Формация золотоносных каолинитов и лимонитов представлена олимпиадинским и самсоновским типами.

Наиболее перспективными участками на выявление золотоносных кор выветривания являются: Западно-Герфедский, Больше-Мурожнинский, Богородский и Лево-Безымянский участки.

Золото-вермикулитовая формация. Уткинский тип выделен по данным А.А. Потапова, Н.И. Овсянникова, Н.М. Кужельного с коллегами (1996 г). Представителем формации является Уткинское комплексное золото-вермикулитовое месторождение коры выветривания на Северо-Восточном Салаире.

Главные геолого-металлогенические особенности оруденения:

- специфический гидрослюдисто-каолинит-вермикулитовый состав руд преимущественно с мелким и тонким золотом;
- линейные каолинит-вермикулитовые зоны коры выветривания по эндогенным золоторудным кварц-сульфидно-прожилковым зонам.

Возможные аналоги данного типа могут быть выявлены в пределах Татарской рудной зоны (фосфат-ниобиевые и вермикулитоывые руды), особенно в ее центральной и южной частях (бассейн р. Татарка).

Формация золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных "сыпучек". Ольховский тип представлен одноименным месторождением золото-кварц-сульфидной формации с развитыми по эндогенным рудам корами выветривания в составе которых преобладают бурые железняки, кварцевые и сульфидные сыпучки с промышленными концентрациями золота.

Тесная связь золотоносных кор выветривания с коренными источниками дает основание считать, что они во многом наследуют критерии локализации, первичных руд месторождений Ольховско-Чибижекского рудного района. Важнейшими критериями выделения золотоносных участков кор выветривания являются поля развития золото-сульфидного и золото-кварц-сульфидного оруденения на фоне литолого-стратиграфического и магматического контроля оруденения и особенно приуроченность их к бурожелезняковым образованиям в депрессионных структурах мезо-кайнозоя.

Золотоносная окисно-марганцевая формация. Мурзинский тип представлен одноименным месторождением золота на северо-западном Алтае (Росляков, Белеванцев, Калинин, 2001). Основываясь на данных этих исследователей мы выделяем мурзинский тип золото-марганценосных кор выветривания, модель которого представлена далее.

Формация золотоносных кор выветривания по метасоматитам пропилит-березитового ряда. Зыряновский тип представлен одноименным рудопроявлением, локализованным в тектонически осложненном борту Зыряно-Рудиковской депрессии (Енисейский кряж).

Формация золотоносных каолинитовых "галечников и песков". Унгинский тип представлен одноименным месторождением.

Основными факторами и критериями локализации оруденения являются: минерагенические (золотоносность субстрата), литостратиграфические (золотоносность нижнеюрских конгломератов), морфоструктурные (накопление конгломератов в депрессиях), фактор гипергенеза (формирование коры химического выветривания и вторичного накопления золота).

2.2.2. Подгруппа формаций золотоносных россыпей

Формация аллювиальных россыпей. Доминирующим генетическим типом россыпей на территории района является аллювиальный. По условиям формирования, отразившихся в морфологии россыпей и, естественно, в уровне их золотоносности, в этой группе выделяются долинные, русловые, террасовые россыпи, а также россыпи перераспределенной гидросети, погребенных врезанных меандр и др. Ведущая роль в золоторосыпном потенциале принадлежит долинным россыпям, однако подавляющая часть из них к настоящему времени подверглась неоднократной отработке и представляет по существу тип техногенных россыпей.

Как правило, это мелкозалегающие россыпи с мощностью аллювия 3-6 м, реже до 8-10 м, с локализацией продуктивного пласта (мощностью 0,5-0,2 м) на спае аллювия с плотиком: реже линзовидные золотоносные пласты фиксируются на ложном плотике. Убогая золотоносность за счет мелкого и тонкого золота присуща всей массе руслового аллювия. Протяженность долинных россыпей может достигать десятки километров. Наиболее яркими представителями долинного типа являются россыпи рек Тея, Енашимо, Нойба, Вангаш, Еруда (Енисейский кряж), до сих пор обеспечивающие основное количество россыпного металла, и в первую очередь, - добываемого дражным способом. Показательна в этом плане р. Енашимо, промышленно золотоносная на всем своем 120-километровом протяжении, вмещающая отдельные наиболее обогащенные металлом интервалы, рассматриваемые как самостоятельные россыпи и россыпепроявления, но представляющие, по сути дела, единую золотоносную систему, в которой долинные россыпи являются основным элементом.

Достаточно широко распространены среди аллювиальных золоторосыпных образований террасовые россыпи. Промышленную объекты получили развитие в основном на террасах высотой до 40 м. Протяженность террасовых россыпей достигает первых километров, но обычно составляет несколько сотен метров. Мощность золотоносного пласта, как правило, укладывается в пределы 0,5-2,0 м. В зависимости от морфологии золотоносных долин и истории их развития запасы металла в россыпях террас составляют от 3-5% до 10-20% от общих запасов аллювиальных россыпей. Данный тип россыпей реализовался в долинах ведущих водотоков - по рекам Енашимо, Дюбкош, Дыдан, Калами, Вангаш, Чиримба, Панимба и др. Близки к охарактеризованному типу установленные на отдельных участках долин террасоувальные россыпи, сформировавшиеся при разрушении террасовых россыпей под воздействием склоновых процессов.

На отрезке речной сети с отшнурованными врезанными меандрами устанавливаются соответствующие россыпи, погребенные, как правило, под склоновыми отложениями и не выраженные в рельефе. Им присуща хорошая сохранность аллювия и значительно большая протяженность по сравнению с террасовыми россыпями. Они распространены ограниченно, их развитие установлено только в долине нижнего течения р. Енашимо. Столь же незначителен, выделяемый некоторыми специалистами, остаточно-аллювиальный тип россыпей, представляющий фрагменты низких террас с практически полностью смытым аллювиальным покровом. Россыпи этого типа отмечены (и разрабатывались) в долинах рек Енашимо, Панимба.

Выделяемая в соответствии с разработками Н.А. Шило группа русловых россыпей в классическом виде имеет место только в районах продолжающейся фазы глубинной эрозии, где установлены все присущие этой группе морфологические разновидности: щеточные, русловые и косовые россыпи. Первые две из них характеризуются весьма незначительной мощностью аллювия или полным его отсутствием, малыми масштабами распространения при мощности продуктивного пласта не более 0,5 м (нижнее течение р. Чиримбы). Косовые россыпи, известны по рекам Б. Питу, Вельмо и другим, развиваются, как правило, в верхних горизонтах песчано-галечных островов и береговых кос. Мощность золотоносных отложений может достигать в них 1,2-1,5 м. Продуктивность россыпей данного типа - от десятков килограммов до 50 т на километр долины реки.

Формация элювиальных и элювиально-делювиальных россыпей. Элювиально-делювиальные образования этого типа известны на Енисейском кряже (россыпи ручьев Лево-Татьянинского, Дивизионного и некоторых других), Восточного Саяна (бассейн реки Чибижек), Западного Саяна (р. Амыл).

На протяжении многих лет объектом пристального внимания как золотодобытчиков, так и специалистов в вопросах поисков, являются россыпи карстовых полостей (так называемых золотоносных "ям"). Установлено, что они располагаются в пределах пойм и террасовых площадок современных долин в днище ложковых россыпей, имеющих карбонатное ложе. Карстовые россыпи получили наиболее полное развитие в границах Дюбкошского грабена (Енисейский кряж) в полосе существенно карбонатных кембрийских пород, примыкающих к тектоническому контакту с протерозойскими отложениями. Они прослеживаются в основном вдоль северо-восточного борта грабена от верховий рек Чубкоша и Дыдан через нижнее течение руч. Огне и далее в систему р. Теи (руч. Кузнецовский, руч. Огневка). Локальные карстово-эрозионные западины выявлены в бассейне р. Нойбы (руч. Докторовский), и других пунктах. Как правило, долины рек с карстовыми россыпями ориентированы вкрест простирания грабена, а своими верховьями уходят в поле протерозойских пород, вмещающих золотое оруденение. Исключение в этом плане составляют долина руч. Докторовского и лог руч. Пьяного, полностью выработанные в нижнекембрийских породах. Морфология карстовых россыпей весьма сложная как в плане, так и разрезе, глубина отдельных ям достигает 50 м. Они выполняются пестроокрашенными осадками переотложенных кор выветривания, в которых большая часть принадлежит глинистой составляющей.

Рядом специалистов в той или иной степени отмечалась пространственная (и генетическая) связь отложений, выполняющих карстовые полости, с продуктами площадного и линейного корообразования. Однако единого, четко выраженного представления о механизме развития этих перспективных золотосодержащих объектов пока не выработано.

Проведенный анализ материалов позволяет нам полагать, что карстовые россыпи в основном объеме представляют полигенный элювиально-остаточный генетический тип.

С данным типом россыпей с самого начала развития золотодобычи связывается обнаружение и отработка концентраций металла, сосредоточенных в относительно локальных объемах. Содержание золота в них составляет от знаков до 400-900 мг/м³ и более. Примером этому типу россыпей может служить известная "Миллионная яма" на руч. Огне, золотоносные карстовые западины верховьев руч. Пьяного, Николаевского (Енисейский кряж). Продуктивность россыпей - 0,1-10 т/км².

Учитывая изложенное выше, представляется очевидной необходимость дальнейшего углубленного исследования проблемы золотоносных кор выветривания (остаточных и перемещенных), занимающих по существу, промежуточное положение между собственно рудными и россыпными объектами.

Формация техногенных россыпей. В соответствии с классификацией Н.А. Шило (1981), в регионе выделяются следующие типы техногенных россыпей: остаточные целиковые и отвалы, образованные мускульной и гидромеханической отработкой, и площади дражной отработки.

Остаточные целиковые россыпи включают бортовые, внутриконтурные и охранные целики, не разработанные полностью на глубину участки металлоносных плотиков. Концентрация золота в них, значительно ниже, чем в отработанных ранее россыпях. Среди отвалов мускульной и гидромеханической отработки выделяются торфяные и галечно-эфельные. В распределении металла в них не устанавливается какой-либо закономерности. Существенную часть пойм многих крупных долин занимают площади дражных отработок. Распределение золота в них носит случайный характер, а уровень их золотоносности, как и для прочих техногенных россыпей, во многом определяется величиной первичной концентрации металла и уровнем эксплуатационных потерь, технологией предшествующей отработки.

3. МОДЕЛИ РУДНЫХ УЗЛОВ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

3.1. ЕНИСЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

3.1.1. Верхне-Енашиминский рудный узел

Геологическое строение Верхне-Енашиминского узла характеризуется по данным Н.Я. Головачева, Н.Р. Элова, В.А. Лопатина, Ю.Ф. Авдеевского, Л.В. Ли ((2003), ФГУГП «Красноярскгеолсъемка» (А.А. Стороженко и др., 1997 г.) с дополнениями и изменениями авторов.

В тектоническом плане Верхне-Енашиминский рудный узел принадлежит к мигеосинклинальной структурно-формационной зоне (СФЗ) байкалид Енисейского кряжа с антиклинорной внутренней структурой, в металлогеническом - Центрально-Енисейскому золотоносному поясу. Вдоль золотоносной зоны с перерывами прослеживаются рудные и россыпные месторождения и рудопроявления золота, которые группируются вблизи гранитоидных интрузивов с образованием рудно-россыпных узлов. Один из этих узлов Верхне-Енашиминский, заключающий Олимпиадинское, Титимухтинское и другие рудные поля входит в состав Ерудинского золотоносного района, занимающего срединное положение между Северо-Енисейским и Южно-Енисейским золотоносными районами (рис. 3.1).

Для геологического строения района характерным является широкое развитие интрузивов гранитоидов, которые составляют почти третью часть его площади. Здесь находится самый крупный в Заангарье Чиримбинский гранитоидный массив, приуроченный к Енашиминскому поперечному поднятию. Последний ограничивает с юга Верхне-Енашиминский рудный узел. Отмеченная геологическая особенность находит отражение в неоднородности строения верхней части земной коры. Тектонический блок, в котором находится рудный узел, выделяется среди других фундаментом существенно лейкократового состава и широким развитием метасоматических и палингенных гранитоидов.

Для геологической позиции рудного узла характерным является размещение на юго-западном крыле Центрального антиклинория в приграничной с эвгеосинклиналью части СФЗ, в ареале динамического влияния Татарского глубинного разлома. Это отличает его положение от других рудных узлов, которые располагаются в восток-северо-восточной периферии СФЗ у границы с миогеосинклиналью и контролируются Ишимбинским глубинным разломом. При этом он находится в пространственной близости к участку коленообразного изгиба в плане глубинного разлома, выраженного резким изменением простирания последнего с северо-западного на субмеридиональное и вновь на северо-западное. Динамические условия данного участка длиной 10-15 км, характеризовавшиеся обстановкой правостороннего сдвигового растяжения, определили повышенную проницаемость коры и формирование глубинных тепловых, а также вещественных потоков, которые обусловили широкое развитие процессов метасоматического и палингенного гранитообразования, внедрение небольших тел базитов и ультрабазитов.

Размещается рудный узел в пределах линейного структурного блока, ограниченного с северо-востока и юго-запада крупными разломами северо-западного простирания, входящими в систему глубинного разлома и относящимися к крутопадающим сбросо-сдвигам. Последние отчетливо фиксируются в поле силы тяжести, разграничивая площади с различной глубиной залегания кровли гранитоидных интрузий. Этот блок разбит более мелкими субширотными и субмеридиональными разломами на три блока второго порядка, каждый из которых характеризуется отличительными чертами строения и степенью внутренней неоднородности. Северо-западный и юго-восточный блоки приподняты и более глубоко эродированы; значительную часть их площади занимают гранитоиды. Для опущенного центрального блока характерны значительная глубина залегания кровли гранитоидной интрузии и более высокая степень расчлененности разломами (Ли и др. 1984). На его площади породы рудовмещающей осадочно-метаморфической толщи имеют более полный разрез и большие мощности. В восточной прикраевой части площади вблизи Верхне-Чиримбинского разлома расположено Олимпиадинское месторождение.

Важной особенностью геологической позиции рудного поля является размещение в провисе кровли крупного позднеорогенного плутона, сопровождающегося рядом сателлитов. По гравиметрическим данным и материалам бурения скважин кровля интрузии погружается на глубину до 1 км и более. Выявленные на площади рудного поля месторождения залегают в ранне- и среднерифейской осадочно-метаморфической толще и образованных ею сопряженных антиклинальной и синклинальной складках. Важными элементами его геологической позиции являются, кроме того, запад-северо-западное ответвление Ишимбинского глубинного разлома и Татарский глубинный разлом.

Стратиграфия

Верхне-Енашиминский рудный узел входит в состав Тейско-Татарской (Центральной) структурно-формационной зоны Енисейского кряжа, ограниченной Татарским и Ишимбинским разломами.

Стратифицированные образования занимают около 70% площади узла и отличаются по возрасту, составу и степени метаморфических и метасоматических преобразований. Стратиграфическая последовательность отложений нарушена многочисленными разломами с вертикальным перемещением блоков на сотни метров и многостадийными разноамплитудными надвигами с широким развитием опрокинутых слоев, лежачих и изоклинальных складок, многочисленных широких зон динамотермального преобразования: рассланцевания, милонитизации, брекчирования.

В пределах района развиты отложения архея, раннего протерозоя, рифея и четвертичной системы.

Архей

Малогаревская толща (AR?mq)

Породы малогаревской толщи распространены в бассейне р. Енашимо на отрезке от руч. Досеровского до руч. Широкого. Они образуют овально вытянутые брахиформные складки, крылья которых осложнены мелкими лежачими изоклинальными складками, зонами дробления и брекчирования. Малогаревская толща сложена амфиболитами (40%), мраморами (35%), кварцитами (10%), гнейсами (10%), кристаллическими сланцами (5%). Стратиграфическое положение толщи определяется тем, что она перекрывается мощной толщей кристаллических сланцев свиты хребта Карпинского раннего протерозоя.

В низах разреза выделяется пачка (350-400 м) белых, светло-серых, зеленоватых, голубоватых полосчатых мраморов, перекрытых второй пачкой (170-200 м) зеленых, темно-зеленых полосчатых, реже массивных амфиболитов. Третья пачка (200-300 м) сложена темно-серыми гранат-силлиманитовыми сланцами с прослоями (2-40 м) серых биотитовых гнейсов. Четвертая пачка (350-400 м) представлена темно-зелеными, черными полосчатыми и массивными амфиболитами с прослоями белых мраморов (5-10 м) и светло-серых кварцитов (1-5 м). Выше залегает пачка (300-350 м) серых, реже полосчатых мраморов, пе-

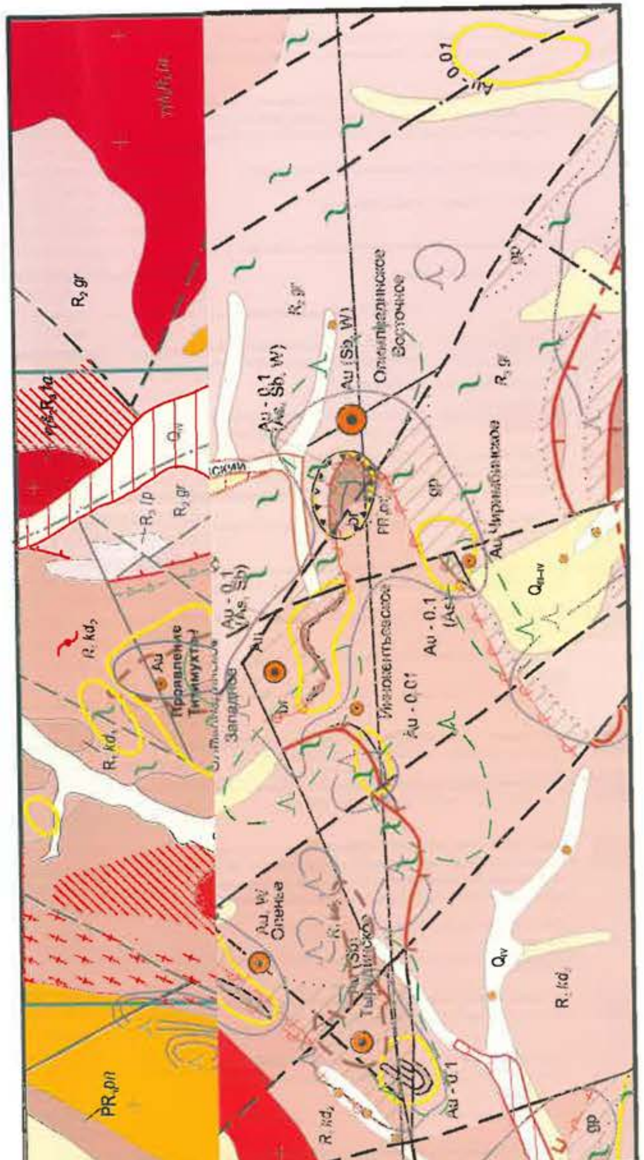


Рис. 3.1. Геологическая карта Верхне-Енашиминского рудного узла (масштаб 1:50 000) (по материалам ОАО "Красноярскгеолсъемка", ОАО "Красноярскгеология", ГРП ЗАО "Полюс", КНИИГиМС)

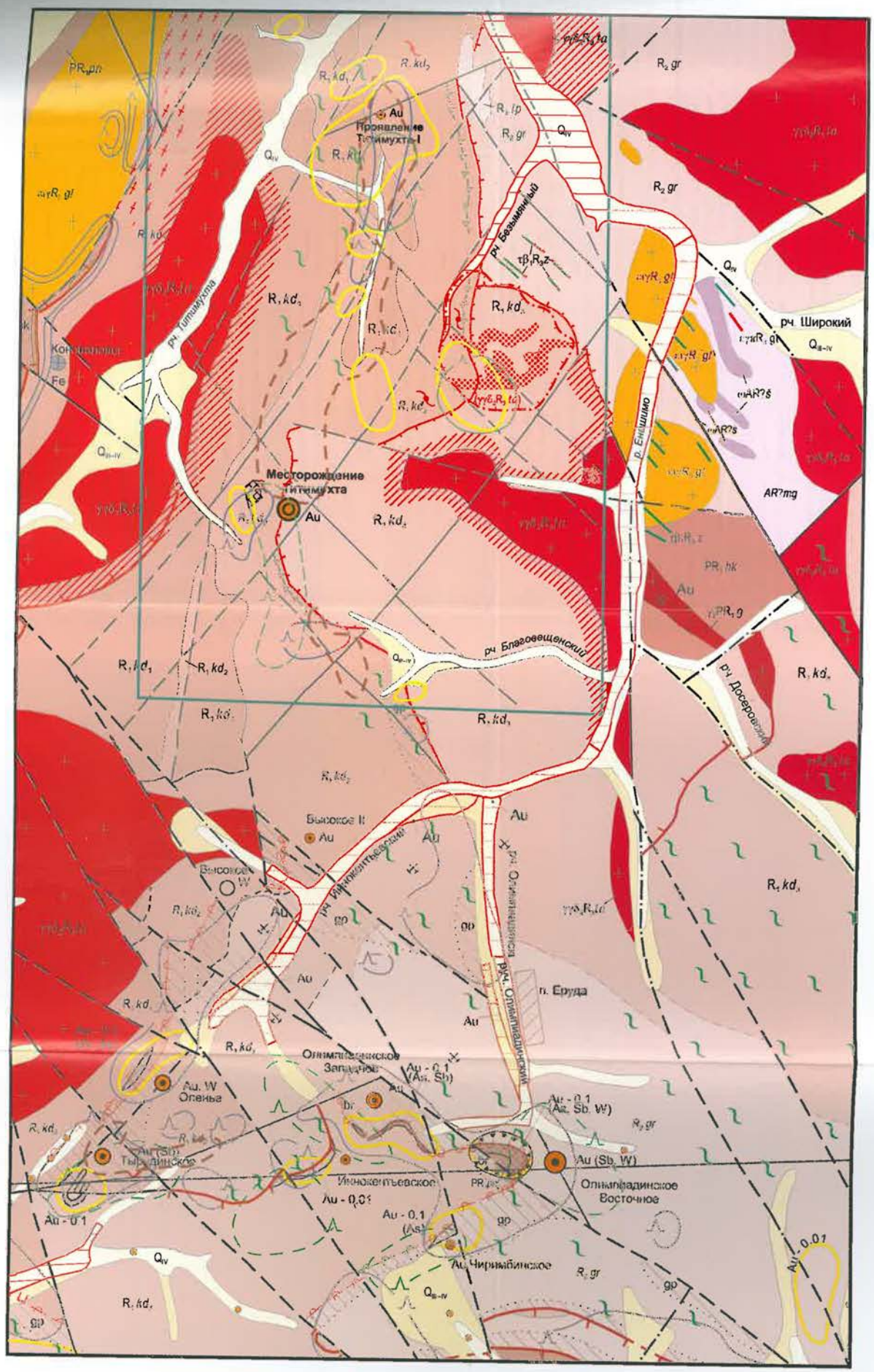


Рис. 3.1. Геологическая карта Верхне-Енашиминского рудного узла (масштаб 1:50 000)
(по материалам ОАО "Красноярскгеолсъемка", ОАО "Красноярскгеология", ГРП ЗАО "Полюс", КНИИГиМС)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Q_{IV} Современное звено. Аллювиальные и техногенные глинисто-песчано-валунно-галечные отложения русел и пойм (4-8 м). При наличии коренных источников золота перспективны для образования золотоносных россыпей

Q_{III-IV} Верхнее-современное звенья нерасчлененные. Аллювиальные глинисто-песчано-валунно-галечные отложения надпойменных террас (4-8 м), пролювиально-делювиальные суглинисто-щебнистые отложения (4-15 м). При наличии коренных источников золота перспективны для образования золотоносных россыпей

Захребетнинский субвулканический комплекс

$\tau\beta_1R_3z$ Дайки трахидолеритов

Чингасанская свита

R_3lp Лопатинская свита. Конгломераты, песчаники и алевролиты полимиктовые красноцветные (более 500 м)

Глушихинский комплекс

Подгоннинские интрузивные образования

$\varepsilon\gamma\pi R_3gl$ Субщелочные лейкограниты ($\varepsilon\gamma$), гранит-порфиры ($\gamma\pi$)

$\varepsilon\gamma R_3gl$ Субщелочные лейкограниты мелко-, среднезернистые (ξ/γ), гранитизированные породы: пегматоидные тела гранитного состава, мигматиты слюдисто-полевошпат-кварцевые

Татарско-Аяхтинский комплекс

$\omega\alpha R_3\gamma_2$ sk Вторая фаза. Граниты средне-, крупнозернистые биотитовые, амфибол-биотитовые (γ_2), гранодиориты ($\gamma\delta_2$), роговики (r), скарны (sk)

г

Сухопитская серия

R_2gr Горбилокская свита. Метапелиты алевритистые зелено-серые кварц-серицит-хлоритовые, нередко нитевиднослоистые, местами магнетитсодержащие (600 м). Зоны динамотермального метаморфизма благоприятны для локализации золото-кварцевого оруденения

Кордикская свита

R_1kd_3 Верхняя подсвита. Сланцы гранат-кварц-хлорит-серицитовые, роговики андалузит-кварц-биотит-мусковитовые (500-600 м)

R_1kd_2 Средняя подсвита. Сланцы хлорит-серицит-кварцевые, гранатсодержащие кварц-хлорит-серицитовые, роговики кордиерит-кварц-биотит-серицитовые (500-800 м)

R_1kd_1 Нижняя подсвита. Сланцы гранатсодержащие кварц-хлорит-мусковитовые, роговики кварц-биотит-мусковитовые (200-300 м)

Гаревский ультраметаморфогенный комплекс

γ_2R_1g Вторая фаза. Гнейсо-граниты микроклиновые (γ_2)

Тейская серия

Пенченгинская свита

PR_1pn_2 Верхняя подсвита. Слюдяные сланцы (с гранатом и ставролитом), метаалевролиты, пачки переслаивания параамфиболитов и мраморов (более 500 м)

PR_1pn_1 Нижняя подсвита. Мраморы, кальцифиры тремолит-флогопитовые, орто- и параамфиболиты, сланцы слюдяные и карбонатные (500-800 м)

PR_1hk Свита хребта Карпинского. Кристаллические сланцы: слюдяные, гранат-ставролитовые, дистеновые, силлиманитовые, единичные прослои кварцитов (1000 м). Вблизи рудоносных разломов могут вмещать золотоносные жилы кварца. Участки с повышенным содержанием высокоглиноземистых минералов являются перспективными на обнаружение метаморфоенных месторождений алюминия

Шумихинский субвулканический комплекс

$\omega AR?s$ Силлы и мелкие тела метапикритов (ω), метагаббро (v)

$AR?mg$ Малогаревская толща. Мраморы, кальцифиры оливин-диопсидовые, амфиболиты, кварциты, гнейсы, кристаллические сланцы (более 1500 м)

Граница гранитоидной интрузии, залегающей на небольшой глубине от дневной поверхности по данным электроразведки (ДЭП). Условный возраст интрузии ($\gamma\gamma\delta_2R_3ta$)

Линейные коры выветривания триас-юрского возраста (T-J)

ml Тектониты: брекчии (b), милониты (ml), катаклазиты (kt), являются указателем наличия тектонических зон Благоприятны для локализации золото-кварцевого и золото-сульфидного оруденения

Динамосланцы. Являются указателем наличия тектонических зон. Благоприятны для локализации золото-кварцевого и золото-сульфидного оруденения

Зоны динамо-термального преобразования пород

Зоны метасоматического преобразования пород

1 sp, 2 pr 1) Зоны углеродистого метасоматоза. Играют роль геохимического барьера на пути рудоносных гидротерм
2) Зоны березитизации. Благоприятны для локализации золото-сульфидного оруденения

Геологические границы

а Между разновозрастными геологическими образованиями:
б а - достоверные,
б - предполагаемые

Разрывные нарушения

а б в Сбросо-взбросы: а) достоверные, б) предполагаемые, в) скрытые под вышележащими отложениями, г) контролирующие размещение золотого оруденения

а б в Надвиги: а) достоверные, б) скрытые под вышележащими образованиями, в) с опрокинутым в алеганием сместителя

Характеристика рудных объектов

Обозначение объекта — Au (Sb) Тырыдинское — Слева - контур рудной зоны на земной поверхности. Справа - знак объекта с обозначением его геолого-промышленного типа и масштаба, основной полезный компонент руд и возможные попутно извлекаемые компоненты. Название объекта

Масштабы объектов: Крупные месторождения; Средние месторождения; Проявления; Пункты минерализации

Геолого-промышленные типы объектов: Золото-сульфидный; Золото-кварцевый штокверковый (золото-висмутовый); Скарновый магнетитовый; Кварцево-грейзеновый

Поисковые признаки

Au - 0.01 (As) Литогеохимические вторичные ореолы рассеяния, содержание элементов в %, золота в г/т, в скобках элементы-спутники с повышенным содержанием

Au Отработанные россыпи

Магнитные аномалии:

а) высокоинтенсивные (500-1000 нТл), перспективные на поиски магнетитовых скарновых руд

б) слабой интенсивности (10-300 нТл), перспективные на поиски золото-сульфидных или золото-кварцевых руд с пирротином

Населенные пункты

Контур карьера "Восточный"

Контур Титимухтинского рудного поля

Гравитационные аномалии:

а) положительные, предположительно связаны с метасоматическим уплотнением пород

б) отрицательные, связанные с образованием кор выветривания, в том числе над золото-сульфидными объектами

Шлиховые пробы со знаками золота

...И Я

...ры метасоматического преобразования пород

1) Зоны углеродистого метасоматоза. Играют роль геохимического барьера на пути рудоносных гидротерм
2) Зоны березитизации. Благоприятны для локализации золото-сульфидного оруденения

...логические границы

Между разновозрастными геологическими образованиями:
а - достоверные,
б - предполагаемые

...рывные нарушения

Сбросо-взбросы: а) достоверные, б) предполагаемые, в) скрытые под вышележащими отложениями, г) контролирующие размещение золотого оруденения

Надвиги: а) достоверные, б) скрытые под вышележащими образованиями, в) с опрокинутым з алеганием сместителя

...рактеристика рудных объектов

...значение ...екта

Au (Sb) Тырыдинское

Слева - контур рудной зоны на земной поверхности. Справа - знак объекта с обозначением его геолого-промышленного типа и масштаба, основной полезный компонент руд и возможные попутно извлекаемые компоненты. Название объекта

...асштабы ...бъектов

Крупные месторождения

Средние месторождения

Проявления

Пункты минерализации

...еолого-...ромышленные ...ипы объектов

Золото-сульфидный

Золото-кварцевый штокверковый (золото-висмутовый)

Скарновый магнетитовый

Кварцево-грейзеновый

...вые признаки

Литогеохимические вторичные ореолы рассеяния, содержание элементов в %, золота в г/т, в скобках элементы-спутники с повышенным содержанием

Отработанные россыпи

Au

...тные аномалии:

а) высокоинтенсивные (500-1000 нТл), перспективные на поиски магнетитовых скарновых руд

б) слабой интенсивности (10-300 нТл), перспективные на поиски золото-сульфидных или золото-кварцевых руд с пирротином

Населенные пункты

Контур карьера "Восточный"

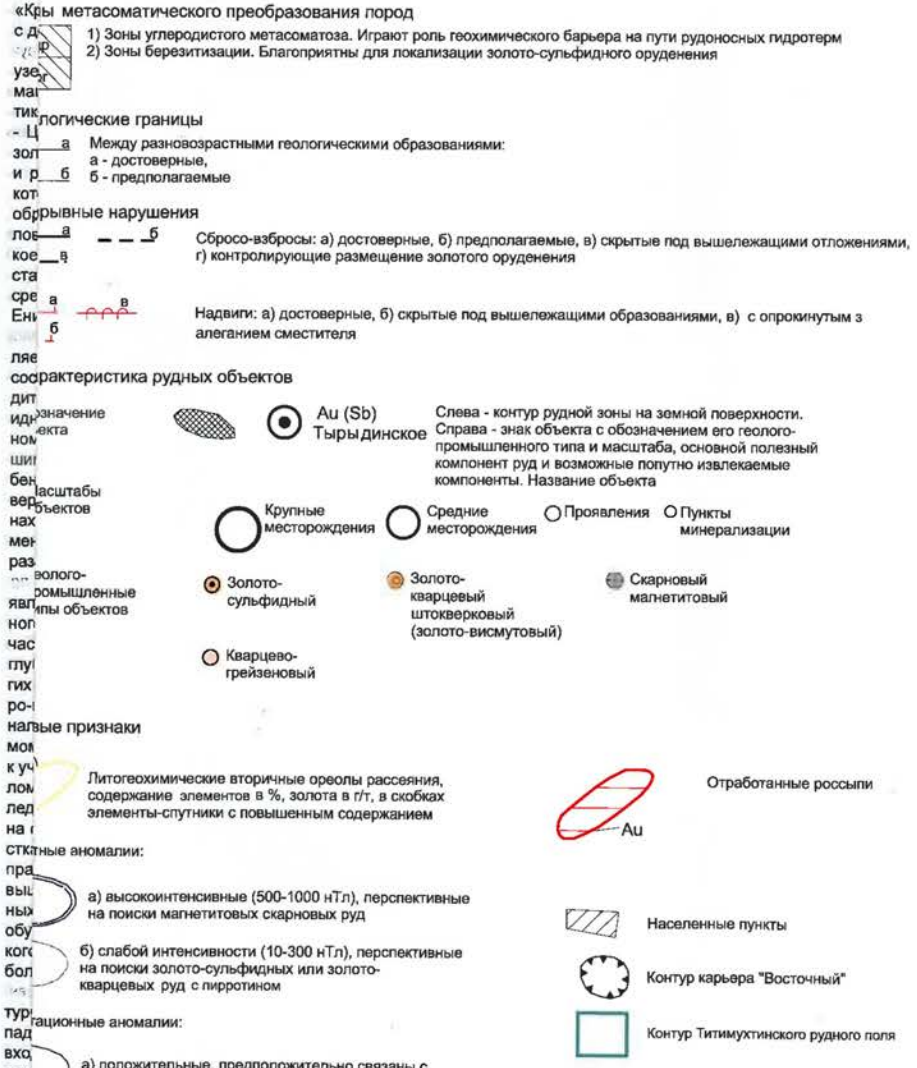
Контур Титимухтинского рудного поля

...тационные аномалии:

а) положительные, предположительно связаны с метасоматическим уплотнением пород

б) отрицательные, связанные с образованием кор выветривания, в том числе над золото-сульфидными объектами

Шлиховые пробы со знаками золота



рекрытая отложениями шестой пачки (350-400 м), сложенной чередующимися амфиболитами (20-50 м), кварцитами (1-5 м), гнейсами (5-10 м) и кристаллическими сланцами (5-25 м). Общая мощность вскрытого разреза составляет 1500-1800 м. Преобладающие в разрезе толщи амфиболы состоят из роговой обманки (40-65%), плагиоклаза (№ 40-50, 35-40%), иногда кварца (0,5-7%), граната (до 1-3%), диопсида, рудных минералов, апатита, сфена.

Белые и светло-серые мраморы сложены крупнозернистым кальцитом с незначительной примесью зерен кварца. В серых, зеленоватых, голубоватых полосчатых мраморах, кроме кальцита, почти всегда есть примесь амфибола (до 7%), биотита (до 5%), диопсида (до 10%), форстерита (до 5%), плагиоклаза, турмалина, сфена. Изредка в толще мраморов выделяются тела кальцифиров, состоящие из диопсида (60-65%), биотита (10-15%), кальцита.

Кварциты содержат примесь полевых шпатов (5-15%), биотита (1-10%), иногда мусковита (до 5%), реже граната, роговой обманки, кальцита, циркона, апатита, эпидота, хлорита.

Гнейсы и плагиогнейсы состоят из плагиоклаза (№ 32-35, 15-50%), биотита (15-20%), кварца (15-30%), граната (10-15%), гиперстена (5-7%), диопсида, амфибола, апатита, циркона.

Кристаллические сланцы сложены следующей ассоциацией минералов: кварц (35-40%), плагиоклаз (35-40%), биотит (15-20%), калиевый полевой шпат (10-15%), дистен (20-25%), ставролит (8-10%), силлиманит (7-8%), гранат (3-5%).

Минеральные ассоциации свидетельствуют о том, что породы малогаревской толщи сформировались в условиях гранулитовой фации метаморфизма.

Породы малогаревской толщи были, в значительной мере, преобразованы в результате последующих метаморфических и метасоматических процессов. В них широко проявлен процесс гранитизации с образованием аллохтонных и параавтохтонных тел гнейсо-гранитов с возрастом 1750±50 млн. лет. Повсеместно проявлены процессы диафтореза.

Отнесение пород малогаревской толщи к архею базируется на имеющихся определениях радиогенного возраста, полученных за пределами Верхне-Енашиминского узла (2540-3100 млн. лет по мраморам приустьевой части р. - Тис, 2950 млн. лет по циркону из гнейсов в устье р. Гаревки (Волобуев, 1973). Породы малогаревской толщи перекрыты сланцами свиты хребта Карпинского, возраст метаморфических преобразований которых определен в 1960 млн. лет по данным рубидий-стронциевого метода (Зуев, 1993 г.). По нашему мнению малогаревскую толщу следует отнести к нижнему протерозою.

Нижний протерозой (Карелий)
Тейская серия

В составе тейской серии выделяются две свиты: нижняя сланцевая (свита хребта Карпинского) и верхняя сланцево-амфиболит-карбонатная (пенченгинская свита).

Свита хребта Карпинского (PR_1hk). Породы свиты развиты на правобережье р. Енашимо ниже устья руч. Досеровского. Они слагают осложненные линейные складки и отдельные, ограниченные разломами блоки. В разрезе свиты преобладают (95%) высокоглиноземистые кристаллические сланцы и в небольшом количестве (15%) присутствуют кварцевые и амфиболовые сланцы. Общая мощность отложений свиты составляет около 1000 м.

Кристаллические сланцы имеют серый, темно-серый, зеленовато-серый цвет, сланцевую, узловатую текстуру, лепидогранобластовую, порфиробластовую структуру. В составе сланцев преобладают кварц, (40-60%), биотит (20-30, реже 40%), плагиоклаз (№ 30-40, 7-10%), гранат (13-10%), в виде непостоянных примесей отмечаются калиевый полевой шпат, амфибол, магнетит, сульфиды, рутил, турмалин. Состав сланцев определяется постоянным присутствием (5-25%) одного или нескольких высокоглиноземистых минералов: силлиманита, дистена, ставролита. Кварциты светло-серого, реже белого цвета, имеют постоянную примесь биотита (2-7%) и полевых шпатов (2-5%), мусковита, пирита, турмалина, эпидота, циркона, рутила.

Охарактеризованные минеральные парагенезисы соответствуют дистен-альмандин-амфиболовой и, в меньшей мере, ставролит-альмандин-амфиболовой субфациям амфиболитовой фации регионального метаморфизма. В породах свиты проявились процессы ультраметаморфизма и гранитизации, о чем свидетельствует наличие многочисленных параавтохтонных тел гнейсо-гранитов гаревского комплекса. В меньшей степени проявляется диафторез в связи с зеленосланцевым этапом метаморфизма.

Пенченгинская свита (PR_1 pn). Породы пенченгинской свиты согласно залегают на сланцах свиты хребта Карпинского. В низах разреза преобладают мраморы и амфиболиты, в верхах- кристаллические сланцы.

Мраморы и мраморизованные известняки имеют серый, светло-серый, темно-серый цвет, массивную полосчатую текстуру и гранобластовую структуру. В них постоянно присутствуют: кварц, тремолит, форстерит, шпинель, турмалин, мусковит, биотит. Сланцы гранат-биотит-кварцевые иногда со ставролитом и андалузитом. На Олимпиадинском месторождении в мраморах свиты проявлены процессы березитизации, а в верховье р. Чиримбы - графитизации. Вдоль зон разломов в карбонатных породах свиты широко проявлены процессы корообразования с выносом карбонатных минералов, понижением плотности руд и пород, обогащением золотом. Глубина проявления коры выветривания достигает 300 м. На южных склонах г. Енашиминский Полкан, на контакте гранитов татарско-аяхтинского комплекса и мраморов установлены магнетитовые скарны.

Верхний протерозой
Рифей. Сухопитская серия

Отложения имеют широкое распространение и для большинства рудопроявлений и месторождений золота именно они являются рудовмещающими. Породы сухопитской серии представлены терригенными образованиями регионально метаморфизованными в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций, но первичное их происхождение распознается уверенно - это терригенные породы.

На подстилающих образованиях нижнего протерозоя и архея сухопитская серия залегает со стратиграфическим и угловым несогласием. Разрез серии представляет собой закономерно построенный комплекс осадочных отложений с отчетливой трансгресивно-регрессивной направленностью процесса седиментации.

В пределах узла развиты отложения кординской, горбилокской и удерейской (за пределами района) свит сухопитской серии.

Кординская свита (R_1kd). Отложения кординской свиты наиболее широко распространены. Они занимают водораздельные пространства и склоны в верховьях рр. Талая, Чиримба, Еруда, Тырада, Титимухта, Енашимо и слагают линейные, иногда опрокинутые, складки, с осложненными крыльями.

Кординская свита сложена метаморфическими породами, сформировавшимися в условиях серицит-хлорито-

вой и хлорит-биотитовой субфаций фации зеленых сланцев и эпидот-амфиболитовой фации по обломочным терригенным породам.

Наиболее полный разрез отложений кординской свиты вскрывается в правом борту р. Еруда в районе пос. Новоерудинский. Здесь на мраморах пенченгинской свиты с угловым несогласием залегает пачка аркозовых метапесчаников с прослоями грубозернистых кварцевых песчаников, серых серицит-кварцевых, биотит-мусковитовых сланцев. Непосредственно на контакте с мраморами и кальцифирами пенченгинской свиты залегает пласт (1-5 м), серых, зеленовато-серых грубозернистых гравийных кварцевых метапесчаников, они перекрыты аркозовыми метапесчаниками с прослоями (несколько метров) серых метаалевролитов и метаалевропесчаников. Мощность этой пачки составляет 200-300 м. Метапесчаники имеют светло-серый, белый, желтовато-серый, зеленоватый цвет, бластопсаммитовую структуру и неотчетливо слоистую структуру. Преобладают средне- и мелкозернистые разности, иногда разнозернистые до алевритистых или гравийных. По составу они кварцевые с меньшей или большей примесью полевых шпатов.

Стратиграфически выше пачки метапесчаников согласно залегает пачка биотит-мусковит-кварцевых сланцев (метаалевролитов), которая соответствует среднекординской подсвите. Мощность этой пачки 500-600 м и сложена она серыми, зеленовато-серыми, фиолетово-серыми кварц-полевошапат-слюдистыми сланцами. Слоистость обусловлена чередованием слойков (0,1-1,0 мм) биотит-серицитового состава и слюдистых, слюдисто-карбонатных слойков. Примесь карбоната весьма характерна для этой пачки, достигает 5-10%, реже более. В карбонатных слюдисто-кварцевых сланцах (метаалевролитах) средней пачки локализованы золото-сульфидные руды значительной части известных рудопроявлений. Третья пачка (соответствующая верхнекординской подсвите) представлена микрослоистыми двуслюдистыми сланцами (без примеси карбоната). Характерной особенностью третьей пачки является наличие ритмически построенных прослоев (10-20 см) и горизонтов (10-30 м) темно-серых в основном слюдистых сланцев. Мощность третьей пачки составляет 500-600 м.

Общая мощность отложений кординской свиты составляет 1200-1500 м.

Горбилокская свита (R_2gr). Отложения свиты согласно залегают на сланцах кординской свиты, в ядрах линейно-вытянутых синклинальных складок в верховьях рр. Талая, Еруда, у г. Источная и г. Лысая. Широко они развиты в районе Олимпиадинского месторождения.

Горбилокская свита сложена хлорит-серицит-кварцевыми сланцами зеленовато-серого, зеленого, серого цвета с лепидогранобластовой, лепидобластовой, порфиробластовой структурой и сланцеватой текстурой с реликтовой нитевидной слоистостью. Основную массу пород слагает тонкочешуйчатый (0,01-0,07 мм) хлорит-серицитовый агрегат (хлорита 10-30%). Алевритовый материал, составляющий 5-15% объема породы, представлен кварцем и образует пунктирно-нитевидные прослойки. Иногда слоистость обусловлена наличием тончайших серицитовых прослойков. Порфиробластовая структура образована развитием мелких (0,1-1,0 мм) овальных обособлений хлорита. В сланцах горбилокской свиты постоянно присутствует пирит, ильменит, в отдельных прослоях магнетит (до 1-3%), изредка - гранат, циркон, эпидот.

Породы преобразованны в хлоритовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма В зоне окварцевания пород горбилокской свиты локализовано рудопроявление Благодатное.

Удерейская свита (R_2ud). Отложения удерейской свиты согласно залегают на сланцах горбилокской свиты и развиты незначительно. В составе свиты выделяются три подсвиты: нижняя, сложенная темноцветными сланцами (метапелитами с примесью алевролитового материала), средняя - зеленоцветными сланцами (метапеллиты) и верхняя - темноцветными сланцами (метапелиты, слабо алевритистые).

Рифей. Чингасанская серия

Лопатинская свита (R_3lp). Отложения лопатинской свиты развиты на левобережье р. Енашимо в бассейне руч. Коноваловского. Разрез представлен грубообломочными красноцветными породами: конгломератами, гравелитами, полимиктовыми песчаниками, алевролитами. Породы смяты в коробчатые складки, крылья которых осложнены мелкими приразломными складками. Вскрытая мощность отложений составляет около 500 м. Возраст определяется в пределах 750-760 млн.лет на основании прорыва отложений гранитоидами глушихинского комплекса.

Мезозойская группа

Коры выветривания

Процессы денудации и латеритного химического выветривания на Енисейском кряже имели широкое развитие в мезо-кайнозое, начиная с триаса. Данная площадь располагается в пределах Верхнеполканской поверхности выравнивания, где проявление процессов выветривания относится к границе триаса-юры. Мощные (глубиной до 300 м) мел-палеогеновые золотоносные коры, датированные по споро-пыльцевому комплексу, отрабатываются на месторождении Олимпиада. Продукты коры выветривания, вероятно также мел-палеогенового возраста, вскрыты скв. 16-20 в северо-западной части месторождения Титимухта, отмечены в вершине руч. Благовещенского и прослежены узкой полосой до рудопроявления Титимухта-1 почти на 4 км. В профиле коры выветривания по скв. 18 выделены три зоны (сверху-вниз): глинистая, дезинтеграции, структурная - глинизированных материнских пород, общей мощностью около 60-70 м.

1. Глинистая зона. Инт. 7.7-27.2 м. Глины красноцветные, темно-бурые вязкие плотные с редкими обломками глинизированных сланцев и дресвы кварца;

2. Зона дезинтеграции. Инт. 27.2-46.7 м. Обломки выветрелых сланцев, дресва и щебень кварца в глинистом буром матриксе. Обломочный кварцевый материал в отдельных интервалах преобладает;

3. Структурная зона. Инт. 46.7-66.5 м. Сланцы слюдисто-кварцевые с прожилками кварца в значительной степени выветрелые, иногда до глинистого состояния, с сохранившейся реликтовой структурой. Кварц в виде дресвы и щебня.

Кайнозойская группа

Четвертичная система

Отложения четвертичной системы развиты на площади практически повсеместно. Среди них выделяются отложения верхнего и современного звеньев различных генетических типов: аллювиальные, пролювиально-делювиальные и техногенные. С аллювиальными отложениями связаны месторождения россыпного золота.

Интрузивные образования

На изученной территории магматические породы слагают около 30% площади и объединяются в следующие комплексы («Рабочая корреляционная схема...», 1996):

- шумихинский субвулканический коматиит-базальтовый комплекс;

- гаревский ультраметаморфогенный мигматит-гранитовый комплекс;
- татарско-аяхтинский гранитоидный комплекс;
- глушихинский лейкогранитовый комплекс;
- захребетнинский комплекс щелочных габброидов и нефелиновых сиенитов;
- чапинский щелочноультрабазитовый комплекс.

Шумихинский субвулканический комплекс (wAR?л)

К шумихинскому комплексу отнесены линзовидные и пластовые тела метабазитов и метаультрабазитов, залегающие среди архейских отложений на водоразделе рр. Енашимо - Широкий и комагматичные метавулканиты малогаревской толщи. Интрузивы сложены среднекрупнозернистыми массивными, реже гнейсовидными меланократовыми метагаббро и метапикритами. В крупных телах местами наблюдается закономерная смена (вверх по разрезу) метапикритов меланократовыми и нормальными метагаббро. Метабазиты представляют собой массивные, гнейсовидные породы с нематобластовой, гранонематобластовой, бластогаббровой, бластопорфировой структурами, сложенные гастингситом - 60-90%, андезин-лабрадором - 10-40%, местами присутствуют моноклинный пироксен (до 15-20%) и гранат (до 2-5%). Акцессорные минералы: титаномагнетит, пирротин, халькопирит, сфен, лейкоксен, апатит. К метапикритам отнесены мелко-среднезернистые гнейсовидные породы с нематобластовой, гранонематобластовой, бластопорфировой структурами. Сложены они моноклинным пироксеном - 5-30%, тремолитом - 60-90%, и акцессорными минералами: магнетитом, гранатом, шпинелью, пиритом, пирротином.

Описанные породы характеризуются высокими концентрациями магния, сидеро-халькофильных элементов (в первую очередь Ni, Co, Cu), золота, низкой щелочностью, титанистостью, глиноземистостью и по соотношениям петрогенных элементов соответствуют толеитовым базальтам, базальтовым и пироксеновым коматиитам.

Метабазиты прорваны плагиогранитами с абсолютным возрастом 2286 млн. лет, участвуют в архейской складчатости, метаморфизованы изофациально с вмещающими породами в гранулитовой фации и впоследствии претерпели интенсивный диафторез амфиболитовой фации, что привело к полному уничтожению первично-магматических структур и минералов. Метабазиты шумихинского комплекса относятся к образованиям коматиит-базальтовой формации и совместно с вулканитами малогаревской толщи представляют собой фрагменты переработанного первичного зеленокаменного пояса.

Гаревский ультраметаморфогенный комплекс (γPR1g)

К гаревскому комплексу относятся тела биотитовых, двуслюдяных и амфибол-биотитовых порфиробластических микроклиновых гнейсо-гранитов и многочисленные тела биотитовых, турмалиновых и керамических пегматитов, залегающих среди дорифейских образований. Породы комплекса разделены на две фазы. К первой фазе относятся автохтонные тела гнейсо-гранитов с нечеткими, расплывчатыми границами, залегающие среди гнейсов архея. Породы второй фазы, представленны параавтохтонными и аллохтонными телами гнейсо-гранитов. Они расположены на левобережье р. Еруды и в междуречье Бугорихты - Енашимо. Мелкие тела и краевые части крупных интрузий сложены мелкозернистыми, нередко меланократовыми гнейсо-гранитами, сменяющимися к центру слабо гнейсовидными и массивными, часто лейкократовыми мелко-среднезернистыми гранитами. В зоне экзоконтакта вмещающие породы микроклинизированы, биотитизированы.

Гнейсо-граниты представляют собой мелко-среднезернистые, обычно порфировидные породы светло-серого, светло-желтовато-серого цвета с гранобластовой, лепидогранобластовой, реже гранитной структурой, сложенные кварцем - 25-35%, микроклином - 30-35%, олигоклазом - 25-30%, биотитом - 2-7%, мусковитом - 0-3% и роговой обманкой - 0-3%. Акцессорные минералы: гранат, магнетит, сфен, апатит, циркон, турмалин, дистен, ставролит.

По химическому составу вышеописанные породы соответствуют гранитам, лейкогранитам и субщелочным лейкогранитам.

Гнейсо-граниты отнесены к образованиям мигматит-гранитовой формации (с абсолютным возрастом 1850 млн. лет), образовавшейся в процессе нижнепротерозойского ультраметаморфизма и гранитизации.

Татарско-аяхтинский комплекс (R_1ta)

Магматические образования татарско-аяхтинского комплекса почти кольцом окружают рудный узел, но во внутренней его части не вскрываются на дневной поверхности. Они представлены гранитоидами, слагающими в северо-западной и западной приграничной части рудного поля Тырыдинский массив, в южной и юго-восточном его обрамлении - крупный Чиримбинский массив площадью 530 кв. км. Отдельные мелкие тела гранитоидов выступают на небольшом удалении к северо-востоку от рудного поля. По геофизическим данным непосредственным глубинным продолжением названных массивов являются гранитоиды, залегающие под Олимпиадинскими и Титимухтинскими рудными полями. Исходя из этого, рассмотрим основные петрографические особенности интрузий с учетом вновь полученных Ю.Ф. Авдеевским материалов в процессе геологического доизучения.

Татарско-аяхтинский комплекс трехфазный. В первую фазу произошло внедрение среднезернистых кварцевых диоритов, гранодиоритов, диоритов. Во вторую (главную) - становление крупных плутонов средне-крупнозернистых биотитовых, биотит-амфиболовых гранитов и гранодиоритов. На заключительном этапе сформировались штоки и дайки мелкозернистых гранитов, лейкогранитов, аплитов и пегматитов.

К данному комплексу на изученной территории относятся Верхнечиримбинский, Нижнечиримбинский и Тырыдинский массивы, представляющие собой, по геофизическим данным, выходы единого крупного батолита площадью около 350-370 км², а также Каламинский и слабо вскрытый Верхнеерудинский массивы. Все выше названные массивы однотипны по вещественному составу и имеют близкое строение. Глубина залегания подошвы интрузий, по геофизическим данным, составляет 4-5, реже 7 км. Крупные массивы обычно сопровождаются многочисленными мелкими сателлитами.

Интрузивы сложены на 90-100% средне-крупнозернистыми, часто порфировидными биотитовыми, амфибол-биотитовыми гранитами, гранодиоритами. В эндоконтактах массивов залегают мелкозернистые редкопорфировидные граниты зоны закалки. Вблизи ксенолитов и у контакта с основными породами наблюдаются меланократовые гибридные породы диоритового, гранодиоритового состава. В интрузиях наблюдаются многочисленные мелкие штоки, дайки, жилы лейкогранитов, мелкозернистых гранитов, аплитов и пегматитов третьей фазы.

Вмещающие породы вблизи интрузий скарнированы, пропилитизированы, ороговикованы. Наиболее интенсивно контактовый метаморфизм проявился вблизи слабо

вскрытого Верхнеерудинского массива, где силлиманитовые и кордиеритовые роговики занимают значительную площадь. Граниты вблизи тектонических зон нередко катаклазированы, микроклинизированы, а в эндоконтактовых зонах - грейзенизированы.

Диориты первой фазы представляют собой среднезернистые породы темно-серого, желтовато-темно-серого цвета, сложенные кварцем - 5-15%, андезином - 70-75%, микроклином - 0-5%, амфиболом - 10-15% и биотитом - 0-5%.

В гранитоидах второй фазы преобладают светло-серые средне-крупнозернистые, порфировидные (до 20-25%) породы. Минеральный состав: кварц - 15-30%, ортоклаз - 25-35%, микроклин - 20-25%, биотит - 5-10%, амфибол - 0-10%; акцессорные минералы - гранат, сфен, циркон, апатит, пирит, турмалин, рутил.

Гранитоиды третьей фазы чаще всего сложены мелко-среднезернистыми породами светло-серого, розоватого цвета, имеющими следующий минеральный состав: кварц - 35-45%, микроклин - 20-30%, альбит-олигоклаз - 20-25%, биотит - 1-5%.

По особенностям вещественного состава породы комплекса отвечают нормальным гранитоидам известково-щелочного ряда. Типоморфными для них являются повышенные содержания сидеро-халькофильных элементов, бария и стронция.

Тырыдинский массив представляет собой куполовидный выступ интрузии неправильной овальной формы размером 6х5 км с контактами плавных очертаний, осложненных лишь на отдельных участках разрывными нарушениями. Он характеризуется простым однофазным строением, сложен в основном гранитами и гранодиоритами, весьма ограниченно распространены плагиограниты и выделяются небольшие участки грейзенизированных гранитов.

Преобладающие в составе пород массива граниты серые с буроватым оттенком, биотитовые, реже двуслюдяные, среднезернистого, на отдельных участках крупно- и равномерно-зернистого сложения, слабо порфировидные, преимущественно с нерезко выраженной гнейсовидной, реже массивной текстурой. Они состоят из кварца (20-35%), калишпата (25-40%), плагиоклаза (20-40%), биотита (7-10%), мусковита (0.5-3%). Ю.Ф. Авдеевский отмечает присутствие в гранитах богатых щелочами большого количества таблитчатых и призматических зерен олигоклаза последних номеров размером от 0,5 до 4,5 мм в поперечнике, обладающих повышенным идиоморфизмом и иногда образующих сростки; они придают породе своеобразные черты строения. Зерна олигоклаза имеют изрезанные края, располагаются неупорядоченно, содержат многочисленные мелкие включения плагиоклазов более ранней генерации. Структура пород типичная гипидиоморфнозернистая, реже бластогранитовая, обусловленная развитием в них процессов протоклаза.

Гранодиориты слагают преимущественно краевые приконтактовые зоны массива, тесно ассоциируют с гранитами и связаны с ними постепенными переходами. Основные породообразующие минералы представлены кварцем (20-30%), плагиоклазом (45-50%), калишпатом (10-20%), биотитом (6-12%), мусковитом (1-3%). Породы обладают характерной для них гранитной структурой нередко с элементами протоклаза - протобластеза и катаклаза. В них также как в гранитах, присутствуют сравнительно крупные (до 5 мм и более), относительно идиоморфные таблитчатые зерна олигоклаза, обуславливающие характерное строение пород.

По составу акцессорных минералов рассматриваемые породы, по существу, не отличаются от описанных выше гранитов.

Плагиограниты слагают небольшие участки у северо-западного контакта гранитоидного массива и среди грейзенизированных пород в северо-восточной его части. Они характеризуются буровато-серой окраской, средне-мелкозернистым сложением, состоят в основном из плагиоклаза (до 50-55%, кварца (30-35%) и биотита (12-15%), имеют гнейсовидную структуру и микролинзовидно-полосчатую текстуру. Размеры зерен и чешуек минералов варьируют в пределах 0,05-0,6 мм, редко 0,8-1,0 мм.

Грейзенизированные граниты развиты ограниченно в пределах эндо- и экзоконтактовых зон северо-восточной части массива. Они представляют собой в различной степени мусковитизированные и турмалинизированные породы - граниты, гранодиориты, плагиограниты и вмещающие сланцы, сохраняющие детали строения и основной состав первичных пород. Характер преобразований пород соответствует внешней зоне грейзеновой метасоматической колонки.

Для грейзенизированных гранитов характерны, в общем, мелкая зернистость, широкое развитие альбита, кварца, мусковита, турмалина. Процесс изменения начинается с ранней микроклинизации плагиоклаза, которая развивается с краев зерен и приводит к образованию крупных выделений микроклина с включениями плагиоклаза. В последующем происходит интенсивное развитие альбита, кварца, замещение плагиоклаза мусковитом. Образуются мелкозернистые агрегаты микроклина и кварца, альбититы, альбит-кварц-мусковитовые грейзены с турмалином. Выделения турмалина распределены неравномерно в виде вкрапленности мелких кристаллов, гнезд и скоплений крупных разноориентированных кристаллов, образующих прожилки и зонки в ассоциации с кварцем; они часто замещаются поздним микроклином, кварцем, альбитом, мусковитом.

Тела грейзенизированных гранитов, залегающие в экзоконтактовой зоне массива среди кварц-слюдистых сланцев на некоторых участках пересечены сетью кварцевых жил и прожилков. Вокруг последних развивается грейзеновая оторочка шириной 0,2-0,6 м, которая на участках сгущения образует обширные поля, где оторочки сливаются. Грейзенизированные граниты и грейзены, окаймляющие кварцевые жилы, имеют желтовато-зеленоватую окраску, близкое к мелкозернистому строение, обычный гранитный состав, апогранитовую или бластогранитовую, гранулитоподобную структуру. Процесс грейзенизации приводит в них к почти полному замещению плагиоклазов мусковитом вплоть до полной их псевдоморфизации. В грейзенах полевые шпаты замещаются не только мусковитом, но и кварцем, широко развиты в них и турмалинизация. Вблизи основного гранитного тела располагается серия линзовидных тел грейзенизированных гранитов, залегающих в слюдяных сланцах с турмалиновой оторочкой сантиметровой мощности.

По результатам исследований Ю.Ф. Авдеевского гранитоиды Тырадинского массива по химическому составу относятся к семействам гранитов и гранитоидов и принадлежат плюмазитовому ряду и близко соответствуют среднему типу гранитов по Р. Дэли, отличаясь от них лишь большей пересыщенностью глиноземом. Как граниты, так и гранодиориты характеризуются нормальной щелочностью и принадлежат калиево-натриевой серии (Na/K = 0,59-0,77; 0,73-0,75 соответственно). По классификации А.Н. Заварицкого гранитоиды относятся к классу, пересыщенных кремнеземом (O = 23,3-37,1), в которых преобладают умеренно щелочные граниты (a/c = 4,25-9,3) и второстепенную роль играет группа богатых щелочами гранитов (a/c = 9,2-27,2).

По спектральному анализу среди элементов-примесей в гранитоидах содержатся свинец, медь, цинк, галлий, фосфор, олово; их концентрации превышают кларк этих элементов в 1,2-2,5 раза. В единичных пробах присутствуют серебро и германий в количествах, превышающих их кларк на несколько порядков, что предположительно связывается с проявлениями рассеянной гидротермальной минерализации в гранитоидах.

Чиримбинский массив имеет крайне неоднородное сложное строение. В гравитационном поле оно выражается в большой изменчивости глубины залегания подошвы интрузива, которая достигает 9 км на опущенных участках и нескольких сотен метров - на приподнятых. Интрузив характеризуется сложно изрезанными контурами проекции контактовой поверхности, наличием множества останцов его кровли, ксенолитов вмещающих пород, заливов, апофиз и сателлитов. Он имеет преобладающее направление падения в сторону вмещающих пород, но наряду с этим на некоторых участках вполне вероятно падение поверхности под массив. Взаимоотношения его с вмещающими породами отчетливо интрузивные, местами осложненные разрывными нарушениями. В полосе вдоль контактовой зоны гранитов на некоторых участках отмечаются роговики, скарны, амфиболовые метасоматиты и магнетитовые руды. Проявившиеся контактовые изменения в большинстве случаев соответствуют условиям альбит-эпидот-роговиковой и роговообманково-роговиковой фации.

В составе гранитоидов массива присутствуют породы главной интрузивной фазы и фазы дополнительных интрузий. Первые занимают не менее 95% площади массива, включают собственно интрузивную и эндоконтактовую фации. Породы собственно интрузивной фации доминируют в объеме массива. Ю.Ф. Авдеевский подразделяет их на две структурные субфации (по А.А. Полканову, 1935, 1936): массивно-гранитную и гнейсо-гранитную.

Массивно-гранитная субфация включает среднезернистые гранитоиды, мелко- среднезернистые лейкограниты. Первые в северо-западной части массива представлены нормальными среднезернистыми гранитами, гранодиоритами, плагиогранитами и лейкогранитами. Преобладающие среди них среднезернистые граниты светло-буроватой или буровато-серой окраски, биотитовые, часто порфировидные, массивной текстуры, состоят из кварца (23-37%), калишпата (20-37%), плагиоклаза (20-45%), биотита (обычно 5-8, иногда 12-16%). Нередко присутствуют мусковит и турмалин. Размер зерен основной массы от 0,3 до 4,0 мм. Вкрапленники образованы преимущественно микроклином и нерешетчатым ортоклазом, редко кислым плагиоклазом, их размер от 3 до 7 мм и крупнее. Микроструктура пород гипидиоморфнозернистая иногда с элементами протокластической или катакластической, реже бластогранитовая.

Гранодиориты по внешнему облику сходны с нормальными гранитами и отличаются лишь несколько большим количеством темноцветных минералов и резче выраженной порфировидностью. В их минеральном составе присутствуют кварц (от 15 до 35%), плагиоклаз (30-65%), калишпат (5-23%), биотит (от 5 до 20%). Постоянно встречается мусковит (от менее 1 до 4%), редко отмечаются единичные зерна турмалина. Во вкрапленниках - полевой шпат, их размер - от 0,5 до 3 см, количество в породе от единичных зерен до 40%.

Плагиограниты характеризуются, по сравнению с описанными выше гранитами, более грубозернистым сложением. Основными породообразующими их минералами являются кварц (20-34%), плагиоклаз (50-70%), калишпат (0-5%), биотит (3-15%). В небольшом количестве (менее 1%) обычно присутствует мусковит. Вкрапленники образованы олигоклазом.

Лейкограниты, по существу, мало отличаются от описанных гранитов и гранитоидов. Они также часто порфировидные, биотитсодержащие, состоят из кварца (20-30%), калишпата (30-65%), плагиоклаза (15-40%), биотита (1-5%), мусковита (1-3%). Часто в них присутствует турмалин.

Мелко-среднезернистые гранитоиды наблюдаются довольно часто в краевых или приапикальных зонах в форме неправильных тел площадью от 0,2 до 2 кв. км и более. Они характеризуются резкими интрузивными контактами, по минеральному составу среди них преобладают биотитовые граниты, биотитсодержащие лейкограниты над гранодиоритами и плагиогранитами.

Биотитовые граниты - мелкопорфировые или однородно-равномернозернистые породы массивной текстуры, состоят из кварца (21-28%), калишпата (25-45%), плагиоклаза (25-40%), биотита (5-15%), мусковита (менее 1-2%). Их структура гранитовая. Вкрапленники представлены зернами полевого шпата размером от 3 до 12 мм в поперечнике, их количество составляет обычно 5-10% объема, в единичных случаях - 30%.

Биотитсодержащие лейкограниты находятся обычно совместно с вышеописанными биотитовыми гранитами. Они представляют собой равномернозернистые, реже порфировидные массивные породы, состоящие из кварца (23-35%), плагиоклаза (15-40%), биотита (менее 1, редко до 4%), мусковита (обычно менее 1%). Вкрапленники полевого шпата имеют размер 5-10 мм, их количество не превышает 15%.

Гнейсогранитная субфация развита в междуречье верховьев р. Чиримбы и Правой Чиримбы. Она представлена гнейсовидными среднезернистыми гранитоидами, среди которых по составу различаются граниты, гранодиориты и плагиограниты.

Гнейсовидные среднезернистые граниты характеризуются равномернозернистым, нередко очково-порфировидным сложением с мелко-среднезернистой основной массой и ориентированной текстурой. Очковые выделения полевого шпата имеют размеры от 1,2 до 2 см в поперечнике, в объеме гранитов они составляют 15-25%. Породы состоят из кварца (22-35%), калишпата (от 20-25 до 40-45%), плагиоклаза (от 15-20 до 40-45%), биотита (от 1-2 до 10-15%), мусковита (от менее 1 до 3, редко 4-5%). Среди пород преобладают биотитовые разновидности (содержание биотита от 5 до 12%) при резко подчиненной роли биотитсодержащих и двуслюдяных (биотита - 2-4 и мусковита - 1-3%).

Гнейсовидные среднезернистые плагиограниты распространены незначительно, состоят из кварца (20-32%), плагиоклаза (60-65%), калишпата (0-5%), биотита (до 10-15%) и мусковита (0-4%). В них присутствуют акцессорные минералы, представленные апатитом, цирконом и сфеном.

Эндоконтактовая фация гранитоидов имеет ограниченное распространение и представлена разнообразными по составу породами: гранитоидами зон закалки, плагиоаплитоидами, гранитоидами зон контаминации, гранодиоритами, гранитоидами и лейкогранитами зон осветления. К этой же группе относятся автометасоматически измененные породы и грейзенизированные плагиограниты.

Фаза дополнительных интрузий представлена мелкозернистыми гранитами, залегающими с резкими интрузивными контактами среди пород главной интрузивной фазы. Эти граниты занимают в объеме массива не более 5%, слагают трещинные, крутопадающие дайкообразные тела протяженностью в десятки и первые сотни метров и мощностью от 1-2 до 5-20 м, а также более крупные пластообразные тела субгоризонтального и слабо наклонного залегания, приуроченные к пологопадающим трещинам отдельности. Наряду с мелкозернистыми гранитами отме-

чаются тонкозернистые и средне-мелкозернистые тонкополосчато-гнейсовидной или массивной текстуры. В них часто присутствуют порфировидные выделения полевых шпатов величиной до 4 мм, иногда одиночные вкрапленники размером до 1 см в поперечнике, а также мелкая вкрапленность, изредка гнезда до 5 мм в диаметре, турмалина. Минеральный состав мелкозернистых гранитов: кварц (20-35%), калишпат (25-50%), плагиоклаз (15-35%), биотит (1-12%), мусковит (1-3%), довольно часто турмалин (ед. зерна - 0,5%). Структура породы аплитовидная, гранитовая, иногда с участками гранофировой, бластогранитовая, часто усложненная наличием порфировидных выделений, текстура ориентированная, реже изотропная. Вкрапленники в них величиной 0,8-3,8 мм, размер зерен основной ткани 0,04-0,7 редко до 1,0-1,7 мм. Порфировидные выделения неравномерно распределены в породе, несовершенно-таблитчатые, представлены гломеропорфировыми сростками зерен олигоклаза №26-27. Количество их достигает иногда 10-15%. В составе основной ткани преобладает микроклин. Из акцессорных минералов присутствуют апатит в форме призматических или овальных зерен величиной 0,04-0,4 мм, постоянно, но в меньшем количестве циркон, образующий короткопризматические или округлые зерна размером до 0,03-0,2 мм в поперечнике. Кроме того, отмечаются сфен, ильменит, гранат, рутил и реликтовые зерна разложенного ортита.

По химическому составу среди мелко-среднезернистых гранитоидов северо-западной части Чиримбинского массива преобладают породы семейств гранитов и лейкогранитов, подчиненную роль играют представители семейств низкощелочных гранитов и гранодиоритов. По щелочности они соответствуют породам нормального петрохимического ряда, а по соотношению щелочей (Na_2O/K_2O = 0,54-1,170) принадлежат к калиево-натриевой серии. По классификации А.Н. Заварицкого эти породы пересыщенные кремнеземом (О = 16,7-41), богатые и умеренно богатые щелочами (a/c = 8,3-33 и 4,5-7,1 соответственно). На петрохимической диаграмме точки их составов растянуты вдоль оси S_2 между составами докембрийского гранита и кварцевого диорита-тоналита Р. Дэли. От среднего состава гранита их отличают значительная пересыщенность глиноземом и низкая известковистость.

Среднезернистые гнейсовидные гранитоиды по химизму не столь существенно отличаются от охарактеризованных выше. Устанавливающиеся различия сводятся в основном к более широкой вариации их щелочности; наряду с богатыми и умеренно богатыми выделяются бедные и очень бедные щелочами (a/c = 3,8 и 2,4 соответственно).

Мелко-среднезернистые гнейсовидные гранитоиды по химизму относятся к семейству лейкогранитов и субщелочному ряду. Основная же часть пород этой группы по химизму, по существу, мало отличается от рассмотренных выше.

По спектральным анализам Чиримбинские гранитоиды характеризуются заметно повышенным (в 2,7 раза) по отношению к кларку содержанием олова и менее по сравнению с ним - хрома (в 1,7 раза), свинца (в 1,7 раза), цинка (1,46 раза) и фосфора (в 1,5 раза). Исходя из того, что исследованные гранитоиды не являются оловоносными, не подвергались постмагматическим метасоматическим преобразованиям и не содержат самостоятельных минералов олова предполагается, что олово концентрируется в биотите и сфене, являющихся в неоловоносных гранитах основными, по Л.В. Таусону, его концентраторами. Следует отметить, что содержание данного элемента устойчиво повышенное во всех разновидностях гранитов и гранитоидов. Это в равной мере относится к хрому, содержание которого в мелко-среднезернистых массивных и гнейсовидных гранитах собственно интрузивной фации северо-западной части массива выше кларка элемента в 3,3 и 3,2 раза, а в других основных разностях гранитоидов оно превышает кларк от 2 до 2,7 раза. Намечающаяся при исследованиях корреляция между содержанием хрома из вмещающих пород и гранитов указывает на возможное его заимствование последним.

Гранитоиды Тырыдинского и Чиримбинского массивов относятся к татарско-аяхтинскому комплексу гранитовой (гранит-батолитовой) формации, которой принадлежит главенствующая роль среди магматических образований Енисейского кряжа Формирование гранитоидов комплекса относится ко времени проявления поздней фазы байкальской складчатости, незначительно предшествующей началу образования моласс чингасанской серии (Геология и металлогения ..., 1985). Радиологический возраст гранитоидов Чиримбинского массива, определенный М.И-. Волобуевым и др. (1971) по циркону, намытому из аллювия в 8 км ниже слияния рек Правой и Левой Чиримбы, имеет значение 840±150 млн. лет. Изложенные выше материалы определяют описанные гранитоиды массивов как умеренно-кислые мезоабиссальные образования параавтохтонного, частично аллохтонного залегания. В.М. Даценко (1984) гранитоиды комплекса относит к мезоабиссальным коровым образованиям плутонического типа, формировавшимся способом магматического замещения (по Д.С. Коржинскому, 1955), переходящим в плавление. Сходные с ним по геологическим, минералогическим и структурно-текстурным особенностям гранитоиды Урала Г.Б. - Ферштатер и Н.С. Бородина (1975) рассматривают как плутонические, богатые водой образования, формирующиеся в мезоабиссальных условиях при относительно невысоких температурах и давлениях водяного пара, лежащих в интервале (1-2)·10^5 кПа, в щелочной среде.

Абсолютный возраст комплекса составляет 936-950 млн. лет. В связи с татарско-аяхтинскими гранитоидами установлено скарновое магнетитовое (Енашиминское) и золотое (Олимпиадинское, Высокое II, Титимухта) оруденение.

Глушихинский комплекс (R_3gl)

К глушихинскому комплексу относятся Коноваловская группа массивов, серия небольших штоков и даек субщелочных лейкогранитов и гранит-порфиров в бассейне р. Енашимо. Интрузии площадью от 0,5 до 0,8 км² вытянуты в субмеридиональном направлении и сложены среднезернистыми, часто порфировидными субщелочными лейкогранитами. В центральных их частях залегают крупно-равномернозернистые лейкограниты, в эндоконтактовых зонах - мелкозернистые, порфировидные лейкограниты. У контакта с амфиболитами в массивах иногда встречаются гибридные меланократовые породы кварц-монцонитового, монцонитового, гранодиоритового состава. Вмещающие породы вблизи интрузий ороговикованы, микроклинизированы, грейзенизированы и скарнированы (с образованием скарновых магнетитовых руд). Лейкограниты в тектонических зонах катаклазированы, березитизированы.

Лейкограниты - мелко-среднезернистые породы светло-серого, светло-желтовато-серого цвета. Минеральный состав: кварц - 35-50%, микроклин - 30-60%, альбит-олигоклаз - 10-30%, биотит - 0-1%; акцессорные минералы - турмалин, флюорит, циркон, апатит, сфен.

Гранитоиды глушихинского комплекса по химическому составу соответствуют субщелочным лейкогранитам и характеризуются высокими содержаниями кремнезема, щелочей (при высоком отношении K_2O/Na_2O), редких (Sn, W, Tl), радиоактивных элементов и свинца.

С массивами комплекса в Заангарской части Енисейского кряжа известно оловянное, вольфрамовое и магнетитовое оруденение.

Гранитоиды комплекса относятся к образованиям лейкогранитной формации с абсолютным возрастом 653-658 млн. лет.

Захребетнинский комплекс ($\tau\beta R3z$)

К данному комплексу отнесены многочисленные маломощные дайки трахидолеритов, щелочных и нефелиновых сиенит-порфиров, которые прорывают докембрийские отложения. Они концентрируются в два пояса северо-западного простирания, протяженностью 20-30 км (Енашиминский и Каламинский). Дайки мощностью в первые метры прослежены по простиранию на первые десятки, реже сотни метров. Вмещающие породы в зоне экзоконтакта альбитизированы, биотитизированы.

Трахидолериты - черные, массивные породы с вкрапленниками титанавгита, керсутита, плагиоклаза и пилотакситовой титанавгит-плагиоклазовой основной массой.

Щелочные и нефелиновые сиенит-порфиры - розовато-серые, зеленовато-серые породы с вкрапленниками калишпата, альбита, керсутита и биотита и ортофировой биотит-керсутит-щелочнополевошпатовой основной массой. В нефелиновых разновидностях в матрице присутствует нефелин (до 7-10%).

Породы захребетнинского комплекса характеризуются высокими содержаниями щелочей, титана, фосфора, алюминия, редких и редкоземельных элементов. Абсолютный возраст щелочных пород составляет 690-700 млн. лет. Образования захребетнинского комплекса отнесены к формации щелочных габброидов и нефелиновых сиенитов. С данным комплексом известно апатит-титаномагнетитовое, редкоземельное и глиноземистое оруденение.

Метаморфизм

Осадочные толщи района претерпели сложные и неоднократные термодинамические преобразования включающие региональный метаморфизм, контактовые и гидротермально-метасоматические изменения пород, процессы диафтореза. Продукты этих процессов наложены друг на друга, и на данной стадии изученности разделение их не представляется возможным.

Региональному метаморфические преобразования пород относятся к зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фациям (появление биотита, граната, ставролита). На контакте с гранитоидными массивами встречаются роговики, скарны. Диафторез проявился преимущественно в пределах тектонически ослабленных зон. В современном эрозионном срезе массивы гранитоидов выходят на поверхность в долинах руч. Титимухта, Коноваловского, в верховье р. Тырыды- на западе, в бассейне р. Енашимо- на востоке, создавая в центральной части «клин» метаморфизованных осадочных пород мощностью до 1,5 км. От контакта гранитных интрузий к периферии могут выделены типичные фации роговиков: калишпат-кордиеритовых (630-580°), роговообманковых (520-540°), альбит-эпидотовых (400-500°). Среди региональному метаморфизованных пород описаны минеральные ассоциации, включающие: кварц, мусковит, биотит, гранат, реже ставролит, андалузит. Образование этих минеральных ассоциаций происходит в пределах температур 410-540°. Признаки регрессивного метаморфизма отмечаются замещением биотита и граната хлоритом, а плагиоклаза - серицитом. В зонах тектонических нарушений встречаются зоны диафторитов. Имеют широкое распространение явления гидротермально-метасоматического преобразования пород, обусловленные циркуляцией среднетемпературных гидротермальных растворов. Они проявились в окварцевании, альбитизации, турмалинизации, сульфидизации, графитизации вмещающих пород. Графитизация отмечается как первичная - в осадках обогащенных органическим веществом, так и наложенная - за счет привноса углерода из глубинных очагов. С процессами метасоматоза связана золоторудная минерализация, концентрация которой была обусловлена сочетанием как зон проницаемости, так и слабо проницаемых покровных структур - «ловушек».

Тектоника

Площадь представляет собой часть сложного горного сооружения - Енисейского кряжа, оформившегося как складчатая система в байкальский этап развития. Район расположен в северо-восточной - миогеосинклинальной части Енисейского кряжа, в пределах Панимбинского антиклинория и ограничен с запада зоной Татарского, а с востока - Ишимбинского глубинных разломов (рис. 3.2).

В современном тектоническом плане площадь представляет собой мозаичную серию блоков, ограниченных тектоническими нарушениями. Преобладающее направление тектонических нарушений, а также простирание пород в пределах тектонических блоков - северо-западное. Часть нарушений имеет выположенную плоскость сместителя и интерпретируется как надвиги.

По структурно-вещественным особенностям выделено три тектонических мегакомплекса: докарельский (архейский), карельский (нижнепротерозойский), байкальский (рифейский).

Докарельский (архейский) мегакомплекс

Блок пород предположительно архейского возраста находится в бассейне р. Енашимо, между ручьями Доссеровским и Широким. Породы интенсивно рассланцованы - до гранат-мусковитовых динамосланцев. В пределах блока развиты тела ортоамфиболитов, субщелочных лейкогранитов шумихинского комплекса, дайки захребетнинского комплекса. Предполагается, что образования этажа не являются самостоятельным мегакомплексом, а входят в состав карельского мегакомплекса.

Карельский (нижнепротерозойский) мегакомплекс

Мегакомплекс сложен формациями высокоглиноземистых и амфибол-карбонатных сланцев, образующих крупные овально-вытянутые складки, осложненные мелкими веерными и изоклинальными лежачими складками. Фрагменты нижнепротерозойских структур выделены в пределах архейских блоков, где они слагают ядра осложненных синклинальных складок и отдельные мелкие блоки, ограниченные тектоническими зонами.

Енашиминский блок представлен серией выходов пород пенченгинской свиты, ограниченных с севера Верхне-Енашиминским надвигом и многочисленными сбросами Татарского глубинного разлома. Нарушенное залегание в пределах блока имеют граниты татарско-аяхтинского комплекса, о чем свидетельствуют зоны брекчирования и катаклаза южнее Олимпиадинского месторождения и юго-восточнее Енашиминского рудопроявления железа.

К северо-западу от Енашиминского выделяется Коноваловский блок нижнепротерозойских пород. Блок имеет дугообразную форму, обращен выпуклой стороной на восток. Метаморфические породы имеют моноклинальное залегание с падением на запад. В пределах блока выделяется ряд ненарушенных интрузий лейкогранитов глушихинского комплекса, объединенных в Коноваловский массив.

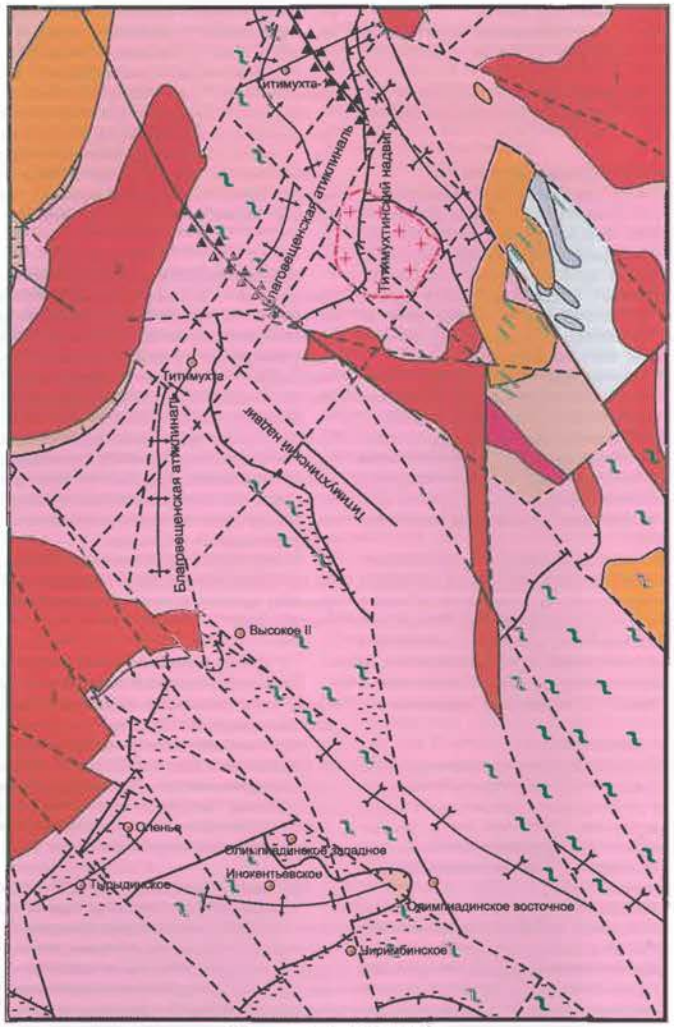


Рис. 3.2. Тектоническая схема Верхне-Енашиминского рудного узла

Мегакомплексы (структурные этажи): 1 - докарельский (архейский), 2 - карельский нижнепротерозойский), 3 - байкальский (рифейский); интрузивные комплексы: 4 - шумихинский субвулканический, 5 - гаревский ультраметаморфогенный, 6 - татарско-аяхтинский (интрузивные массивы : Верхнеерудинский (1), Коноваловский (2),Тырыдинский (3)), 7 - глушихинский гранитоидный, 8 - захребетнинский щелочных габброидов и нефелиновых сиенитов; 9 - тектонические нарушения взбросового, сбросового, сдвигового характера: а - достоверные, б - предполагаемые; 10 - участки распространения динамосланцев; 11 - зоны катаклаза, брекчирования, милонитизации; 12 - зоны графитизации; 13 - оси антиклиналей (а), синклиналей (б); 14 - контур близповерхностной гранитоидной интрузии, выделенной по данным электроразведки (ДЭП)

Байкальский (рифейский) мегакомплекс

Рифейский мегакомплекс сложен байкальским геосинклинальным и орогенным комплексами. Байкальский геосинклинальный комплекс представлен породами кординской, горбилокской и удерейской свит, смятыми в линейные, реже овально-вытянутые брахиформные складки, осложненные на крыльях мелкой плойчатостью. Структурный план этажа нарушен процессами разломообразования со сложной конфигурацией зон динамосланцев, развитием лежачих и опрокинутых складок. Углы падения пород составляют 30-60 до 80°. Выделены зоны динамосланцев Енашиминская, Титимухтинская, Коноваловская шириной от 0,5 до 2,5 км, а общая длина около 40 км. Динамотермальное преобразование выразилось в формировании наложенной дистен-ставролит-гранат-биотитовой минеральной ассоциации, на которую в отдельных местах наложился андалузит. Можно предполагать, что зоны формировались при высоком боковом давлении и мощном тепловом потоке.

Байкальский орогенный (позднерифейско-вендский) комплекс. Породы комплекса представлены конгломератами, гравелитами и песчаниками лопатинской свиты, слагающими красноцветную молассу.

Формирование этажа происходило в орогенный этап в межгорных прогибах, которые можно рассматривать как фрагменты структур Тейского прогиба. Породы смяты в коробчатые складки с углами падения 35-45 реже 15-20°. В зонах тектонических нарушений развиты брекчии, милониты, меланжированные породы.

Эндогенное оруденение и его соотношение в рудном поле

В пределах Верхне-Енашиминского узла работами предшественников выявлены многочисленные месторождения, проявления и пункты минерализации рудного и россыпного золота, а также железа, полиметаллов, вольфрама, алюминия и лития.

Особенности геологического развития, характеризовавшиеся повышенной тектоно-магматической активностью, определили металлогеническую специфику Верхне-Енашиминского рудного узла. Эта специфика заключается в распространении в его пределах разнотипного золото-вольфрамитового, золото-шеелитового, золото-антимонитового, золото-антимонит-шеелитового золото-висмутового оруденения, отличающегося от типоморфного для Енисейского кряжа золото-кварцевого. В южном обрамлении рудного поля в экзоконтакте Чиримбинского гранитоидного массива в границах Верхне-Енашиминского рудного узла развиты пластообразные залежи магнетитовых руд, сопровождающиеся секущими их телами ортоамфиболитов и гидросиликатными метасоматитами актинолит-тремолитового состава. Главным полезным компонентом во всех этих типах минерализации, кроме последнего, является золото, но наряду с ним содержится в повышенных количествах в одном вольфрам, в другом - сурьма, в третьем сурьма и вольфрам, в четвертом - висмут. В рудах Олимпиадинского месторождения установлены также в промышленно значимых концентрациях серебро и ртуть. Таким образом, месторождения и рудопроявления рудного узла являются комплексными. Рассмотрим основные геолого-структурные и морфолого-вещественные особенности рудных объектов рудного поля, кроме Олимпиадинского, которому посвящен отдельный раздел.

Тырыдинское месторождение расположено в западной части рудного поля в истоках ручьев Валунного и Олений, относящихся соответственно к бассейнам рек Тырыдаи Енашимо, на участке центриклинального замыкания Иннокентьевской синклинали, осложненном несколькими сопряженными антиклинальными и синклинальными складками высокого порядка и разрывными нарушениями. Рудовмещающей является неоднородная по составу толща, представленная кварц-карбонат-слюдистыми сланцами с прослоями мраморизованных известняков и кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами. В ней часто отмечаются прослои слюдисто-кварцевых сланцев, иногда слабо углеродистых. Наибольшим непостоянством состава отличаются карбонатные породы, в которых по всему разрезу присутствуют прослои углеродсодержащих сланцев с карбонатом или без него. По простиранию и падению они не выдержаны, мощность отдельных прослоев варьирует в широких пределах - от первых метров до нескольких десятков метров. Мощность пачки карбонатных пород в наименее дислоцированных участках достигает 150-160 м, пачки углеродистых сланцев - около 200 м. Породы большей частью интенсивно дислоцированы, их залегание нарушено густой сетью разноориентированных разрывов и подверглись в различной степени метасоматическим преобразованиям. В рудной и околорудной зонах породы обычно интенсивно серицитизированы и осветлены, в них происходит перекристаллизация кварца и дополнительно наложенное окварцевание, появляются новообразования цоизита. Среди метасоматически измененных пород здесь обычны кварц-альбит-хлорит-биотитовые, кварц-альбит-цоизитовые, слюдисто-кварц-карбонатные, карбонат-слюдисто-кварцевые с цоизитом, карбонат-кварцевые, кварц-карбонатные и слюдисто-кварцевые углеродсодержащие и другие, обладающие сланцеватой, слабо сланцеватой, полосчато-сланцеватой, полосчатой, реже массивной текстурами. В юго-западной части месторождения вмещающие слюдисто-кварц-карбонатные сланцы превращены в метасоматически измененные породы весьма непостоянного состава. Более полно проявленные метасоматиты на отдельных участках имеют почти мономинеральный состав, превращаясь в кварциты, слюдиты или в тонкозернистую породу существенно карбонатного (70-80%) состава. Другие разновидности метасоматитов характеризуются содержанием большого количества порфиробластов цоизита иногда совместно с гранатом. Количество этих минералов в них достигает 30%. Кварц-карбонатные метасоматиты отличаются высоким содержанием карбоната (до 85%); наблюдается постепенный их переход в мраморизованные известняки, в которых отмечаются отдельные полосы тремолитовых мраморов и скарноидов. В составе некоторых разновидностей метасоматитов присутствует различное количество рудного минерала - арсенопирита, пирита, антимонита и др. Для рудных метасоматитов, существенно карбонатного состава, характерны плотные, неоднородные текстуры, образованные чередованием массивных участков и милонитизированных, в которых наблюдается раздробленно-катаклазированный карбонат-слюдистый материал или пластинчатая деформация без нарушения сплошности. Различные разновидности углеродистых пород отличаются повышенной пиритизацией, серицитизацией, а также эпизодическим присутствием в их составе хлоритоида и андалузита. Углеродистый материал тонко рассеян в породе или образует полосы по серицитовому войлоку. Его содержание варьирует от 0,34 до 1-2%, достигая 4-7% в андалузитовых разностях.

Вдоль зон разрывных нарушений, как пологонаклонных, так и крутопадающих, развита линейная кора выветривания, которая распространяется на глубину до 220 м от дневной поверхности. Коры образовались по различным породам и их продукты характеризуются большой неоднородностью состава. Выветривание углеродистых кварц-слюдистых сланцев по описаниям В.И. Арефьевой,

А.В. Тагарова и других, обычно сопровождается образованием широких зон дезинтеграции с крупнощебенистым рыхлым материалом, сохраняющим первичную текстуру и свойственную им темную окраску. В участках, подвергшихся повышенному дроблению и глубокому выветриванию, развивается рыхлый материал щебенисто-дресвяно-алевритистого состава, окрашенный в разные цвета - лилово-красноватый, сиреневый, бурый, серый, голубовато-серый и красный разных оттенков. Содержание в них глинистой фракции зависит от степени дробления и выветривания пород и варьирует в широких пределах - от 5 до 30%. В составе глин термическим анализом определены гидрослюды и каолинит.

Продукты выветривания карбонатных пород также литологически неоднородны. При выветривании метасоматически измененных их разностей, содержащих сульфидную минерализацию, происходит почти полный вынос карбонатного вещества и образуется рыхлый глинисто-алевритовый или песчано-алевритовый высокопористый материал с зернами гравийной размерности и дресвой кварца. Количество глинистого материала в породе обычно не превышает 17%. Минералы глин представлены гидрослюдой и монтмориллонитом. Кора выветривания связана с подстилающими слабо трещиноватыми неокисленными карбонатными породами весьма четкими, резкими границами, что обусловлено контролем зон выветривания разрывными нарушениями.

При анализе структурной обстановки рудолокализации выясняется, что центриклинальное замыкание синклинали осложнено несколькими сопряженными антиклинальными и синклинальными складками высокого порядка, которые вследствие деформирования разрывными нарушениями утратили большую часть свойственной им формы и проявляются лишь фрагментами некоторых своих элементов - участками ядерной части и крыльев (рис. 16). Одна из них, определяющаяся как синклиналь, расположена в северо-западной части месторождения. Она имеет моноклинальное падение крыльев к юго-востоку под углом 40-50°, в ядерной части сжата и частично срезана разрывным нарушением субмеридионального простирания. Шарнир ее полого погружается к востоку. В ее ядре залегают кварц-слюдисто-карбонатные и кварц-слюдисто-углеродистые сланцы с отдельными прослоями слюдисто-кварцевых, на крыльях - слюдисто-кварцевые сланцы нижележащего горизонта.

Промышленное золотое оруденение приурочено к замыканию Иннокентьевской синклинали, к той его части, где оно сопрягается с двумя параллельными субширотными разломами, которые с серией оперяющих круто- и пологопадающих трещин северо-восточного простирания рассекают и частично срезают складки. Оба эти нарушения проявляются зонами повышенного смятия и трещиноватости, сопровождаемых кварцевым прожилкованием, имеют крутое (80-85°) падение к юго-востоку. С поверхности они фиксированы линейной корой выветривания, распространяющейся на глубину до 100-200 м на разных ее участках. Данные разломы интерпретируются как звенья мощной зоны Широтного разлома, которая рассматривается как рудоподводящая структура не только для Тырыдинского месторождения, но и для Иннокентьевского рудопроявления и Западного участка Олимпиадинского месторождения. К рудоподводящим же относятся сами широтные разломы, которые частично ограничивают распространение оруденения.

Между рассмотренными разломами наблюдается серия параллельных пологопадающих оперяющих тектонических трещин северо-восточного простирания с падением к юго-востоку под углом около 30°. Вдоль одного из таких разломов с наиболее мощной корой выветривания протягивается рудное тело № 6. В центральной части месторождения к субширотному разлому со стороны лежачего бока примыкает субмеридиональный разлом, проявляющийся на поверхности корой выветривая мощностью до 60 м, на глубине - зонами брекчирования и метасоматических изменений пород, имеющих падение к северо-востоку под углом 70-80°. К нему приурочены рудные тела №№ 4 и 5.

К субширотному нарушению, со стороны висячего блока примыкает секущий разлом северо-западного простирания с падением плоскости к северо-востоку под углом около 60°. Он устанавливается по глинке трения, смещению залегания пород и, по-видимому, является пострудным; наблюдается смещение по нему наиболее крупного и богатого на месторождении рудного тела № 2.

Приведенные фактические данные свидетельствуют о широком проявлении на месторождении пликативных и дизъюнктивных дислокаций. Этим возможно обусловлены наблюдающиеся небольшие размеры рудных тел и сложная их конфигурация.

На месторождении выделено шесть рудных тел по бортовому содержанию по рядовым пробам в выработке 1 г/т (рис. 17). Рудное тело № 1 расположено в пришарнирной части синклинали, в висячем крыле мелкой лежачей складки, примыкающей с юга к висячему боку субширотного разлома. Оно залегает в слюдисто-кварц-карбонатных породах, протягивается вдоль контакта с подстилающими их слюдисто-кварцевыми сланцами. Форма его в горизонтальной плоскости пластообразная, слабо извилистая, в вертикальной - близкая к седловидной. В направлении к западу рудное тело постепенно выклинивается, в восточной части - срезается разрывным нарушением. Его верхняя граница находится на глубине 20 м от поверхности, нижняя - около 100 м, углы падения крыльев около 60°. Мощность рудного тела в разных сечениях варьирует от 4,2 до 9,3 м, содержание золота в рядовых пробах колеблется от 0,4 до 10,4 г/т. Руды неокисленные.

Рудное тело № 2 - наиболее крупное и обогащенное золотом и сурьмой, залегает в пришарнирной части мелкой антиклинальной складки в лежачем боку субширотного нарушения, в слюдисто-кварц-карбонатных сланцах вблизи их контакта с подстилающими кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами. Оно имеет довольно сложную форму, которая обусловлена его смещением северо-западным секущим разломом. В вертикальном разрезе она треугольная, вытянутая вдоль субширотного нарушения и сужающаяся книзу. Угол падения лежачего контакта рудного тела колеблется от 35 до 65°. В горизонтальной плоскости наряду с преобладающей на большей части треугольной формой оно имеет на отдельных участках изометричную. В контуре рудного тела выделяются два рудных интервала мощностью 23,4 и 14 м, разделенные слабо золотоносным участком. Руды представлены как первичными, так и окисленными. В последних, составляющих основную их массу, содержание золота варьирует от десятых долей до 71,3 г/т, среднее на разных участках определяется в пределах 17,6 и 11,7 г/т. В антимонитовом теле мощностью около 5 м из канавы, вскрывающей первичные руды, содержание золота колеблется в широком интервале - от 16 до 52 г/т, при максимальном содержании сурьмы 10,4%.

Рудное тело № 3 располагается преимущественно вдоль контакта слюдисто-кварц-карбонатных и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев, иногда вдается вглубь карбонатной пачки, повторяя очертания мелкой антиклинальной складки. Форма в плане и разрезе извилистая, осложняется смещением его по субширотному нарушению. С глубиной рудное тело выклинивается, замковая его часть срезается разрывным нарушением и от него остаются две или одна маломощные (около 5 м) полосы, вытягивающиеся в северо-восточном направлении вдоль контактов карбонатных пород с углеродистыми и слюдисто-кварцевыми сланцами. С поверхности руды частично окислены. Неокисленные руды представляют собой метасоматиты, в основном, существенно карбонатного состава, иногда с цоизитом, содержащие из основных рудных минералов игольчатый арсенопирит, пирротин и пирит. Длина рудного тела по простиранию около 200 м, по падению 160 м, мощность его рудных интервалов от 2,2 до 18 м, содержание золота в рядовых пробах варьирует от 1,5 до 9,2 и 16,8 г/т.

Рудное тело № 4 является слепым, не имеющим выхода на дневную поверхность. По материалам поисково-оценочных работ оно залегает в интервале глубин от 21,5 до более 70 м от поверхности вдоль извилистого контакта кварц-слюдисто-углеродистых и слюдисто-кварц-карбонатных сланцев, срезано двумя пересекающимися разрывными нарушениями, имеет протяженность около 150 м и мощность 3 м. Форма его пластообразная. В верхней части руды окисленные, установленное максимальное содержание золота в них 12,4 г/т, в первичных - 8,9 г/т.

Рудное тело № 5 выявлено на глубине 200 м, залегает почти горизонтально на контакте кварц-слюдисто-углеродистых и подстилающих их слюдисто-кварцевых сланцев, имеет пластообразную форму. Оно примыкает к меридиональному разлому. Установленная его протяженность около 100 м, средняя мощность - 8 м.

Рудное тело № 6 приурочено к северо-восточному пологому нарушению, прослеживающемуся между субширотными разломами и сопровождающемуся линейной корой выветривания мощностью около 50 м. Рудные концентрации золота локализуются вдоль контакта слюдисто-кварц-карбонатных и нижележащих кварц-слюдисто-углеродистых сланцев, в основном, в приподошвенной части коры выветривания. Руда окисленная, представляет собой рыхлый глинисто-алевритовый материал бурого, желтого, красного цвета. Мощность рудного интервала варьирует от 5 до 24,5 м, содержание золота по рядовым пробам - от 0,6 до 36,2 г/т при среднем 3,8 г/т.

В целом для рудных тел Тыраданского месторождения характерным является крайняя их невыдержанность по простиранию и падению, обусловленная повышенной плотностью развития разрывных нарушений преимущественно более высоких порядков.

По вещественному составу руды Тырыдинского месторождения в основных своих чертах имеют сходство с рудами Олимпиадинского месторождения, в то же время отличаются от них некоторыми особенностями. Основные рудоконцентрации на нем связаны с золото-кварц-карбонатными и слюдисто-цоизит-кварцевыми метасоматитами, характеризующимися, в основном, тонкополосчатыми и вкрапленными структурами. Литологическая неоднородность метасоматитов (наличие кварцитовых прослоев, карбонатных полос и т.д.) обусловила повышенную трещиноватость пород и возникновение прожилковых, микроплойчатых и пятнистых текстур руд с более поздними минеральными ассоциациями, располагающимися в полостях отслоения и мелких трещинах. Последние по составу мало отличаются от ранней ассоциации, но характеризуются более крупными размерами зерен и агрегатов минералов.

Минеральный состав руд в общем такой же, как и на Олимпиадинском месторождении. Выявляющиеся различия сводятся в основном к вариациям содержания отдельных минералов. В таблице 3.1 приведен перечень рудных и нерудных минералов, встречающихся в неокисленных рудах Тырыдинского месторождения. Кратко охарактеризуем главные рудные минералы.

Таблица 3.1

Минеральный состав первичных руд Тырыдинского месторождения

Распространенность	Минералы	
	Нерудные	Рудные
Главные	Кальцит, кварц, мусковит, серицит, биотит, гранат, клинохлор, пеннин, цоизит	Пирротин, антимонит, пирит, арсенопирит, золото
Второстепенные	Клиноцоизит, тремолит, альбит, олигоклаз, диопсид, графит, сфен, хлоритоид, силлиманит, роговая обманка	Бертьерит, халькопирит, ильменит, магнетит, рутил, марказит, гудмундит, самородная сурьма
Редкие	Апатит, циркон, доломит, анкерит	Шеелит, вольфрамит, сфалерит, пентландит, молибденит, тетраэдрит, джемсонит.

Пирротин распространен во внешнем ореоле вокруг рудных тел и более широко во внутренней части ореола. Зерна его имеют округлую форму, вытянутую субсогласно полосчатости или плойчатости, образуют вкрапленные, ориентированно-вкрапленные и гнездовые текстуры, замещают более ранние минералы - магнетит, пирит, арсенопирит I и в свою очередь подвергаются замещению со стороны более поздних рудных минералов.

Антимонит - преобладающий в составе рудных минералов рудного тела 2. Различаются две его генерации. Ранняя генерация представлена мелкой и тонкой вкрапленностью в хрупких, обогащенных цоизитом, и кварцито-подобных метасоматитах, подвергшихся хлоритизации. Более поздняя генерация образует зернистые агрегаты аллотриоморфных очертаний с размерами зерен до 1 см. По наблюдениям взаимоотношений минералов под микроскопом обычны замещения им пирротина, пирита, арсенопирита, гудмундита. В свою очередь он обрастает и замещается самородной сурьмой. Золото во включениях в антимоните отличается повышенной крупностью. По материалам геологоразведочных работ антимонитовая минерализация распространяется до глубины 500 м от дневной поверхности и ниже исчезает.

Пирит наиболее широко распространен в кварц-слюдисто-углеродистых сланцах в виде крупных зерен кубического и октаэдрического габитуса, но чаще неправильной формы. Размеры зерен варьируют от 0,6 до 3 мм, редко до 5 мм. Изредка наблюдается его образование по пирротину и в таких случаях он приобретает не свойственную ему форму удлиненных призматических зерен, просечковых и цепочковидных скоплений.

Арсенопирит присутствует в разных количествах почти во всех типах и разновидностях метасоматически измененных пород. Выделяются три его генерации, выявляющие связь с участками разной продуктивности. Первая генерация (Asp-I) представлена крупными метакристаллами, которые обычно тяготеют к участкам развития укрупненных агрегатов турмалина, цоизита, меньше граната, а также контактовым зонам кварцевых жил и прожилков. Являясь одним из ранних минералов, он замещается пирротином, антимонитом. Вторая генерация (Asp-II) имеет характерную тонкоигольчатую форму. Обычно она обра-

зует равномерную вкрапленность мелких кристаллов в массе метасоматита, либо полосчатые скопления в тонких прослоях слюдистых минералов. Третья генерация (Asp-III) имеет ограниченное распространение. Она отличается мелкими размерами (тысячные доли миллиметра), образуется за счет железа более ранних сульфидов - арсенопирита - II, пирротина, пирита, обрастая и замещая их. Участки ее развития, как правило, характеризуются повышенной золотоносностью и более широким распространением сурьмосодержащих минералов.

Золото в главной массе очень тонкое, пылевидное и субмикроскопическое размерами от тысячных до десятых долей миллиметра, наблюдается под микроскопом не часто. Более крупное золото размером до 3-5 мм встречается редко. Оно имеет чаще неправильную форму, наблюдается в виде мельчайших ксеноморфных табличек, губчатых, проволоковидных, крючковато-пластинчатых агрегатов, образует тесные срастания с арсенопиритом всех трех генераций. По данным атомно-абсорбционного анализа золото присутствует в арсенопирите (до нескольких сотен граммов на тонну), пирротине, шеелите, антимоните и пирите (десятки граммов на тонну) и магнетите (3 г/т). Пробность его по одному определению 876.

Руды по технологическим свойствам относятся к окисленному и неокисленному типам. Первые представлены рыхлым тонкозернистым глинисто-алевритовым материалом, состоящим в основном из кварца (до 80%) и калиевой слюды с примесью глинистых минералов и гидроокислов железа, марганца, придающих рудам характерный бурый цвет. В составе гипергенных минералов присутствуют гетит, гидрогетит, гидрогематит, валентинит, кермезит. По результатам полного химического анализа основными компонентами руд являются SiO_2 (около 80%), Al_2O_3 (до 10%) и Fe_2O_3 (до 5-7%); характерно значительно более низкое, чем в первичных рудах, содержание $S_{общ}$, CaO и CO_2. По результатам исследований С.В.Яблоковой золото в рудах находится в полураскрытой форме в тонком срастании с гидроокислами железа, марганца, слюдистыми минералами. Установлено также присутствие в руде свободного, относительно крупного (до 1 мм) золота, покрытого окисными пленками.

Неокисленные (первичные) руды представляют собой разнопроявленные метасоматиты с неравномерной вкрапленностью сульфидных минералов, общее количество которых составляет 3-3,5%. По минеральному составу, структурно-текстурным и другим характеристикам они существенно не отличаются от первичных руд Олимпиадинского месторождения. Поэтому не останавливаясь на их рассмотрении отметим только, что по результатам рентгеноспектрального анализа содержание WO_3 в подавляющем большинстве проб составляет меньше 0,01% и лишь в отдельных из них достигает до 0,14%. Корреляционный анализ не выявляет в его рудах значимой связи между содержанием золота, сурьмы и вольфрама.

Оленье рудопроявление расположено в западной части рудного поля, к северо-востоку от Тырыдинского месторождения и приурочено к северо-западному крылу Иннокентьевской синклинали. Оно вытянуто в северо-восточном направлении на 1,5 км вдоль Тырыдинского гранитоидного массива, находясь в удалении от него на 350-400 м. Северо-западное крыло синклинали имеет юго-восточное падение под углом 30-40°, сложено кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами, содержащими несколько маломощных (10-30 м) пачек кварц-карбонат-слюдистых сланцев и метасоматических кварцитов. Последние большей частью приурочены к нижней половине горизонта углеродистых сланцев, имеют нередко тектонические контакты, непостоянную мощность, ветвятся, пережимаются, выклиниваются и смещаются разрывными нарушениями.

Разрез рудовмещающей толщи синклинали начинается пачкой метасоматических кварцитов мощностью от 5 до 30 м, контактирующих по разрывному нарушению с кварц-слюдистыми сланцами. Выше залегают две пачки кварц-карбонат-слюдистых сланцев мощностью от 5 до 35 м, переслаивающихся с кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами. Венчает разрез еще одна пачка кварц-карбонат-слюдистых сланцев мощностью 30 м.

Рассматриваемое рудопроявление отличает от других объектов рудного поля относительно малое развитие пликативных структур. Установленные при изучении канав складки имеют субмеридиональную ориентировку шарниров и углы падения крыльев от 32 до 85°. Осевые их поверхности наклонены к юго-востоку под углом 50-80°. Изредка отмечаются небольшие флексурные изгибы на контакте кварц-слюдистых и кварц-карбонат-слюдистых сланцев с шириной короткого, почти горизонтального крыла 0,5-1,0 м; к ним приурочены небольшие тела метасоматитов. Углы падения длинных крыльев флексур составляет 25-30°. Относительно редко наблюдается плойчатость, представленная складками с размахом крыльев от 0,2-0,5 до 5-7 см и углами наклона от 10 до 30°. Все более крупные складки открытые, а осложняющие их микроскладки с амплитудой до 1 см чаще изоклинальные. Эти складки сопряжены со сланцеватостью, которая имеет преимущественно северо-восточное простирание и юго-восточное падение, ориентируясь, в общем, параллельно литологическим границам. Со сланцеватостью в большинстве случаев совпадает полосчатость, которая в разной степени отмечается почти во всех породах разреза.

Важная роль в структуре рудопроявления принадлежит разрывным нарушениям. Среди них выделяются продольные, диагональные и поперечные. Наиболее многочисленны продольные нарушения, имеющие северо-восточное простирание и часто совпадающие с литологическими границами различных пород. К ним же относятся зоны межпластового скольжения, фиксированные линейной корой выветривания. Самый крупный разлом этой группы ограничивает с северо-запада и юго-востока горизонт кварц-слюдисто-углеродистых сланцев с пачками кварцитов и кварц-карбонат-слюдистых сланцев.

Поперечные разломы ориентированы в субширотном и северо-западном направлениях. Один наиболее крупный среди них широтный разлом прослежен горными выработками до Олимпиадинского месторождения и далее к северо-востоку, а оперяющее его нарушение протягивается в северо-западном направлении. Горизонтальная составляющая этих разломов относится к типу правого сдвига с амплитудой от 25 до 60 м.

Диагональные разрывные нарушения имеют северо-северо-западную ориентировку, являются мелкими и редкими, отмечаясь лишь в северной части площади рудопроявления.

Отмеченными выше разломами северо-западное крыло Иннокентьевской синклинали разбито на небольшие разновеликие блоки, испытавшие, видимо, разноамплитудные смещения.

На площади рудопроявления по результатам опробования выделена одна рудная зона протяженностью 650 м и мощностью от 15 до 50 м. Она имеет северо-восточное простирание и приурочена к горизонту кварц-карбонат-слюдистых сланцев с линзовидными телами карбонатных пород и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев, связана с различными по составу метасоматитами, образовавшимися по названным породам. С глубиной по материалам бурения все более широкое распространение получают скарноиды. Основные полезные компоненты в рудах представлены золотом и шеелитом, которым почти постоянно сопутствуют пирротин или арсенопирит, а часто и то и другое вместе. Менее распространены в рудах пирит, антимонит, бертьерит, редко отмечаются блеклые руды, халькопирит, сфалерит, висмутин, виоларит и др.

Пирротин в существенно карбонатных метасоматитах наблюдается чаще всего в виде вкрапленных зерен изометричной и короткопризматической формы с линейными или слабо корродированными контурами размером 0.07-0.25 мм. Иногда они группируются в мелкие изометричные с неровными контурами или неправильные, вытянутые по сланцеватости агрегаты, сопровождающиеся в нередких случаях оторочками обрастания арсенопиритом. Наблюдаются агрегаты, имеющие скелетный облик, обусловленный включениями субпараллельных волокнисто-шестоватых индивидов амфибола и слюд. Пирротин ксеноморфен по форме и по отношению к арсенопириту, пириту, но является более идиоморфным, чем халькопирит, по границе зерен и по скрытым трещинам он нередко замещается мельниковитом-марказитом.

В метасоматически измененных кварц-слюдисто-углеродистых сланцах пирротин образует вкрапленные тонкозернистые (0,02 мм) и субмикроскопические (0,002 мм) зерна преимущественно короткопризматической и таблитчатой формы, располагающиеся субпараллельно и подчиненные направлению сланцеватости пород. В ксеноморфном срастании с ним встречается халькопирит. В отмечающихся среди сланцев кварцевых прожилках он средне- и мелкозернистый размером 0,1-0,5 мм, изометричный с неровными контурами. Встречаются также прожилкообразные агрегаты пирротина, которые замещаются мельниковит-пиритом с образованием редких, но довольно крупных (до 0,5 мм) концентрически зональных стяжений.

Арсенопирит встречается большей частью в виде тонкой и субмикроскопической вкрапленности метазерен изометричной, ромбовидной и короткопризматической формы размерами от 0,008 до 0,05 мм. Отмечаются скелетно-ромбовидные метакристаллы, наряду с гранобластовыми, явно корродированными зернами. Нередко он образует оторочки обрастания вокруг пирротина. На фоне тонкой вкрапленности наблюдаются мелкие редкие порфировидные (0,15-0,2 мм) выделения арсенопирита ромбовидной формы. Раскрошенные его мелкие зерна иногда концентрируются в прерывистые оторочки вокруг антимонита. Помимо вкрапленности преимущественно в карбонатных метасоматитах такие зерна арсенопирита развиваются вместе с пирротином в карбонатных и слюдисто-карбонатных прожилках, образуя прерывистые скопления.

По сравнению с этими арсенопиритами более ранними, вероятно, являются относительно крупные метазерна арсенопирита размером до 0,7 см, редко отмечающиеся в контактово-измененных сланцах. Они обычно сильно трещиноваты и по трещинкам в них развивается кварц. Рентгенометрические исследования выявили довольно высокую температуру их образования, равную 580°С (Ли и др., 1971).

Пирит более часто отмечается в кварцевых прожилках, реже в метасоматитах. В последних он бывает вкраплен вдоль оторочки арсенопирита или образует срастания с ним, подчиняясь его границам. Преобладают изометричные зерна размером до 0,05 мм, редко встречаются квадратные, корродированные пирротином. Нередко пирит наблюдается в пирротине в виде кучно распределенных, иногда раскрошенных зерен размером 0,05-0,3 мм. В кварцевых прожилках пирит имеет преимущественно короткопризматическую и квадратную с линейными контурами форму, характеризуется обилием включений нерудных минералов. Размер зерен 0,3-0,8 мм, а скоплений - достигает 2 х 12 мм.

Антимонит образует в метасоматитах редкую рассеянную вкрапленность таблитчатых, призматических и неправильных мелких зерен с занозистыми контурами. Размер вкрапленников колеблется от 0,03 до 1,6 мм. В отдельных скоплениях антимонитовых зерен отмечаются пластинчатые (до 0,2 х 0,1 мм) включения бертьерита и единичные игольчатые и волокнистые индивиды джемсонита размером 0,15 х 0,2 ÷ 0,2 х 0,03 мм, развивающихся вблизи границ зерен антимонита. Вокруг зерен антимонита нередко развиваются оторочки замещения вторичными минералами валентинит, сенармонтит и кермезит.

В кварцевых жилах антимонит развивается в виде цепочкообразно расположенных зерен листоватой формы с неровными контурами размером 0,1-0,5 мм.

Сфалерит - встречается как в виде вкрапленности самостоятельных зерен, так и в срастании с пиритом. Форма его изометричная, короткопризматическая и треугольная, размеры 0,085-0,25 мм. В более крупных зернах нередко отмечаются эмульсионные включения халькопирита. Следует отметить, что последний редко встречается в виде самостоятельных выделений, образующих неравномерную вкрапленность, ориентированную нередко по сланцеватости, чаще находится в срастаниях то с пирротином, то со сфалеритом.

Не останавливаясь на характеристике взаимоотношений описанных выше минералов друг с другом отметим, что они представляют собой разновременные образования и принадлежат к различным минеральным ассоциациям. При этом необходимо подчеркнуть, что для ряда минералов, в частности, пирротина, арсенопирита и пирита достаточно отчетливо различаются несколько генераций, относящихся к различным стадиям процесса минералообразования.

По результатам детальных поисков рудопроявление характеризуется ограниченными золоторудными перспективами.

Высокое рудопроявление расположено на правом борту руч. Высокий, в 20 м к юго-востоку от северо-восточного окончания Тырыдинского гранитоидного массива. Оно открыто в 1953 г. при проведении поисковых работ на вольфрам, а золотоносность его установлена в 1964 г. в результате штуфного опробования (Ли и др., 1968). При проведении работ по поискам золотоносных кор выветривания в 1989-1996 гг. на левом борту руч. Высокий на участке его слияния с руч. Иннокентьевским, в 80 м к северо-востоку от золото-вольфрамового рудопроявления буровыми скважинами вскрыто вкрапленное золото-сульфидное оруденение, сходное с Олимпиадинским. Это рудопроявление названо также Высоким. Чтобы различать его от предыдущего предлагаем назвать его Высокое-2.

Золото-вольфрамовое рудопроявление Высокое приурочено к экзоконтактовой зоне Тырыдинского гранитоидного массива. Оно вскрыто с поверхности значительным числом горных выработок, на глубину не изучалось. В его пределах разрез вмещающей толщи состоит из тех же сланцев - кварц-слюдистых, кварц-карбонат-слюдистых и кварц-слюдисто-углеродистых, что и на других объектах рудного поля. Рудная минерализация связана с мелкими и отдельными более крупными телами грейзенизированных гранитов, залегающими среди кварц-слюдистых с гранатом сланцев и кварц-биотит-силлиманитовых роговиков. Тела имеют линзовидную форму, подчиняющуюся структуре вмещающих сланцев, длина их достигает 300 м при мощности, варьирующей от 10 до 35 м. В горных выработках устанавливается, что уже на глубинах 10-18 м они

уменьшаются в мощности, обнаруживая тенденцию к выклиниванию. Более крупные тела сопровождаются серией мелких линз, количество которых резко убывает с удалением от них. Эти мелкие линзы окаймляются турмалиновой оторочкой мощностью около 1 см.

Для грейзенизированных гранитов характерны мелкая зернистость и широкое развитие альбита, кварца, мусковита, турмалина. Процесс изменения начинается с ранней микроклинизации плагиоклаза, которая развивается с краев зерен и приводит к образованию крупных выделений микроклина с включениями плагиоклаза. В последующем происходит интенсивное развитие альбита, кварца, замещение плагиоклаза мусковитом. Образуются мелкозернистые агрегаты микроклина и кварца, альбититы, альбит-кварц-мусковитовые грейзены с турмалином. Выделения турмалина распределены неравномерно в виде вкрапленности отдельных кристаллов, гнезд и скоплений крупных разноориентированных кристаллов, образуют прожилки и зонки в ассоциации с кварцем. Он часто замещается микроклином кварцем, альбитом, мусковитом.

Тела грейзенизированных гранитов местами пересечены сетью кварцевых прожилков, имеющих преимущественно извилистые и причудливые очертания и крайне непостоянную мощность - от нескольких сантиметров до 1 м. Они в совокупности образуют участки довольно густого кварцевого прожилкования, сходные по морфологии со штокверком. Форма его неправильная, напоминающая форму усеченного конуса.

Рудный штокверк образован несколькими системами маломощных, ветвящихся и пересекающихся кварцевых прожилков различной ориентировки, преимущественно прямолинейных очертаний с ясными четкими контактами. Мощность прожилков варьирует от нескольких миллиметров до 20-30 см. Их протяженность обычно не превышает 5 м. Характерно присутствие в кварцевых жилах заметного количества турмалина (шерла), образующего преимущественно крупные (до 2-3 см длиной) кристаллы, концентрирующиеся в призальбандовой их части. Наиболее густая сеть прожилков и жил развита в северном экзоконтакте гранитоидного массива на небольшом участке площадью 0,6 кв. м. Кроме кварц-прожилковых рудных образований в штокверке проявлена вкрапленная минерализация.

Вольфрамовая минерализация представлена вольфрамитом и шеелитом, количественные соотношения которых определяются как 5:1. Основная масса вольфрамита приурочена к кварцевым жилам и прожилкам, и грейзенизированным гранитам вблизи секущих жил. Шеелит встречается совместно с вольфрамитом. Преобладают вкрапленно-прожилковые текстуры руд. Этим минералам довольно часто сопутствуют пирит и арсенопирит, реже пирротин, молибденит, галенит, сфалерит, магнетит, золото, антимонит и киноварь. Отличительная особенность состава рудной минерализации - сонахождение вольфрамита и шеелита, которое, как известно, представляет собой мало распространенное явление.

Вольфрамит обычно встречается в кварцевых жилах и прожилках, и грейзенизированных гранитах в виде единичных кристаллов и агрегатов длиной от 0,2 до 5 см. Различаются две его генерации. Ранняя генерация вольфрамита приурочена к прожилкам и жилам кварца, образует вытянутые кристаллы пластинчатого и призматического габитуса, значительно реже гнездовые скопления и агрегаты неправильной формы. По отношению к кварцу он идиоморфен, лишь местами корродируется им. Наблюдается его замещение шеелитом с образованием тонких ветвящихся прожилков, развивающихся по трещинам спайности и изломе, а также границам зерен. По данным спектрального анализа, выполненного в лаборатории ПГО «Красноярскгеология», в нем содержится в повышенном количестве марганец (в пределах 1%), а атомно-абсорбционным анализом обнаружены серебро (от 2 до 7 г/т) и золото (в пределах 0,02 г/т). По результатам химического анализа в составе вольфрамита присутствуют SiO_2 (1,84%), FeO (18,78%), MnO (4,09%), MgO (0,86%), WO_3 (74,1%); сумма - 99,67%. Содержание в нем гюбнеритовой ($MnWO^4$) молекулы составляет 14%, а ферберитовой ($FeWO_4$) - 86%. По величине отношений этих молекул он близок к вольфрамитам месторождений грейзеновых штоков и пневматолитовых жил (по Эльснеру и Лейтвейну).

Более поздняя генерация вольфрамита развита в грейзенизированных гранитах и внешне ничем не отличается от более ранней генерации. Наряду с неравномерной редкой вкрапленностью она образует местами довольно крупные скопления черных агрегатов, иногда хорошо образованные кристаллы. Совместно с ней отмечается шеелит в резко подчиненном количестве. Наблюдениями под микроскопом установлено замещение шеелитом этого позднего вольфрамита. Такие данные свидетельствуют о том, что минералообразование происходило на фоне меняющейся кислотности-щелочности постмагматических растворов - от относительно кислых при отложении вольфрамита к щелочным - при отложении шеелита. На более кислотный характер гидротермальных растворов на ранней стадии рудоотложения указывает, кроме того, присутствие молибденита, встречающегося в виде вкрапленности мелких зерен в грейзенизированных гранитах.

Кристаллизация вольфрамита происходила, в основном, вслед за образованием кварцевых жил и прожилков, о чем свидетельствует его идиоморфизм по отношению к большинству окружающих минералов.

Шеелит наблюдается в виде единичных зерен и агрегатов. Небольшие его скопления выявлены в грейзенизированных гранитах, где он ассоциирует с вольфрамитом. Одним из факторов, определявших его образование, явилось наличие в составе вмещающей толщи обогащенных кальцием пород - кварц-карбонат-слюдистых сланцев.

Пирит распространен широко, особенно в кварцевых жилах и прожилках. Наиболее обычная форма его выделений - мелкие зерна и агрегаты, редко образует тонкие прожилки. Среди элементов-примесей чаще всего в нем присутствуют кобальт, мышьяк и серебро.

Халькопирит подобно пириту присутствует, в основном, в кварцевых жилах и прожилках в виде кристаллов размером от 0,8 до 1,5 см. В зоне окисления замещается халькозином, ковеллином, борнитом.

Пирротин распространен значительно меньше пирита и халькопирита. Встречается он как в кварцевых жилах и прожилках, так и в грейзенизированных гранитах, тесно ассоциирует с названными минералами. По наблюдениям под микроскопом его отложение происходило несколько позже пирита.

Галенит и сфалерит так же, как и пирротин, количественно уступают пириту и халькопириту. Сфалерит обнаруживает отчетливый идиоморфизм по отношению к нерудным минералам, исходя из чего вполне вероятно допустить его отложение почти одновременно с формированием кварцевых жил и прожилков. Галенит встречен в баритовой жиле, залегающей вблизи тела грейзенизированных гранитов.

Арсенопирит отмечается в виде рассеянной вкрапленности в грейзенизированных гранитах, реже в кварцевых жилах. По взаимоотношению с халькопиритом он относится к числу ранних рудных минералов.

Молибденит встречается редко в виде мелких чешуек

размером до 8 мм в ассоциации с халькопиритом.

Антимонит образует шестоватые кристаллы размером 0,1-0,5 мм в кварцевых прожилках. Обычно находится в ассоциации с киноварью.

Киноварь отмечается в виде тонких пленок вдоль трещин в кварце.

Золото встречено в виде единичных чешуек в двух протолочках гранитов с прожилками кварца.

В рассмотренном минеральном комплексе привлекает внимание сонахождение с вольфрамитом антимонита и киновари. По мнению А.Д. Щеглова (1972) оруденение с таким парагенезисом минералов формируется в условиях небольших глубин и относительно невысоких температур, не превышающих 150°С при участии растворов щелочного и слабо щелочного характера. Присутствие вольфрамита не противоречит таким условиям, поскольку при понижении температуры, как показано исследованиями С.А. Коренбаума (1972), область его устойчивости значительно расширяется.

Золото-сульфидное рудопроявление Высокое-2 по данным Н.Р. Эпова и других приурочено к сочленению двух антиклинальных складок 3-го порядка - Тырыдинской и Благовещенской, осложняющих северо-западное крыло Иннокентьевской синклинали. В свою очередь эти складки осложнены мелкими перегибами и флексурами, разбиты на блоки разрывными нарушениями северо-западного простирания с амплитудой смещения несколько десятков метров. Преобладающая часть площади рудопроявления сложена кварц-слюдисто-углеродистыми и кварц-слюдисто-карбонатными сланцам с телами метасоматитов. В интервале глубин до 100 м по данным бурения скважин залегают гранитоиды Тырыдинской интрузии, выходящие на дневную поверхность к северо-западу от рудопроявления.

Золото-сульфидное оруденение проявлено в карбонат-кварцевых метасоматитах в зоне их контакта с кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами. Руды малосульфидные, в основном, с арсенопиритом, пиритом и пирротином. Предварительно оконтуренное рудное тело имеет пластообразную форму и пологое залегание с постепенным погружением к северо-востоку. С северо-востока и юго-запада оно ограничено крутопадающими разрывными нарушениями северо-западного простирания. В направлении к северо-западу и юго-востоку рудное тело не оконтурено. По падению оно протягивается от поверхности до глубины 51,5 м при мощности, варьирующей от 2,1 до 10 м (среднее 6,7 м). Содержание золота в контуре рудного тела колеблется от 0,2 до 21,6 г/т, среднее - 4,6 г/т. Прогнозные ресурсы золота оценены по категории P_1 в более 9 т.

Чиримбинское рудопроявление расположено в юго-восточной части Олимпиадинского рудного поля в верховьях рек Лев. Чиримбы и Тырыды и их притоков. Его площадь сложена кварц-слюдисто-углеродистыми, кварц-карбонат-слюдистыми и кварц-слюдистыми сланцами. Вдоль зон тектонических нарушений развита кора выветривания, представленная дресвяно-алевро-глинистыми образованиями. Основная складчатая структура рудопроявления - корытообразная синклиналь, сопрягающаяся своим северо-западным крылом с Медвежьей антиклиналью и ограниченная с юга Чиримбинским гранитоидным массивом. По геолого-геофизическим данным предполагается, что синклиналь имеет два центриклинальных замыкания - одно на западе, другое - на востоке. Между ними располагается пологое поднятие антиклинального типа, образовавшееся в результате вдвигания тектонического блока с гранитоидами Чиримбинского массива.

Поисковые работы, по данным В.А. Лопатина и других, осуществлялись на западном, центральном и восточном участках. Первый из них располагается в верховьях р.Тырыды, где предполагается центриклинальное замыкание синклинали. Здесь достаточно отчетливо фиксируется северо-западное крыло синклинали по горизонту кварц-слюдисто-углеродистых сланцев и ее ядро, сложенное кварц-слюдистыми сланцами. Менее четко устанавливается южное крыло синклинали; оно деформировано гранитоидным массивом. Общее падение пород на юг под углом 60-80°. В юго-западном направлении вдоль синклинали протягиваются узкой (100-150 м) полосой кварц-карбонат-слюдистые сланцы, отделяясь от горизонта кварц-слюдисто-углеродистых сланцев тектоническим нарушением, протягивающимся вдоль их контакта на северо-восток до Олимпиадинского месторождения. В восточной части месторождения это нарушение является рудоконтролирующим. В пределах же участка с ним связана слабая сульфидная минерализация, представленная, в основном, пиритом и пирротином. В отобранных из канав и шурфов сколковых и бороздовых пробах определено убогое содержание золота, не превышающее десятых долей грамма на тонну.

В центральной части рудопроявления Чиримбинская синклиналь полностью пересечена с севера на юг профилем буровых скважин глубиной до 330 м. По материалам бурения крылья синклинали имеют крутое падение. Шарнир складки по геофизическим данным предполагается на глубине 600-700 м. Пройденными канавами выявлено рудное тело, которое затем пересечено на глубине скважиной. Оно приурочено к линейной коре выветривания, образовавшейся вдоль контакта кварц-слюдисто-углеродистых и кварц-карбонат-слюдистых сланцев, имеет седловидную форму, располагается в шарнирной части мелкой складки, осложняющей северо-западное крыло Чиримбинской синклинали. Предполагается его погружение к северо-востоку и соединение здесь с рудным телом 4 Олимпиадинского месторождения. В рудном теле проявлена убогая сульфидная минерализация, представленная пиритом, пирротином, менее часто игольчатыми кристаллами арсенопирита и редкими выделениями антимонита. Мощность рудного тела по скважине 3,2 м, среднее содержание золота 3,1 г/т. В канавах они варьируют соответственно от 1,5 до 9,4 и от 4,1 до 14,2 г/т.

Восточный участок расположен на водоразделе р. Лев. Чиримбы и ее притока - руч. Полуторник. По геофизическим данным здесь предполагается центриклинальное замыкание синклинали на глубине 200 м. Вмещающие породы - кварц-слюдистые, кварц-слюдисто-углеродистые и кварц-карбонат-слюдистые сланцы смяты в синклинальную складку северо-западного простирания. Крылья ее падают на северо-восток под углом 50-70°. В ядре синклинали залегают кварц-слюдистые сланцы.

На площади данного участка развиты линейные коры выветривания. Опробование поверхностных горных выработок не выявило в них концентрации золота.

Рудопроявление Иннокентьевское

Расположено на водоразделе истоков руч. Иннокентьевского и р. Тырыды, в 0,5 км ЮЗ от месторождения Олимпиадинского Западного. Руды золото-сульфидные гидротермально-метасоматического типа, тонковкрапленные, в слюдисто-карбонат-кварцевых метасоматитах. Приурочены они к кварц-мусковит-серицитовым сланцам, затронутым динамометаморфизмом, в зоне Верхне-Енашиминского надвига. Падение рудной зоны пологое, юго-восточное под углом 25-40°. Рудные тела прослежены по простиранию на 100-700 м, по падению на 50-300м. Мощность их 1-10 м. Содержание золота в рудных интервалах от 1,2 до 7,1 г/т.

Проявление Титимухта-1

Находится на водоразделе рр. Титимухта-Енашимо, на юго-западном склоне высоты 625,5 (в 5 км севернее месторождения Титимухта). Выявлено работами по ГДП-50 (Хисамутдинов, 1990). Здесь в корах выветривания по карбонатсодержащим породам кординской свиты, по данным пробирного анализа керновых проб, установлено содержание золота 9,0 г/т. Коренные породы представлены гранат-слюдисто-кварцевыми сланцами, которые приурочены к фронтальной части Тальского надвига. Кора линейного типа развита по интенсивно передробленным породам и прослеживается от проявления Титумухта-1 на юг более 4 км, практически до месторождения Титимухта.

Взаимоотношение разнотипного эндогенного оруденения

Описанные выше различные типы эндогенного оруденения в пространстве разобщены и располагаются на значительном удалении от главного в рудном узле Олимпиадинского месторождения. На данном месторождении золото-сульфидное оруденение локализуется вблизи и на контакте кварц-карбонат-слюдистых и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев, контролируясь зонами межпластовых складчато-сдвиговых нарушений. Оно представлено вкрапленностью, реже мелкими прожилками, линзами и гнездами в метасоматитах, состоящих из переменных количеств кварца, кальцита, мусковита, биотита, клиноцоизит-цоизита, хлорита, а также в кварц-цоизитовых метасоматитах по кварц-слюдисто-углеродистым сланцам. Состав рудной минерализации включает достаточно большой набор минералов, среди которых главные - пирротин, арсенопирит, антимонит, второстепенные - бертьерит, золото, сфалерит, галенит, халькопирит, шеелит, джемсонит, самородная сурьма, молибденит, вольфрамит, киноварь и др. Большинство из этих минералов присутствует в очень небольшом количестве или устанавливается только под микроскопом.

Совместное изучение этих и приведенных выше материалов о составе минерализации в рудных объектах показывает, что различные типы оруденения обладают качественно сходным набором рудообразующих и сопутствующих минералов, существенно не отличающихся по характеру выделений и взаимоотношений. Наблюдаемые отличия сводятся, в основном к вариации содержания рудных минералов, определяющих промышленную ценность руд. Вольфрамит развит только в кварц-прожилковых рудах, связанных с телами грейзенизированных гранитов, шеелит образует значимые концентрации только в метасоматитах экзоконтактовой зоны гранитоидного массива, а антимонит наиболее широко распространен в рудах, локализованных на удалении от выходящих на поверхность и залегающих на глубине гранитоидов. Самородный висмут, висмутин и другие минералы висмута находятся на еще большем удалении от гранитоидного массива. В целом они формируют определенную минералогическую зональность: вольфрамит-шеелит-арсенопирит-антимонит-висмутин, со всеми элементами которой связано разнотипное золото. Золото, так же, как и сурьма, образует наибольшие концентрации на удалении от гранитоидов. Привлекает внимание достаточно широкое распространение на площади рудного узла проявлений ртути, которое отмечается почти на всех рудных объектах и фиксируется геохимическими аномалиями, но наиболее ощутимые - выявляют тесную связь с объектами золото-сурьмяного оруденения.

Хотя максимальные концентрации вольфрама, золота, сурьмы, висмута в пространстве разобщены, минералы этих элементов присутствуют почти на всех рудных объектах. Такие особенности распространения минералов основных рудных компонентов и сходство состава сопутствующего минерального комплекса указывает на возможную генетическую общность разнотипного золото-вольфрамового, золото-сульфидного, золото-сурьмяного и золото-висмутового оруденения. Об этом же свидетельствуют одновозрастность и общая геолого-структурная позиция проявлений, связь с одной и той же интрузией, направленная последовательность формирования и закономерные соотношения в пространстве, включая и положение по отношению к апикальной части интрузии, наличие сквозных минералов, проходящих через весь процесс рудообразования (особенно показательны в этом отношении золото, шеелит, антимонит, висмутин и другие геолого-минералогические данные). Основываясь на этих данных, представляется возможным различные типы оруденения рассматривать как последовательные звенья генетически единого зонального рудного ряда. Наблюдающиеся различия оруденения обусловлены, повидимому, набором последовательно развивавшихся стадий рудообразования и интенсивностью их проявления в зависимости от конкретных геолого-структурных условий.

Наряду с площадным обособлением, как можно видеть из приведенных материалов, различные типы оруденения сменяют друг друга с удалением от гранитоидов в определенной последовательности. В грейзенизированных гранитах развито кварц-золото-вольфрамитовое оруденение, в экзоконтактовой зоне при условии присутствия карбонатных пород - золото-шеелитовое и на удалении - золото-сульфидное, золото-сурьмяное, золото-висмутовое. Из такого пространственного соотношения разнотипной рудной минерализации представляется достаточно очевидным проявление в рудном узле эндогенной рудной зональности, которая по своему генезису соответствует двум различным типам - многостадийной и концентрационной. Эта, в общем, стандартная зональность хорошо объясняется с позиции различной миграционной способности рудообразующих рудных элементов, обусловленной неодинаковым химическим сродством их ионов к сере и кислороду (Маракушев и другие, 1971). Вольфрам, характеризующийся высоким сродством к кислороду и низкой миграционной способностью, близкой к олову, образует концентрации в телах грейзенизированных гранитов в виде вольфрамита и в экзоконтактовой зоне - в виде шеелита. Малая подвижность вольфрама и большая его энергоемкость находит наглядное выражение в значениях изобарных потенциалов (ΔZ) его минералов, которые по расчетам Ф.А. Летникова (1965) составляют соответственно 223-207,48 и 218,2-203,3 ккал/моль. Причем, образование шеелита происходило, вероятно, в наиболее раннюю стадию послескарнового метасоматоза, и связано с растворением кальция преимущественно скарнированных пород, пользующихся значительным распространением на Оленьем рудопроявлении, особенно с глубиной, и соединением его с окисью вольфрама.

Сурьма, в отличие от вольфрама, обладает высоким сродством к сере и малой энергоемкостью: значение ΔZ ее составляет 35,1 - 33,1 ккал/моль (Летников, 1965). Вследствие этого сульфидные комплексы ее мало устойчивы в сернистых растворах и быстро распадаются с образованием сульфидов, а в кислых растворах сурьма характеризуется низкой подвижностью. Между тем, она образует концентрации на удалении от гранитоидов как по вертикали, так и по латерали, что свидетельствует о высокой ее подвижности. Это противоречие получает удовлетворительное объяснение, если исходить из возможности не

катионной формы переноса сурьмы кислыми растворами, при которой она имеет очень низкую миграционную способность, а анионной форме переноса сероводородными растворами, при которой, как показывают термодинамические расчеты А.А. Маракушева и других (1971), сурьма оказывается в числе наиболее подвижных металлов. Анионные комплексы, устойчивые в сероводородном растворе, с понижением потенциала ΔZ распадаются с образованием сульфидов. Именно осаждением минералов сурьмы при потенциалах ΔZ более низких, чем при отложениях пирита, пирротина, арсенопирита и других, можно объяснить, как правило, более позднее их образование. С повышенной же миграционной способностью, по-видимому, связана концентрация больших масс золота на удалении от гранитоидной интрузии, а не в приконтактовых зонах.

Таким образом, зональное размещение разнотипного эндогенного оруденения в Олимпиадинском рудном поле находит удовлетворительное объяснение в различных миграционных способностях вольфрама, сурьмы, золота. На пространственное обособление и интенсивность концентрации, кроме того, существенное влияние оказала валовая концентрация рудных элементов в растворах. Как свидетельствуют исследования А.А. Маракушева с соавторами, последняя влияла также на миграционную способность рудных элементов, устойчивость миграционных форм и последовательность отложения минералов.

Рассмотренная эндогенная зональность оруденения находит отражение в распределении некоторых элементов-примесей в распространенных рудных минералах. В таблице 5 сведены полученные результаты количественного спектрального анализа более 100 проб монофракций сульфидов из руд разных месторождений и рудопроявлений, выполненные в лаборатории СНИИГГиМСа (зав. лаб. А.С. Черевко). При сравнении среднеарифметических значений и пределов колебаний содержания элементов-примесей в сульфидах выявляется индикаторное значение для зональности сурьмы и висмута. В распределении сурьмы обнаруживается достаточно отчетливая тенденция накопления в сульфидах сурьмяно-золотых руд Олимпиадинского месторождения. Содержание этого элемента в сульфидах золото-вольфрамовых руд Оленьего рудопроявления заметно ниже. В распределении же висмута выявляются обратная тенденция. Более высокие его концентрации устанавливаются в сульфидах руд экзоконтактовой зоны гранитоидов. В золото-сурьмяных рудах он присутствует или в малых количествах, или чаще вовсе отсутствует, формируя самостоятельный золото-висмутовый тип оруденения (месторождение Титимухта).

Ртутная минерализация.

Заканчивая рассмотрение разнотипного эндогенного оруденения рудного поля следует отметить, что на его площади достаточно широко проявлена ртутная минерализация. Несмотря на значительную давность обнаружения, она до сих пор не вовлекалась в детальное изучение. Это минерализация проявлена локально в границах рудного поля и прилегающей к нему с юга неширокой полосе и большинство установленных проявлений отчетливо тяготеет к месторождениям и рудопроявлениям. Данное обстоятельство придает ей повышенный интерес в металлогеническом отношении.

Одно из сравнительно более изученных проявлений расположено в запад- юго-западной периферии Правобережного участка Олимпиадинского месторождения. Ртутная минерализация на этом проявлений связана с жилой молочно-белого, водяно-прозрачного, участками дымчатого кварца, залегающего среди кварц-карбонат-слюдистых сланцев. Данная жила имеет северо-западное простирание (СЗ 320°) и юго-западное падение под углом 80°, линзовидную форму и быстро выклинивается как по простиранию, так и падению. Ее длина по простиранию 30 м, по падению 4 м, средняя мощность 0,4 м. Контакты с вмещающими породами резкие, ровные.

Ртутная минерализация представлена киноварью, которая в виде пленочных налетов карминно-красного цвета развивается по плоскостям трещин в кварце. Она в жиле распределена неравномерно, приурочиваясь, в основном, к зальбандовым частям. Совместно с киноварью очень редко отмечается вкрапленность халькопирита и налеты малахита. Содержание ртути варьирует от 0,1 до 1%.

Выделения киновари в виде примазок и небольших зернистых скоплений наблюдаются также на продолжении кварцевой жилы в глубину по плоскостям трещин во вмещающих породах вблизи их контакта. Иногда здесь отмечаются капельки самородной ртути. Наконец, мелкая вкрапленность киновари встречена в скоплениях гнезд кальцита в кварцевых и кварц-кальцитовых прожилках, сопровождающих трещину. Содержание ртути в этих образованиях колеблется в интервале 0,01-0,05%, в единичных пробах достигает 0,1%.

Проведенным шлиховым опробованием установлено присутствие киновари в делювиальных отложениях. В пробах, отобранных выше по склону к юго-западу и юго-востоку от рассматриваемого участка, ее количество изменяется от 10 до 600 знаков на 0,02 куб. м промытой массы. В месте наибольшей концентраций киновари в делювии, находящемся на удалении 30 м к юго-западу от последнего, вскрыта оруденелая зона с данным минералом. Она приурочена к брекчированным, раздробленным кварц-слюдяным сланцам, содержащим прожилки кварца с густым налетом пленок киновари. Мощность оруденелой зоны не менее 1,8 м. Еще выше по склону на поверхности встречены глыбы кварца с налетами киновари. В пробах, отобранных из них, химическим анализом определено содержание ртути до 0,045%.

Другое проявление киновари расположено в верховье руч. Иннокентьевского, в 900 м к юго-западу от руч. Потерянного. Здесь киноварь установлена в протолочках проб кварцита в количестве 170 зерен и часто наблюдается в сростках с кварцем. Совместно с ней в шлихах присутствуют шеелит, пироксен, амфибол, гранат, анатаз.

На участке выше устья руч. Коноваловского киноварь обнаружена в протолочках проб эпидотизированных гранитов, образующих свалы на правом склоне ручья. Ее зерна имеют неправильную форму, красный цвет, размер 0,1-0,3 мм. Вместе с киноварью в пробах отмечаются редкие кристаллы циркона призматической формы, шеелит и пирит.

Среди других участков распространения киновари укажем следующие: северный склон г. Енашиминский Полкан, в котором она установлена в протолочках проб кварцитов совместно с магнетитом, цирконом, пиритом, турмалином, марказитом; западную окрестность высоты 913 м, где киноварь фиксируется в протолочках проб кварцитов и ею, повидимому, обусловлены выявляющиеся геохимические ореолы ртути; верховье руч. Олимпиадинского и площадь к северо-западу от него вдоль разрывного нарушения до левого склона руч. Высокого, где киноварь установлена в шлиховых пробах в количестве до 600 зерен.

Россыпи золота

Иннокентьевская россыпь. Открытие и начало отработки этой россыпи золота, расположенной в одноименном ручье, относится к 1846 г. Добыча золота здесь про-

изводилась на двух приисках: Иннокентьевском и Васильевском . На первом из них длиной 4,1 км, россыпь разрабатывалась в течение 1846-1909 гг. открытым способом на участке протяженностью 1,1 км и шириной 75 м, и было добыто 212,9 кг золота при его содержании 1599 мг/м³. По имеющимся архивным материалам россыпь отличалась исключительно крупным золотом (от золотника - 4,2662 г до фунта - 409,51 г) при почти полном отсутствии мелкого. В россыпи часто находились самородки весом от 5 до 400 г. Отсюда известен самородок весом 2,9 кг - самый крупный из найденных в Северо-Енисейской тайге (рис. 3.3).

На Васильевском прииске, расположенном ниже по долине от прииска Иннокентьевского, в отводе длиной 3,4 км в 1854 - 1900 и 1903 гг. отработан открытым разрезом участок россыпи протяженностью 850 м и добыто 163,8 кг золота при его содержании 1472 мг/м³. Здесь также, как и в предыдущей россыпи, золото было крупное (вес отдельных золотинок 0,1-0,3 г), гладкое без породы и встречались самородки весом до 5 г. Вниз по долине ручья от этого участка количество мелкого золота увеличивается, но самородки еще преобладают.

По-видимому, россыпи приисков Иннокентьевского и Васильевского имел ввиду Н.В. Латкин (1869), говоря о россыпях верховьев р. Енашимо, как о гнездовых с крупным золотом и самородками.

В 1975-1977 гг. в долине руч. Иннокентьевского геологоразведочной партией Северной экспедиции под руководством И.В. Шаховой были проведены поисковые работы, в результате которых выявлены запасы золота, подсчитанные по категории C_2 289,9 кг со средним содержанием 465 мг/м³, (рис. 20). Протяженность разведанной россыпи 7,3 км. С учетом полученных результатов в 1979 г. под руководством Н.Я. Головачева были поставлены поисково-оценочные работы, которые продолжались до 1982 г. Уточненные по ним геологические запасы золота составили 240,3 кг при среднем содержании 659 мг/м³.

По всем этим материалам рассматриваемая россыпь характеризуется следующими основными чертами.

Россыпь руч. Иннокентьевского по условиям залегания относится к пойменному и террасовому морфологическим типам. Первые разведаны на трех участках долины: в истоках, приустьевой части левого притока - руч. - Высокого и нижней части долины. Их суммарная протяженность 3,7 км при ширине россыпи 20 м и средней ее мощности 5,3 м. Террасовая россыпь выявлена на двух участках по левому борту долины - в верховьях, вблизи устья руч. Потерянного и в приустьевой части руч. Высокого, и на одном участке правого борта у слияния руч. Иннокентьевского с руч. Олимпиадинским. На всех этих участках россыпь узкая, шириной не более 20-50 м, ее протяженность соответственно 700 и 750 м.

На участках, не затронутых мускульной отработкой, в строении россыпи отчетливо выделяется золотоносный пласт мощностью от 0,5 до 2,5 м и содержанием золота от первых сотен миллиграммов до нескольких граммов на кубометр, включающий приплотиковую часть аллювия и

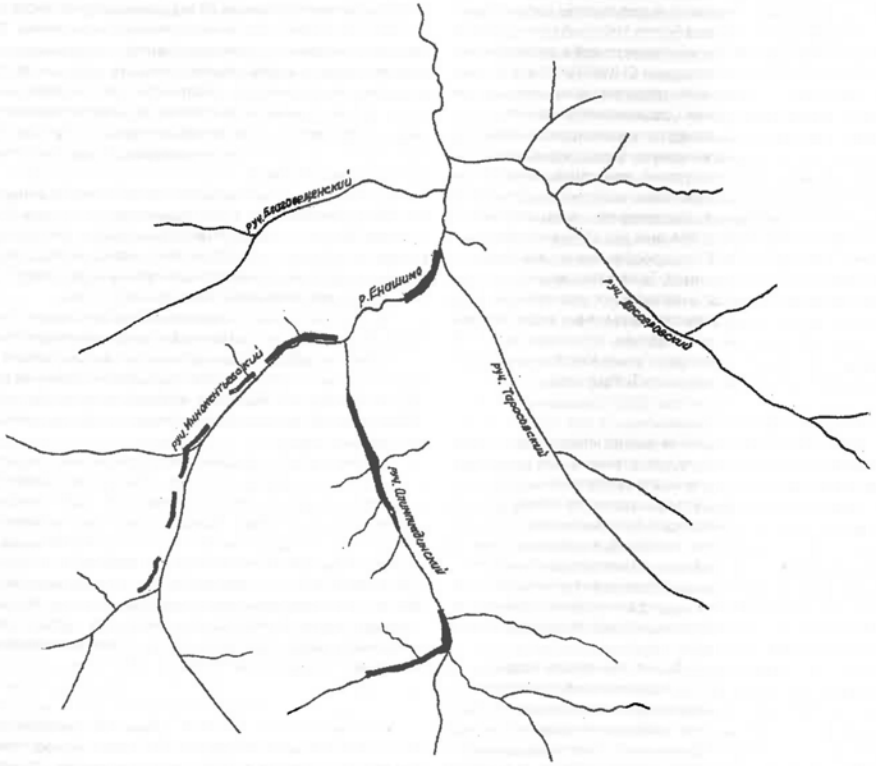


Рис. 3.3. Размещение золотонсных россыпей в басейне верхнего течения р. Енашимо

верхнюю выветрелую часть коренных пород плотика. Он перекрывается аллювиальными галечно-щебенистыми отложениями с песчано-суглинистым наполнением. Залегающие выше их «торфа» мало отличаются от них по литологическому составу. Золото проникает в выветрелые породы плотика по трещинкам на глубину до 3 м. Строение типового разреза следующее (сверху): почвенно-растительный слой - 0,0-0,3 м; делювиальные суглинки, супеси, глины с дресвой и щебнем слюдистых сланцев, кварца, редко кварцитов и гранитов - 0,3-1,0 м; илы зеленовато-серые, темно-серые до черных со щебнем и галькой сланцев и кварца диаметром до 20 см - 1,0-1,5 м; галечно-щебенистые отложения: супеси слюдистые, бурые, серые, желтые, иногда каолинизированные со щебнем кварца и сланцев, «галькой» сланцев слюдистых и черных филлитовидных, отмечаются валуны кварца (каменистость 30-50%) - 1,5-4,1 м; кора выветривания - супеси зеленовато-серые, желто-бурые, бурые, серые, черные, редко суглинки слюдистые зеленые с дресвой и щебнем выветрелых слюдистых и филлитовидных сланцев и каолинизированных гранитов диаметром до 6 см - 4,1-6,7 м.

В верхах разреза содержание гальки не превышает 5%. Плотик россыпи сложен кварц-слюдистыми и кварц-карбонат-слюдистыми сланцами.

Распределение золота в плане и разрезе россыпи очень неравномерное, что обусловлено разными причинами: наличием участков мускульной отработки, узкоструйчатым характером целиковых россыпей, присутствием большого количества крупного золота. Коэффициент вариации содержания золота колеблется в пределах 110-132%. В продольном профиле россыпи намечается тенденция понижения золотоносности в направлении вниз по долине, но золото различной крупности распределено, в общем, равномерно.

По данным ситового анализа в россыпи преобладает крупное золото; содержание фракций +1 мм составляет 79,5%, а - 0,25 мм - 2,1%. Гранулометрический состав золота россыпи характеризуется следующими процентными соотношениями классов крупности: +5 -6 - 30,5; +3 -4 - 28,4; +2 -3 - 15,8; +1 -2 - 4,8; +0,5 -1,0 - 11,6; +0,25 -0,5 - 6,8; +0,1 -0,25 - 2,1 (итого 100%). По степени окатанности золото неоднородно; наряду с хорошо окатанными, составляющими в общей массе около 22%, распространено совершенно неокатанное и слабо окатанное (25-40%). Для первого характерны пластинчатые и комковидные формы зерен, меньше - удлиненные хорошо отпрепарированные. Среди совершенно неокатанных зерен в равной мере распространены дендритовидные, комковидные, прожилково-трещиноватые, нередко в сростках с кварцем. В последнем золото наблюдается обычно в виде тонкой пылевидной вкрапленности. Слабо окатанные зерна по форме более разнообразны; комковидные с пористой поверхностью за счет выкрошившегося брекчированного и гранулированного кварца, пластинчатые, амебовидные, удлиненные и удлиненно-комковидные. Цвет золота желтый, золотисто-желтый, пробность высокая - 956-961. В тяжелой фракции шлиха совместно с ним присутствуют из рудных минералов пирит, гюбнерит, магнетит, шеелит, киноварь, арсенопирит, вольфрамит.

Н.Я. Головачев и другие указывают на единичные находки в россыпи новообразованного «горчичного» золота. Оно очень мелкое (до 0,1 мм), губчатое, пористое, пластинчатое, покрытое пленками бурых гидроокислов железа, окислов марганца, аналогичное наблюдающимся в окисленных рудах Олимпиадинского месторождения. Частицы его хрупкие, не выдерживают даже незначительных перемещений водным потоком.

Олимпиадинская россыпь. В долине руч. Олимпиадинского россыпи золота разрабатывались, главным образом, в верхнем отрезке на приисках Олимпиадинском и Благовещенском. Отводы же приисков нижнего отрезка долины не были затронуты отработкой. Из шурфов, пройденных на приисках Иверском и Хитром, было добыто суммарно 0,4 кг золота. На прииске Олимпиадинском в 1885-1889 гг. отработана россыпь открытым разрезом мускульным способом почти по всей длине отвода и добыто 107 кг золота, а в расположенном ниже по долине ручья от него - прииске Благовещенском за период 1889-1908 гг. добыто 57,4 кг золота на участке россыпи длиной 640 м и шириной 70 м. Золото в россыпи было крупное, а его содержание в «песках» достигало в отдельных пробах до 20 г/м³. Мощность продуктивного пласта по прежним отработкам 0,8-1,1 м.

По сведениям же Н.Я. Головачева и других отработка россыпи в долине руч. Олимпиадинского производилась на всех пяти ее приисках, и было добыто 532 кг золота при следующих содержаниях: Хитром - 533 мг/м³, Иверском - 2616 мг/м³, Благовещенском - 1850 мг/м³, Суровом - 6970 мг/м³ и Олимпиадинском - 1579 мг/м³. А согласно же И.Л. Комову и другими, в Олимпиадинской россыпи при прежней отработке добыто 1376 кг золота. Все эти сведения нуждаются в уточнении.

В 1941-1945 гг. в долине руч. Олимпиадинского проводились разведочные работы со станком «Эмпайр» и в результате их выявлены геологические запасы золота в количестве 66,6 кг. В 1975 г. в ней вновь были организованы поисковые работы, под руководством И.В. Шаховой которые продолжались до 1977 г., и разведаны запасы золота в количестве 599,9 кг со средним содержанием 376 мг/м³.

Россыпь представлена пойменно-русловым и террасовым морфологическими типами. Первая протягивается с перерывами на 5,7 км при ширине, варьирующей от 20-40 и 50-100 до 200-250 м. Типовой ее геологический разрез имеет следующее строение (сверху): почвенно-растительный слой, встречаются участки торфов и гумусированных суглинков - 0,0-0,2 м; делювиальные суглинки, редко глины со щебнем сланцев и кварца - 0,2-2,0 м; галечно-щебенистые отложения: супеси, реже суглинки с щебнем, галькой и гравием сланцев и кварца (до 50% от количества обломочного материала), каменистость от 20-50 до 75%, золотоносны, иногда в промышленных масштабах - 2,0-5,3 м; кора выветривания: супеси слюдистые, желтые, бурые, серые с щебнем и дресвой выветрелых сланцев; верхние ее части нередко золотоносны (содержание от первых сотен миллиграмм на кубометр до 1,8 г/м³) - 5,3-7,9 м. Средняя мощность разреза 5,3 м. В плотике россыпи залегают кварц-слюдистые и кварц-карбонат-слюдистые сланцы.

Террасовая россыпь приурочена к пологому увалу левого борта долины, прослеживается на всем ее протяжении. Выделяются два обогащенных золотом участка - один в верхней части долины, другой - в нижней. Общая протяженность этих участков 1,5 км при ширине от 40 до 80 м.

Распределение золота в россыпи по протяжению долины характеризуется максимальной его концентрацией на небольшом (500-1000 м) удалении от Олимпиадинского месторождения и резким снижением золотоносности ниже по течению от данного участка. С удалением от верховьев к устью долины уменьшается и доля крупного золота (+1 мм) от 36,6% до полного исчезновения. По результатам ситового анализа в россыпи преобладает мелкое золото, размерностью менее 1 мм над более крупным (+1 мм), которое составляет только 17.7%, что видно из данных гранулометрического состава (вес класса крупности в% к объему): +2 -3 -6; +1 -2 - 11,7; +0,5 -1,0 - 39,0; +0,25 -0,5 - 34,3; +0,25 - 9,0 (итого 100%). Средний размер

зерен золота в россыпи равен 0,53 мм. Главная масса золота неокатанная (50%) или слабо окатанная (45-50%), имеет комковидную, дендритовую, дробовидную, редко лепешковидную формы, ямчато-бугристый рельеф. Доля хорошо окатанного золота обычно не превышает 5% от общей массы и очень редко достигает 10-20%. Встречаются золотины в сростках с кварцем и с окварцованными сланцами. Но кварцевые жилы в коренном залегании не наблюдались, хотя их обломки отмечались часто. Особенно они многочисленны в верховье руч. Олимпиадинского. Среди них здесь различаются обломки белого мелкозернистого сахаровидного кварца с катакластической структурой с включениями выделений арсенопирита, пирита, ильменита и молочно-белого крупнозернистого кварца, в которых нередко присутствуют пирит, халькопирит, арсенопирит. Следует отметить также, что в долине руч. Олимпиадинского скважинами вскрыто несколько мелких интрузивных тел, сложенных порфировидными биотитовыми гранитами серыми, розоватыми, состоящими из калишпата (25-40%), плагиоклаза (20-35%), кварца (25-30%), биотита (3-8%) и акцессорных - циркона, монацита, ильменита, сфена.

Цвет золота преимущественно желтый и темно-желтый, пробность по определениям в химической лаборатории Северо-Енисейского рудника 981,4‰. Ему в россыпи сопутствуют шеелит и киноварь, реже касситерит, самородные свинец и цинк.

В россыпи наблюдались единичные частицы новообразованного «горчичного» золота размером не более 0.1 мм, губчатые, пористые, покрытые пленками гидроокислов железа и окислов марганца. По форме и размерам они, в общем, такие же, какие встречаются на Олимпиадинском месторождении.

Тырыдинская россыпь. Выявлена в результате проведения поисковых работ в верховье р.Тырыды, ниже впадения в нее руч. Олений. Россыпь по данным Л.М. Майоровой приурочена к русловой части глубоко врезанной U-образной формы долины р. Тырыды и протягивается полосой шириной 15-40 м вниз от ручья Олений на 1560 м. Мощность золотоносной части аллювиальных отложений 5,5 м. Золото концентрируется в галечно-щебенистых отложениях приплотиковой части разреза, проникая в трещинки плотика на глубину до 1-2 м. Золото преимущественно весьма мелкое и мелкое размером 0,2-1 мм, полуокатанное и неокатанное, комковидной, пластинчатой и амебовидной формы с ямчато-бугристым и ровным рельефом. В углублениях большинства золотин наблюдаются пленки гидроокислов железа. Цвет золота золотисто-желтый, пробность высокая - 964. Разведанные запасы золота составляют 41,9 кг. Россыпь не разрабатывалась.

О коренном источнике золота россыпей

В суждении о коренном источнике золота россыпей рудного узла большинство геологов исходят из классической схемы образования россыпи: коренные месторождения - элювиально-делювиальная, а затем аллювиальная россыпь. Основываясь на плановом положении россыпей, коренными их источниками определяются пространственно тесно сопряженные с ним месторождения и рудопроявления золота. Существенное влияние на формирование такого воззрения оказало развитие в последних оксидных (по названию, предложенному Н.А. Шило, Г.Ф. Павловым, 1965) зон окисления, распространяющихся иногда на большую глубину. При этом образование концентраций золота в россыпях связывают исключительно с окисленными золото-сульфидными рудами, хотя на площади рудных объектов и рудного поля довольно широко распространены кварцевые образования, в основном, в виде развалов, являющихся по результатам проведенного опробования убого золотоносными (Ли и др., 1968). В верховье руч. Олимпиадинского их валуны различных размеров весьма многочисленны; они молочно-белые, крупнозернистые, по данным И.Л. Комова и других содержат включения пирита, халькопирита, арсенопирита, золота. Размер валунов достигает 3 м. На участке вблизи Иннокентьевского рудопроявления, находящегося к западу от Олимпиадинского месторождения, кварц серовато-белый, крупнозернистый, образует крупные останцы, выступающие над поверхностью на высоту не менее 1,5-2,0 м, содержит крупные призматического облика кристаллы арсенопирита. На западном участке Олимпиадинского месторождения среди сульфидно-вкрапленных руд встречаются быстро выклинивающиеся по падению короткие кварцевые жилы, раздутые линзы, чечевицы, желваки кварца. Кварц жил преимущественно серовато-белый, а в линзах и желваках часто дымчатый высокотемпературного облика. Для взаимоотношений последних с вкрапленными рудами характерными являются преимущественно более позднее, секущее положение жил. В местах пересечений с рудными телами жилы нередко обогащаются сульфидами, такими же, как и во вкрапленных рудах. Эти жилы обычно содержат золото, причем, его содержание в них иногда более высокое, чем в окружающих вкрапленных рудах. Исходя из таких данных, нами было высказано предположение, что кварцевые жилы, линзы, желваки являются образованиями корневой системы глубоко размытых кварцевых жил. Наконец, отметим, что в разрезе одной из пробуренных глубоких скважин нами была встречена довольно мощная зона кварцевого прожилкования.

Рассмотренные кварцевые образования, имеющие, по нашему мнению, важное значение для понимания источника золота россыпей, остались вне поля зрения геологов. Данное обстоятельство побуждает нас кратко остановится на имеющихся фактических данных.

Как известно, одним из основных факторов образования концентраций золота в россыпях является его крупность. Обобщение обширных фактических данных о золотоносных россыпях, выполненное Е.Я. Синюгиной, Г.П. Воларовичем, С.В. Яблоковой (1967), показало, что основные накопления в россыпях образует золото крупностью от 1 до 4 мм, а тонкое золото, размером менее 0,1 мм, присутствует в россыпях в очень малых количествах; оно обычно не образует россыпных концентраций и большей частью выносится флювиальным потоком.

По результатам ситового анализа золото окисленных руд Олимпиадинского месторождения характеризуется следующим гранулометричеким составом (средний выход в%): +5 мм - 7,2; -5 +2 - 4,0; -2 +0,6 - 7,0; -0,6 +0,2 мм - 2,5; -0,2 мм - 79,3. Как видно, из них, главная масса золота в россыпи (79,3%) имеет крупность менее 0,2 мм, которая не создает в россыпях значительные его накопления. Доля же крупного золота размерами от 2 до 5 мм составляет всего 11,2%, а более мелкого размерами от 2 до более 0,6 мм и менее 0,6 до более 0,2 мм, образующих основные накопления во многих россыпях, имеющих своим коренным источником рудные образования золото-кварцевой формации - 9,5%.

В окисленных рудах Тырыдинского месторождения, по данным Е.И. Нехода и В.Н. Агеенко, количество золота «непродуктивных» в отношении россыпей фракций размерами от +0,16 до -0,074 мм составляет 47,7%, основных россыпеобразующих классов крупности (+4,0 +0,4 мм) - всего 6,4%. Обращает внимание, повышенное количество (34,7%) в гранулометрическом составе золота крупных фракций - от +5,6 до 25,0 мм. Вполне возможно, что оно имеет связь не с вкрапленно-сульфидными рудами, а с присутствующими среди них кварцевыми жилами.

Сопоставление рассмотренных данных о крупности золота в окисленных рудах с приведенными ранее сведениями о гранулометрическом составе золота россыпей руч. - Иннокентьевского и руч. Олимпиадинского обнаруживает существенные различия между ними. В россыпи руч.Иннокентьевского основное накопление образует крупное золото размерами от +2 до -6 мм, в то время как в окисленных рудах, сопряженного с ней Тырыдинского месторождения золото этой крупности превышает немногим более 35%. Но в гранулометрическом составе золота последних весьма существенна доля весьма мелкого и пылевидного золота, которое почти совершенно отсутствует в россыпи.

В россыпи же руч. Олимпиадинского главная масса золота представлена мелким классом крупности (82,3%) при небольшой роли среднего (11,7%) и весьма ограниченной крупного (6%). В ней совершенно отсутствует очень мелкое золото, являющееся преобладающим в окисленных рудах.

Таким образом, как в Иннокентьевской россыпи, так и Олимпиадинской основное накопление образует золото на порядок более крупное, чем в окисленных рудах. Это и устанавливающиеся многочисленные факты присутствия в россыпях золота в сростках с кварцем свидетельствуют о вероятной большой роли кварцеворудных тел в образовании золотоносных россыпей. Значение же окисленных руд золото-сульфидных месторождений для образования россыпей, по-видимому, значительно преувеличено.

Геофизическая характеристика рудного узла

Приповерхностная структура земной коры рудного узла определяется залеганием на глубине интрузии гранитоидов, разновеликими тектоническими блоками, сложенными осадочными породами, преобразованными в различной степени процессами регионального, контактового и гидротермального метаморфизма, и сложной системой разрывных нарушений, разграничивающих блоки с различными амплитудами вертикальных перемещений. Гранитоидная интрузия по геофизическим данным интерпретируется как часть скрытого крупного гранитоидного батолита, представленного на уровне современного эрозионного среза Каламинским, Гурахтинским, Чиримбинским, Тырыдинским массивами, и рассматривающегося как единая магматическая система. Такое представление прежде развивалось Н.В. Петровской (1941). Данная интрузия с находящимся над провесом ее кровли Олимпиадинским рудным полем занимает в последней срединное положение. По исследованиям М.М. Константинова и других (1999) верхняя часть магматической системы до глубины 30-35 км характеризуется дефицитом плотности от -0,08 до -0,12 г/см³ и, исходя из этого, она интерпретируется ими как плутон преимущественно кислого состава, явившаяся основным источником гранитоидного магматизма. Нижняя часть системы (30-50 км) отличается отсутствием дефекта плотности; она интерпретируется как плутон (первичный магматический очаг) преимущественно основного или смешанного состава, сформированный, возможно за счет мантийного диапиризма. Весьма вероятно, что последний обусловил также общее утолщение земной коры, которое устанавливается по профилю ГСЗ «Батолит» между Олимпиадинским и Советским месторождениями.

По характеру физических полей (и, прежде всего, гравитационного и магнитного) площадь рудного узла неоднородна. Она генерализованно может быть подразделена по особенностям гравитационного поля на три участка - Центральный, Северо-Западный и Восточный. Эти участки в достаточной степени адекватно отражают наиболее существенные черты ее геологии.

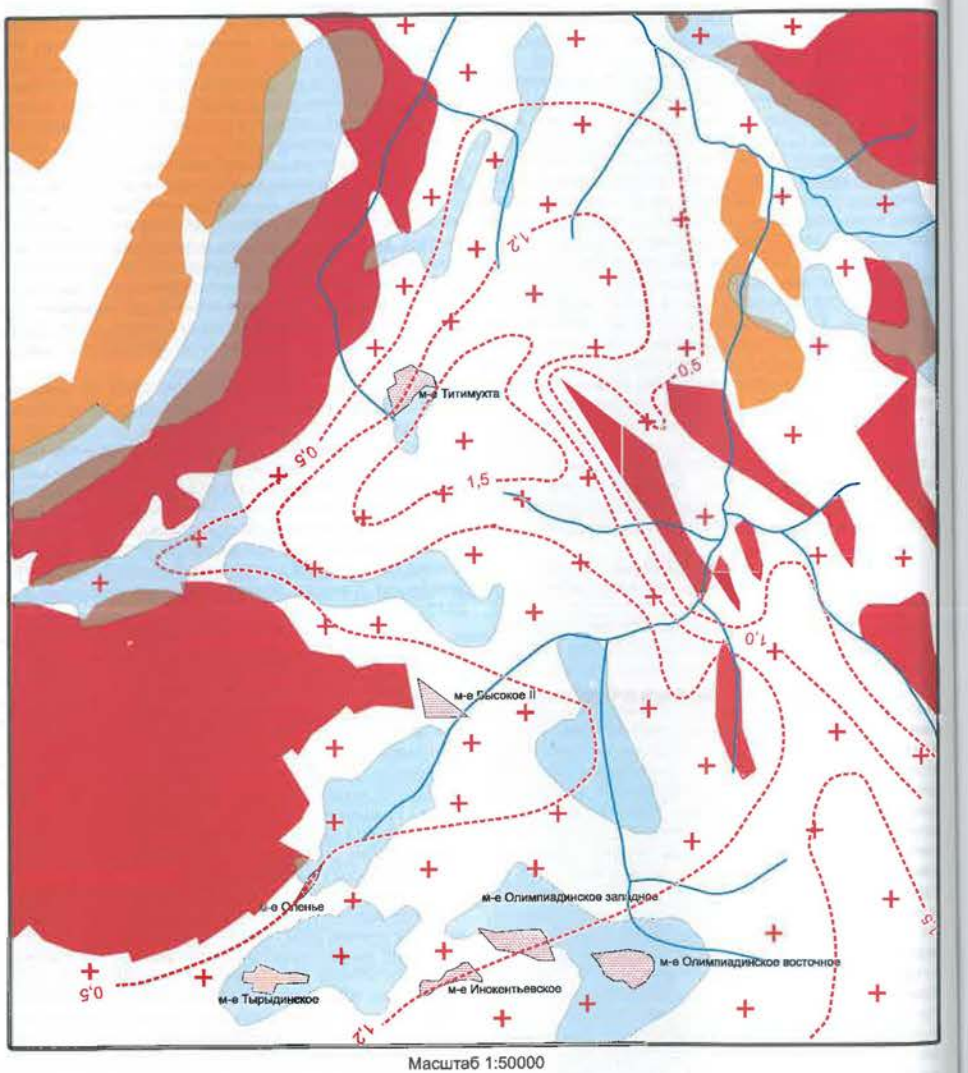
Центральный участок выделяется относительно спокойным малоамплитудным отрицательным остаточным гравитационным полем с низкими значениями силы тяжести (от -0,25 до -3,00, редко до -3,25 мкм/с²). Аномалии силы тяжести на преобладающей части площади имеют субширотное простирание и на небольшом отрезке юго-восточной части - северо-восточное, и занимают, таким образом, секущее почти под прямым углом положение по отношению к общеенисейскому северо-западному простиранию аномального гравитационного поля на смежных территориях. По простиранию участка и вкрест него интенсивность аномалии гравитационного поля возрастает, достигая наибольших значений на флангах, где локализованы месторождения и рудопроявления золота. Наблюдающиеся постепенные изменения и вариации его интенсивности, как установлено исследованиями Б.А. Жураковского, обусловлены различной глубиной залегания гранитоидов и различиями плотности вмещающих пород кровли интрузий.

Северо-западный участок соответствует обнаженному на дневной поверхности Тырыдинскому гранитоидному массиву и его восточному погружению. Контур восточной части массива фиксируется в гравитационном поле минимумом силы тяжести (от -4,00 до -5,75 мкм/с²). Довольно сложная конфигурация изолинии остаточного гравитационного поля и наличие значительного числа мелких аномалий свидетельствует о неоднородном строении и разнообразном петрографическом составе массива. Последний, в немалой степени, мог быть обусловлен грейзенизацией гранитов, проявившейся неравномерно и с различной интенсивностью в массиве.

Гранитоидный массив по результатам гравиметрических исследований погружается к востоку до руч. Олимпиадинского под кровлей мощностью менее 0,5 км в северной части рудного поля и менее 1 км - в южной. Он имеет границы четко вытянутые в широтном направлении со слабыми изгибами по системе северо-восточных и северо-западных разломов и крутые контакты - северного до глубины 0,8-1,2 км и южного - до глубины 0,3-0,4 км. В направлении к югу и юго-востоку мощность кровли возрастает, достигая у подножья г. Енашиминской Полкан 1 км. Площадь рудного узла ограничивается на юге интенсивным (-16 ÷ -18 мГл) отрицательным полем силы тяжести, обусловленным гранитоидами Чиримбинского массива (рис. 3.4).

Восточный участок отличает незначительно повышенное гравитационное поле с отрицательными и положительными значениями силы тяжести от -2,0 до +2,0 мкм/с², обусловленное кварц-слюдистыми сланцами. Слабо положительное остаточное гравитационное поле обрамляет с востока рудное поле и вдается вглубь него двумя языками широтного и северо-западного простираний. В этой восточной части площади кровля гранитоидной интрузии опущена до глубины 1-3 км и более. Анализ гравитационного поля позволяет полагать, что остаточные аномалии силы тяжести на данном участке, равно как и на других, отражают, в основном, особенности геологического строения приповерхностной части земной коры - их структурную и вещественную неоднородность. Влияние же глубинных горизонтов земной коры сколько-нибудь отчетливо не проявляется.

Нормальное магнитное поле рудоносной площади типичное для Енисейского кряжа - в основном, спокойное, отрицательное со значениями ΔTa порядка -10 ÷ -30 нТл. На его фоне выделяются контрастные положительные аномалии ΔTa повышенной интенсивности (до 229 нТл) северо-восточного и широтного простираний. При их сопоставлении с геологической структурой рудного поля, как правило, выявляется четкая приуроченность положительных аномальных зон к наиболее крупным складчатым



Масштаб 1:50000

Условные обозначения

1, 2 — Контуры гранитоидных тел, выходящих на дневную поверхность: татарско-аяхтинского (1), глушихинского (2) комплексов

Тектонические нарушения, выделенные по геолого-геофизическим данным

Площади развития гранитоидов на глубине, прослеженные по гравитационному полю

1,5 — Изолинии глубин залегания кровли интрузивного массива (цифры в км), полученные по результатам моделирования по гравитационному полю

Контуры магнитных аномалий, обусловленных сульфидной минерализацией

Рис. 3.4. Схема результатов интерпретации геофизических данных Верхне-Енашимского рудного узла (Составлена В.А. Кириленко)

формам и сопровождающим их более крупным разрывным нарушениям. Весьма существенно влияние пирротиновой минерализации на характер магнитного поля. Оно наиболее отчетливо проявляется на Олимпиадинском месторождении, где пирротиновая минерализация на участке интенсивного развития создает положительные аномалии до 1000 нТл. Внутри аномальных зон отмечается значительное количество изометричных локальных аномалий повышенной интенсивности с осями часто дискордантными общему простиранию зоны. Их природа не во всех случаях достаточно выяснена.

Закономерности размещения золотого оруденения

Золоторудные объекты Верхне-Енашиминского рудного узла отнесены к двум рудным формациям: золото-кварцевой и золото-сульфидной.

Объекты золото-кварцевой формации, в свою очередь подразделяются по типам рудных тел на кварцево-жильный и кварцево-прожилковый. Из известных объектов к золото-кварцевой формации относятся рудопроявления Титимухта, Кварцевая Гора, Благодатное, Борзецовское, Киркиловское. К золото-сульфидной формации относятся Олимпиадинское месторождение и Тырыдинское, Оленье, Высокое-II, Иннокентьевское и Чиримбинское рудопроявления.

Геологические факторы и признаки золотого оруденения

Основные факторы золотого оруденения: тектонические, литолого-стратиграфические, магматические, метаморфические.

Тектонические факторы. В региональном плане, месторождения и рудопроявления золота приурочены к зонам Татарского, и отчасти, Ишимбинского глубинных разломов, в которых размещено более 80% известных месторождений и рудопроявлений Енисейского кряжа (Ли, 2003). Предполагается, что рудные объекты расположены со стороны висячего блока этих разломов и на удалении не более 10-15 км от осевых частей разрывов. Не исключено, что на глубине зоны Татарского и Ишимбинского разломов сливаются в одну, представляя собой единую мощную долгоживущую зону проницаемости, контролирующую движение гидротермальных растворов.

На локальном уровне устанавливается четкая связь золотого оруденения золото-сульфидной формации со складчатыми структурами, аномальной для Енисейского кряжа, субширотной ориентировки. На Олимпиадинском месторождении (Восточном) оруденение локализовано в замке крупной складки. Сложная складка является рудовмещающей структурой на месторождении Олимпиадинском Западном и Тырыдинском рудопроявлении.

На локальном уровне структурный контроль проявляется в приуроченности объектов золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций к ядрам антиклинальных складок, сложенных породами кординской, горбилокской свит (месторождение Титимухта, Олимпиадинское месторождение и другие).

Рудоконтролирующая роль динамосланцев зон разрывных нарушений взбросо-сбросового типа весьма значима. В частности, весьма велико их значение в локализации оруденения на Благодатном месторождении.

Литолого-стратиграфические факторы оруденения выражаются, прежде всего, в приуроченности Олимпиадинского месторождения, месторождения Титимухта и ряда рудопроявлений (Оленьего, Борзецовского) к уровню структурного несогласия между карельским и байкальским комплексами - контакту пород пенченгинской и кординской свит. На Олимпиадинском месторождении оруденение локализовано, в основном, в подстилающих мраморах, и в меньшей степени, в перекрывающих их аркозовых метапесчаниках, вместе слагающих антиклинальные складки.

На Оленьем рудопроявлении оруденение приурочено непосредственно к стратиграфическому контакту двух свит и локализовано в метапесчаниках кординской свиты, чередующихся с метаалевролитами, на Титимухтинском месторождении оно локализовано несколько выше этого контакта, среди чередующихся метапесчаников и метаалевролитов кординской свиты. Картирование и опоискование контакта несогласного залегания пород кординской свиты на разнообразных подстилающих породах может привести к открытию новых золоторудных объектов.

Литологический фактор золотого оруденения проявился по разному для золото-сульфидных и золото-кварцевых руд. Рудные тела золото-сульфидной формации локализованы, чаще всего, в карбонатных породах пенченгинской свиты и в карбонатосодержащих сланцах средней части разреза кординской свиты (среднекординской подсвиты). Видимо, повышенное содержание карбонатов является геохимическим барьером, благоприятным для локализации пирротина, арсенопирита и золота.

Рудные тела золото-кварцевой формации месторождения Титимухта, приурочены к толще чередования слюдистых и полевошпатовых кварцитов (метапесчаников) и слюдисто-кварцевых сланцев (метаалевролитов) среднекординской подсвиты.

Магматический фактор золотого оруденения проявлен значительно. В отличие от представлений предшественников золотое оруденение сформировалось, по нашему мнению, в тесной связи с внедрением гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса (радиогенный возраст их порядка 950 млн. лет). Практически все месторождения Верхне-Енашиминского рудного узла располагаются в надинтрузивной зоне крупных массивов гранитоидов, преимущественно татарско-аяхтинского комплекса, что показано по результатам анализа геологических и геофизических материалов.

Возраст золотого оруденения, определенный по галениту, Советского месторождения, составляет 900 ± 150 млн. лет, Григорьевского рудопроявления - 880 ± 100 млн. лет, месторождения Эльдорадо - 795 ± 30 млн. лет (Ли и др., 1985).

Метаморфические факторы локализации оруденения изучены недостаточно. Оценивая роль регионального метаморфизма в локализации оруденения, подчеркнем приуроченность золото-кварцевого оруденения месторождений Титимухта, Олимпиадинское, Благодатное к породам, сформировавшимся в условиях зеленосланцевой и начальных ступеней эпидот-амфиболитовой фаций.

Процессы контактового метаморфизма, связанные со становлением гранитоидных массивов татарско-аяхтинского комплекса, внесли, по нашему мнению, решающее значение. Так, размещение золото-сульфидного оруденения происходит в области наиболее близко расположенной к контакту интрузивного массива (первые сотни метров), золото-кварцевое оруденение локализуется на значительно большем удалении от контакта интрузии (сотни метров - 1-2 км). Эти особенности размещения хорошо подчеркиваются минеральными и геохимическими ассоциациями, высокотемпературными для золото-сульфидного, и средне-низкотемпературными для золото-кварцевого типов оруденения.

Прямые поисковые признаки. Прямые поисковые признаки представлены проявлениями рудной и россыпной золотоносности, потоками и вторичными ореолами рассеяния золота и элементов-спутников.

Проявления рудной золотоносности. Наиболее важным прямым признаком рудоносности является наличие золотой минерализации и первичных ореолов рассеяния золота. На известных месторождениях и рудопроявлениях узла работами предшественников выделены реальные рудные тела, имеющие различные параметры. Кроме этих объектов на площади установлены около 20 пунктов минерализации золота. Прямой зависимости между контрастностью первичного ореола и значимостью рудного объекта нет, тем не менее, можно предполагать, что более обширный первичный ореол, может соответствовать более крупному объекту.

Проявления россыпной золотоносности. Наличие россыпей и шлиховых ореолов золота позволяет наиболее быстро оценить перспективность площади на наличие золоторудных объектов, выходящих на дневную поверхность и является важным поисковым признаком золотого оруденения.

Не менее важным является и наличие непромышленных россыпей и даже находки единичных знаков золота в аллювии россыпей. Богатство россыпей может свидетельствовать не только о крупности, но и степени эродированности рудного объекта. Наличие знакового содержания золота в верховьях ручьев и логов позволяет резко сузить район опоискования. По крупности золотин и наличию самородков можно судить о близости размываемого рудного объекта (чем дальше от источника, тем меньше размеры золотин) и о формационной принадлежности рудного объекта.

Установлено, что тонкодисперсные руды Олимпиадинского месторождения не дают самородков и крупных золотин. Тем не менее, в россыпи верховьев ручья Иннокентьевского выявлены самородки и крупные золотины, что позволяет прогнозировать наличие здесь же не обнаруженного рудного объекта золото-кварцевой формации.

Вторичные литохимические ореолы и потоки рассеяния золота. Потоки рассеяния золота и элементов-спутников, литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния выявляют систему аномалий золота и его элементов-спутников. Над рудными объектами фиксируются ореолы рассеяния золота с содержанием от 0,01 до 1 г/т и более.

Над рудными объектами золото-сульфидной формации ореолы золота обычно контрастнее. В частности, в почвах над Олимпиадинским месторождением выявлен вторичный ореол рассеяния золота с содержанием 0,1 г/т и установлены пробы с содержанием >1,0 г/т, месторождение Титимухта выразилось низкоконтрастным ореолом золота (0,01-0,1 г/т).

Косвенные поисковые признаки. Косвенными признаками золотого оруденения являются гидротермально-метасоматические изменения пород, геохимические ореолы рассеяния элементов-спутников золота, шлиховые ореолы некоторых минералов, геофизические аномалии.

Гидротермально-метасоматические образования. Гидротермально-метасоматические образования: кварцевые жилы и прожилки, березиты, пропилиты и другие измененные породы свидетельствуют о возможной их связи с рудными образованиями. В частности, указателем наличия золотого оруденения золото-сульфидной формации могут служить графитизированные породы. Крупные рудные объекты этой формации окружены ореолом графитизированных пород. Ширина распространения графитизированных пород на Олимпиадинском месторождении достигает 500-800 м, а по данным поисковых работ мощность зон на других объектах колеблется от 50 до 500 м.

Многие рудные объекты окружены ореолом пропилитизированных пород с развитием эпидота, хлорита, актинолита, цоизита, карбонатных минералов, кварца, пирита. Пропилиты слагают внешние контуры рудного поля. Непосредственно вокруг рудных тел развиты березиты с кварц-серицит-пиритовым парагенезисом минералов.

Ореолы рассеяния элементов-спутников золота. Наиболее близким к золоту элементом является мышьяк. Практически все крупные золоторудные объекты золото-сульфидной формации (в частности Олимпиадинское месторождение) расположены в поле широкого и контрастного ореола рассеяния мышьяка, фиксируемого в потоках рассеяния, в почвах и в горных породах (содержание его варьирует в пределах 0,01-0,1%). Объекты золото-кварцевой формации сопровождаются более узкими, но более контрастными ореолами рассеяния мышьяка. Такая тесная связь золота с мышьяком обусловлена тем, что арсенопирит входит в состав руд на большинстве объектов. Исключением из этого правила является рудопроявление Титимухта, в составе руд которого мало арсенопирита и оно не сопровождается ореолом рассеяния мышьяка. Кроме того, известны значительные по площади ореолы мышьяка, в пределах которых не выявлена золоторудная минерализация.

Кроме мышьяка выделяется еще ряд элементов-спутников золотого оруденения. Наиболее тесно связаны с ореолами золота ореолы рассеяния сурьмы, серебра, висмута, ртути, вольфрама, реже свинца и меди, еще реже бария и фтора. Такая тесная связь обусловлена наличием в составе руд в виде незначительной примеси антимонита, бертьерита, киновари, висмутина, шеелита, галенита, халькопирита, барита, флюорита, минералов серебра, самородного висмута. Контрастность аномалий обусловлена степенью эродированности и обычно выше в золото-сульфидных рудах. Площадь распространения этих ореолов близка к площади выхода на дневную поверхность рудных тел и обычно ограничена рудным полем. Содержание элементов во вторичных и первичных ореолах колеблется в широких пределах, при этом показателем рудного процесса является не столько абсолютные значения содержания элементов, сколько наложение и совпадение ореолов. Форма первичных ореолов в целом отражает строение рудных зон, полей, а размеры и контуры вторичных ореолов зависят, кроме того, от миграционных способностей элементов. Более широкие ореолы рассеяния, вмещающие рудные поля, иногда рудные районы, характерны для бора. Повышенные значения его в породах (0,01-0,05%) и соответственно, в почвах (0,005-0,003%), отражают процесс турмалинизации, широко проявившийся в золоторудных узлах, особенно в сланцах сухопитской серии. Этот процесс может служить косвенным показателем наличия оруденения золото-кварцевой формации.

От минерального состава золотосодержащих руд зависит наличие в русловом аллювии минералов-спутников золота. В рудах золото-кварцевой формации минеральный набор беден и поэтому в шлиховых пробах из аллювия в непосредственной близости от рудных тел кроме золота могут быть выявлены в повышенных количествах арсенопирит, галенит, халькопирит, пирит и пирротин. Руды золото-сульфидной формации сопровождаются, кроме того, шлиховыми ореолами шеелита и киновари, реже барита, флюорита, анатаза, магнетита, пирротина, реже антимонита и бертьерита. Важное поисковое значение (как признак золотого оруденения) может иметь наличие шлиховых ореолов шеелита и киновари. Шеелит входит в состав руд на Олимпиадинском месторождении, Оленьем и Высоком-II рудопроявлениях. Содержание его в шлиховых пробах в аллювии верховий р. Енашимо и ее притоков составляет десятки и первые сотни знаков. Содержание киновари на порядок ниже, но наличие ее может свидетельствовать о

полигенности и полихронности рудного процесса.

Геофизические признаки золотого оруденения основаны на уникальности физических свойств руд и пород, вмещающих рудные тела. Эта необычность, отличающая их от безрудных пород, находит свое выражение в магнитном, радиационном, гравитационном и электрическом полях.

Магнитное поле. Практически все золоторудные объекты пространственно связаны с положительными магнитными аномалиями средней интенсивности (10-300 нТл), что обусловлено постоянной вкрапленностью пирротина в рудных телах и пропилитизированных и березитизированных породах. Кроме того, на некоторых объектах золото-кварцевой формации проявлена редкая вкрапленность магнетита.

Радиоактивность пород. Месторождения и рудопроявления золота приурочены к участкам с повышенной радиоактивностью пород, что связано с повышением концентраций тория, калия и урана. В процессе гидротермальной проработки пород и образования новых минералов происходит не только привнос и увеличение концентраций радиоактивных элементов, но и их перераспределение, нарушение корреляционных связей, зональное распределение в пределах рудовмещающей зоны. Во всех случаях аномалии носят калий-ториевый, иногда урановый характер. Уран привносится в зоны графитизации и фиксирует участки распространения этих пород. Повышение концентраций калия и тория связано с процессами березитизации (серицитизации), а тория - с альбитизацией и скарнированием. Торий с калием имеют высокие корреляционные связи, особенно в рудах золото-кварцевой формации, при этом характерны низкие уран-калиевые и торий-калиевые отношения.

Для месторождений золото-сульфидной формации (в частности для Олимпиадинского) характерно невысокое радиоактивное поле преимущественно калиевой природы. При значительных связях с торием максимальные концентрации радиоактивных элементов характерны для графитизированных пород, природа аномалий на них уран-ториевая.

Золото-кварцевая формация (месторождение Титимухта) характеризуется понижением радиоактивности пород на фоне высокорадиактивных углеродсодержащих сланцев.

Гравитационное поле на месторождениях и рудопроявлениях золота зависит от степени метасоматической проработки вмещающих пород. В процессе пропилитизации, березитизации и формирования рудных тел происходит значительное уплотнение пород, что объясняется повышенным содержанием высокожелезистых силикатов (граната, эпидота, хлорита, турмалина) и сульфидов. Избыток плотности метасоматитов составляет 0,03-0,1 г/см^3. При графитизации плотность пород не уменьшается, т. к. сопровождается увеличением содержания сульфидов. Размер и интенсивность аномалий зависит от объема проработанных пород. Установлено, что крупные рудные узлы приурочены к максимумам поля силы тяжести в связи с образованием крупных масс метасоматитов. В пределах зон глубокой переработки и рассланцевания, оруденение сопровождается регрессивным изменением и понижением плотности пород. Рудные зоны, располагающиеся на контакте динамосланцев, фиксируются минимумами силы тяжести. Участки распространения кор выветривания (в том числе и рудоносные) имеют плотность 1,9-2,4 г/см^3 и тоже выражаются локальными минимумами силы тяжести (подобные минимумы отмечены на участке Олимпиадинского месторождения, Тырыдинского, Иннокентьевского, Чиримбинского рудопроявлений золота).

В поле **электрического сопротивления** месторождения и рудопроявления различных формаций фиксируются разными значениями. Оруденение золото-сульфидной формации сопровождается графитизацией и сульфидизацией, развитием мощных зон рассланцевания и коробразованием по карбонатным метасоматитам, что отражается низкими значениями кажущегося электрического сопротивления пород. Для пород, вмещающих проявления золото-кварцевой формации характерно, в основном, повышенное электрическое сопротивление, что обусловлено убогостью сульфидной вкрапленности и связано с процессами окварцевания, наличием множества кварцевых жил и зон вторичных кварцитов (Благодатное, Титимухта).

3.1.1.1. Золото-сульфидная формация

Олимпиадинское месторождение

Характеристика месторождения приводится по материалам монографии Л.В. Ли "Олимпиадинское месторождение вкрапленных золото-сульфдных руд" (2003), с дополнениями и изменениями по данным предшественников, авторов монографии.

Верхне-Енашиминский рудный узел, заключающий Олимпиадинское рудное поле входит в состав Ерудинского золотоносного района, занимающего срединное положение между Северо-Енисейским и Южно-Енисейским золотоносными районами.

Геологическая позиция рудного узла характеризуется размещением на юго-западном крыле Центрального антиклинория в приграничной с эвгеосинклиналью части СФЗ, в ареале динамического влияния Татарского глубинного разлома. Это отличает его положение от других рудных узлов, которые располагаются в восток-северо-восточной периферии СФЗ у границы с миогеосинклиналью и контролируются Ишимбинским глубинным разломом. При этом он находится в пространственной близости к участку коленообразного изгиба в плане глубинного разлома, выраженного резким изменением простирания последнего с северо-западного на субмеридиональное и вновь на северо-западное. Динамические условия данного участка длиной 10-15 км, характеризовавшиеся обстановкой правостороннего сдвигового растяжения, определили повышенную проницаемость коры и локальное высвобождение глубинных тепловых, а также вещественных ресурсов, которые обусловили широкое развитие процессов метасоматического и палингенного гранитообразования и внедрение небольших тел базитов и ультрабазитов.

Для геологического строения района характерным является широкое развитие интрузивов гранитоидов, которые составляют почти третью часть его площади. Здесь находится самый крупный в Заангарье Чиримбинский гранитоидный массив, приуроченный к Енашиминскому поперечному поднятию. Последний ограничивает с юга Верхне-Енашиминский рудный узел. Отмеченная геологическая особенность находит отражение в неоднородности строения верхней части земной коры. Тектонический блок, в котором находится рудный узел, выделяется среди других фундаментом существенно лейкократового состава и широким развитием метасоматических и палингенных гранитоидов.

Размещается рудный узел в пределах линейного структурного блока, ограниченного с северо-востока и юго-запада крупными разломами северо-западного простирания, входящими в систему глубинного разлома и относящимися к крутопадающим сбросо-сдвигам. Последние отчетливо фиксируются в поле силы тяжести, разграничивая площади с различной глубиной залегания кровли гранитоидной интрузии. Этот блок разбит более мелкими субширотными и субмеридиональными разломами на три блока второго порядка, каждый из которых характеризуется от-

личительными чертами строения и степенью внутренней расчлененности. Северо-западный и юго-восточный блоки приподняты и более глубоко эродированы; значительная часть их площади занимают гранитоиды. Для опущенного центрального блока характерны значительная глубина залегания кровли гранитоидной интрузии и более высокая степень расчлененности разломами (Ли и др. 1984). На его площади породы рудовмещающей осадочно-метаморфической толщи имеют более полный разрез и большие мощности. В восточной прикраевой части площади вблизи Верхне-Чиримбинского разлома расположено Олимпиадинское месторождение.

Характерной особенностью для геологической позиции рудного поля является размещение в провесе кровли крупного позднеорогенного плутона, сопровождающегося рядом сателлитов. По гравиметрическим данным и материалам бурения скважин кровля интрузии погружается на глубину до 1 км и более. Выявленные на площади рудного поля месторождения залегают в ранне- и среднерифейской осадочно-метаморфической толще и образованных ею сопряженных антиклинальной и синклинальной складках. Важными элементами его геологической позиции являются, кроме того, запад-северо-западное ответвление Ишимбинского глубинного разлома и Татарский глубинный разлом (рис. 3.5).

Стратиграфия и литология

Слагающая рудное поле осадочно-метаморфическая толща по современной стратиграфической схеме, принятой для региона, относится к кординской свите сухопитской серии, составляющей нижнюю часть трансгрессивной серии рифейского геосинклинального комплекса. Она неоднородна по литологическому составу и метаморфическим преобразованиям пород, включает сланцы кварц-слюдистые (биотитовые и (или) мусковитовые), кварц-хлоритоид-слюдистые, углеродистые хлоритоид или амфибол-слюдистые, кварциты слюдисто-полевошпатовые и известняки мраморизованные. В разрезах свиты наблюдаются значительные количественные вариации различных типов пород при достаточно устойчивом однообразном их сочетании.

Остановимся на характеристике строения и состава свиты, основываясь, главным образом, на материалах геологического доизучения, проводившегося под руководством А.Б. Хисамутдинова и исследованиях Л.В. Ли (2003).

Нижняя часть кординской свиты, вскрывающаяся в разрезах южного обрамления рудного поля (истоки р. Чиримбы, г. Енашиминский Полкан) сложена сланцами слюдисто-кварцевыми, слюдисто-полевошпат-кварцевыми и кварц-слюдяными с немногочисленными прослоями и пластами светло-серых, мелкозернистых, массивных, иногда полосчатых кварцитов и редкими линзовидными телами светло-серых, среднезернистых мраморизованных известняков. Сланцы содержат крупные (0,7-1,2 мм) порфиробласты округлых зерен граната. Кварцевая составляющая слюдисто-кварцевых и слюдисто-полевошпат-кварцевых сланцев представлена гранобластовым агрегатом мелких (0,1-0,2 мм) изометричных зерен, ее содержание варьирует от 15-20 до 50-70%. В составе слюд во всех разновидностях сланцев резко преобладает мусковит (20-70%) над биотитом (0-5%). Кварциты состоят почти нацело (97-98%) из изометричных, полигональных или слабо удлиненных зерен кварца размером от 0,1 до 1,2 мм, в качестве примеси отмечаются единичные листочки хлорита, мусковита, биотита, зерна граната, циркона, зеленого турмалина, ильменита и пирита.

Разрез далее наращивается сланцами кварц-мусковитовыми, кварц-хлорит-мусковитовыми и подчиненными им кварц-хлоритоид-мусковитовыми с обильной вкрапленностью граната на отдельных его интервалах. Количество кварца варьирует от 35-40% в кварц-мусковитовых сланцах, до 25-30% - в кварц-хлоритоид-мусковитовых. Среди этих сланцев также отмечаются отдельные линзовидные тела серых мраморизованных известняков.

Завершают нижнюю часть разреза свиты сланцы кварц-хлоритоид-мусковитовые углеродистые, кварц-слюдисто-хлоритоидные и кварц-слюдисто-ставролитовые с гранатом и кианитом, вскрытые на вершине и склонах г. Енашиминский Полкан. Эти сланцы отличаются от рассмотренных выше меньшим содержанием кварца, варьирующим в пределах 20-25% в кварц-хлоритоид-мусковитовых и 5-20% - в кварц-слюдисто-хлоритоидных и кварц-слюдисто-ставролитовых, и большим мусковита (от 35 до 60%). Они большей частью очень плотные, массивные, грубо-рассланцованные, имеют роговикоподобный облик.

Средняя часть разреза свиты имеет широкое площадное распространение в бассейнах верхних течений рек Енашимо и Лев. Чиримбы, и в западном обрамлении рудного поля. Она является рудовмещающей, сложена различными по составу сланцами при подчиненной роли кварцитов и мраморизованных известняков. В основании разреза рассматриваемой части свиты залегают сланцы биотит-кварцевые, кварц-мусковитовые и кварц-двуслюдяные часто с переменным количеством граната, среди которых отмечаются редкие прослои и пласты слюдисто-полевошпатовых кварцитов.

Перекрывающий кварцито-сланцевую ассоциацию интервал разреза литологически более разнородный и включает по данным геологического картирования мраморизованные известняки, карбонат-кварц-слюдистые, слюдисто-карбонат-кварцевые, амфиболовые и слюдисто-углеродистые сланцы. В пределах рудоносной площади все разнообразие пород рассматриваемого интервала разреза без учета метасоматитов можно свести к следующим трем основным группам (снизу): кварц-слюдистые и слюдисто-кварцевые с гранатом сланцы; кварц-карбонат-слюдистые и слюдисто-кварц-карбонатные сланцы; кварц-слюдисто-углеродистые сланцы. Эти породы достаточно отчетливо обособляются в самостоятельные горизонты мощностью соответственно около 500, до 100-120 и 220-230 м. В составе горизонта кварц-карбонат-слюдистых и слюдисто-кварц-карбонатных сланцев и в нижней части горизонта кварц-слюдисто-углеродистых сланцев присутствуют пласты и линзовидные прослои мраморизованных известняков мощностью обычно не более 30-40 м. По данным А.Б. Хисамутдинова они более широко распространены в западной части рудного поля. Наконец, конечным членом породного парагенетического ряда интервала разреза является линейная кора выветривания, представляющая собой структурный элювий, образовавшийся по кварц-карбонат-слюдистым и слюдисто-кварц-карбонатным сланцам, мраморизованным известнякам и кварц-слюдисто-углеродистым сланцам. Она имеют облик супесчано-суглинистых пород, окрашенных в различные тона (желтые, палевые, бурые, светлые карминово-красные и др.), контрастно обособленные в соответствии с составом материнских образований и особенностями гипергенеза.

Залегающая выше рассмотренной ассоциации толща зеленовато-серых кварц-слюдяных и слюдисто-кварцевых с гранатом сланцев мощностью около 500 м выделялась прежде И.Л. Комовым и другими в горбилокскую свиту. Со сравнительно недавнего времени некоторые геологи (А.Б. Хисамутдинов, В.А. Лопатин) относят ее к кординской свите. Эта сланцевая толща слагает ядро Иннокентьевской синклинали и крылья Медвежьей антиклинали. По составу слюд сланцы мусковит-биотитовые, содержат зна-

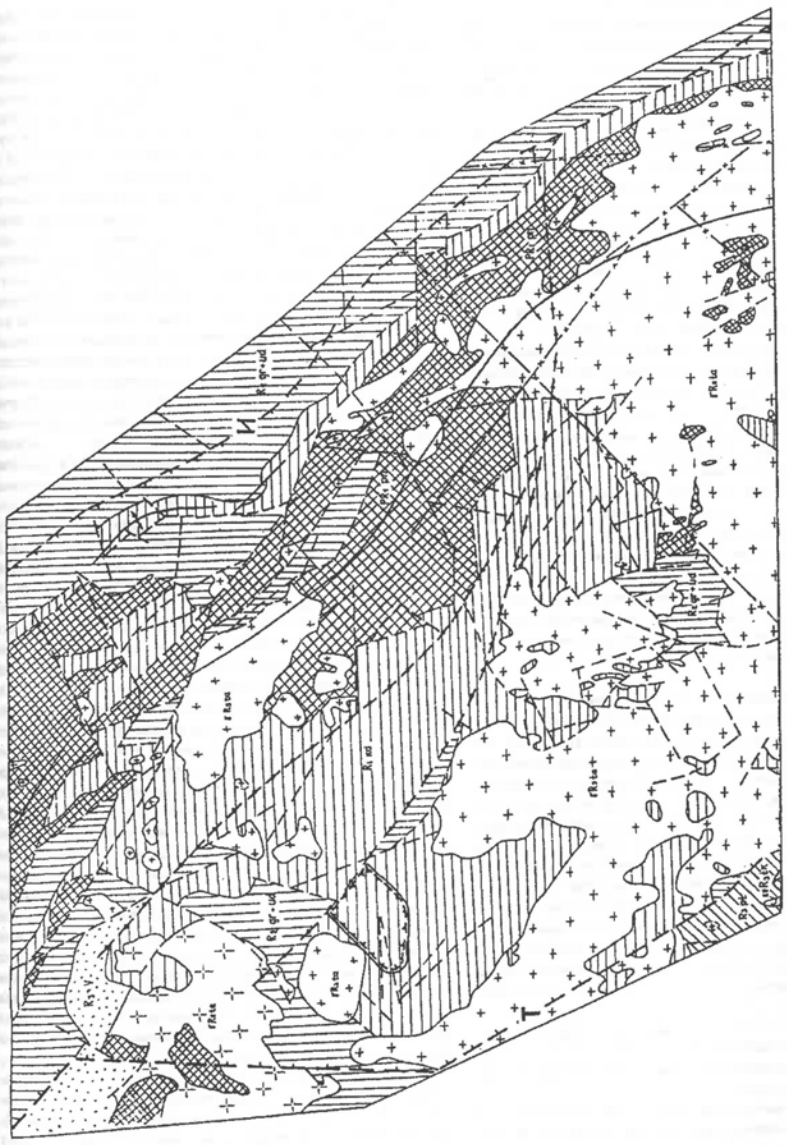


Рис. 3.5. Геологическая позиция Олимпиадинского рудного поля (по Л.В. Ли, 2003)

1 - Карбонатно-терригенные отложения орогенного комплекса (R_3 - V); 2 - сланцы глинистые и алевро-глинистые с пластами алевролитов и песчаников; потоскуйская свита (R_3 pt); 3 - сланцы филлитовидные глинистые и алевро-глинистые с прослоями алевролитов, частью слабо углеродистые; горбилокская и удерейская свиты объединенные (R_3 gr + ud); 4 - филлиты, гранат-биотитовые, слюдяные, известковистые сланцы, алевролиты, песчаники, кварциты, известняки; кординская свита(R_3 kd); 5 - мраморизованные известняки, филлиты, кварц-слюдистые, слюдисто-биотитовые, слюдяные, известковистые сланцы; ленченгинская свита (R_3 pn); 6 - диабазы, габбро-диабазы токминского комплекса (en R_3tk); 7 - габбро, габбро-долериты, долериты индыглинского комплекса (nb PR_1 i); 8 - осевая зона Центрального антиклинория; 9 - глубинные разломы: И - Ишимбинский, Т -Татарский; 10 - ответвление глубинного разлома; 11 - разрывные нарушения, выделенные геофизическими методами; 12 - прочие разрывные нарушения; 13 - схематическая граница Олимпиадинского рудного поля

чительное количество хлорита, альбит и акцессорный магнетит, который принимается геологами как типоморфный минерал для отложений горбилокской свиты.

Стратиграфически одноуровенными с данной сланцевой толщей являются различные по составу сланцы - кварц-биотитовые, кварц-мусковит-биотитовые, кварц-мусковитовые и кварц-хлорит-мусковитовые с гранатом, закартированные в бассейнах верхних течений р. Енашимо, Лев. Чиримбы, а также на правобережье р. Тырыды и Прав.Чиримбы. В разрезах, изученных А.Б. Хисамутдиновым и другими, в бассейнах руч.Иннокентьевского и Олимпиадинского, а также в верховьях р. Тырыды и Чиримбы сланцы в основании толщи обогащены карбонатным и тонкораспыленным, равномернорассеянным углеродистым веществом с образованием слюдисто-углеродистых и карбонат-слюдисто-углеродистых сланцев. Последние распространены, в основном, в пределах рудного поля.

Верхняя часть кординской свиты представлена в разрезах, вскрытых в бассейне р. Енашимо и на правобережье нижнего течения р. Тырыды, и в границах площади рудного поля она не известна. В составе слагающих разрезы пород по материалам геологического картирования преобладают темно-серые до черных груборассланцованные сланцы кварц-биотитовые с силлиманитом, андалузитом и гранатом при подчиненной роли двуслюдяных сланцев с порфиробластами андалузита и развивающимися по нему призматическими зернами ставролита и кианита. Среди сланцев присутствуют прослои и пласты серых и темно-серых мелкозернистых кварцитов, сложенных почти полностью (90-97%) гранобластовым агрегатом кварца с незначительной примесью мусковита и биотита, и наблюдается тонкое переслаивание кварц-слюдяных сланцев с кварцитами. Мощность этой части свиты небольшая - около 200 м.

Петрография пород рудовмещающей толщи

Главные рудоконцентрации золота в рудном поле приурочены к интервалу разреза средней части кординской свиты, в которой обособляются три самостоятельных литологических горизонта - кварц-слюдистых и слюдисто-кварцевых сланцев, кварц-карбонат-слюдистых и слюдисто-кварц-карбонатных сланцев с пластами и прослоями карбонатных пород и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев. Каждый из этих горизонтов характеризуется значительной литологической неоднородностью, обусловленной переслаиванием пород с различной зернистостью и вариациями количественных соотношений слагающих их компонентов, а также различной степенью изменения отдельных прослоев наложенными процессами. Границы между горизонтами нерезкие с постепенными переходами одних пород в другие

Поскольку породы рудовмещающей толщи представляют собой одну из важнейших характеристик геологических условий рудолокализаций, приведем краткое петрографическое их описание.

Кварц-слюдистые и слюдисто-кварцевые сланцы. Эти породы слагают нижнюю часть рудовмещающей толщи. Породы серые, светло-серые, тонкополосчатые и тонкорассланцованные с шелковистым блеском на плоскостях рассланцевания. Более распространенные их минеральные парагенезисы образованы различными сочетаниями, главным образом, кварца, мусковита, биотита, граната, плагиоклаза, андалузита, соответствующими кварц-биотитовой субфации зеленосланцевой фации и эпидот-амфиболитовой фации. Основными породообразующими минералами являются кварц, биотит и мусковит. В зависимости от преобладания того или иного породообразующего минерала различаются существенно кварцевые и слюдистые, а по количественному соотношению слюд - существенно биотитовые, мусковитовые или двуслюдяные разности. Во всех разновидностях сланцев присутствует гранат, часто в значительных количествах. Выделяются разности, содержащие андалузит, изредка небольшое количество ставролита и силлиманита. Из минералов примесей наиболее характерны рутил, ильменит, сфен, турмалин, редки апатит, циркон, ортит, торит, гидроторит. Вторичные минералы представлены хлоритом, лейкоксеном, серицитом, гидробиотитом. Породы в основном тонкочешуйчатые, микро- и мелкозернистые с размером зерен кварца 0,05 мм в диаметре и чешуек слюды 0,05-0,3 мм в длину. Им свойственна полосчатая текстура, обусловленная обособлением в тонкие (от 1 мм до нескольких сантиметров) прослои существенно кварцевого и существенно слюдистого материала, свилеватая с линзовидными выделениями кварцевого материала, сланцеватая с линейной ориентировкой минералов, а также микроплойчатость и микроскладчатость. Сланцеватость нередко ориентирована под углом к полосчатости и микроплойчатости. Структура в кварцевых прослоях гранобластовая, лепидогранобластовая, в слюдистых - лепидобластовая, нематобластовая. В целом же сланцы характеризуются порфиробластовой структурой, которая обусловлена выделениями граната различного размера и формы.

Кварц-карбонат-слюдистые и слюдисто-кварц-карбонатные сланцы. Породы этой группы образуют среднюю (главную в отношении рудоносности) часть рудовмещающей толщи. В составе их макроскопически выделяются светло-серые, серые, зеленовато-серые кварц-карбонат-мусковитовые, кварц-карбонат-двуслюдистые и более темные с коричневатым оттенком разности, обогащенные биотитом и с прослоями, содержащими различное количество граната. Для пород характерны сланцеватая, полосчатая микрополосчатая текстуры, причем соотношения ориентировки полосчатости и сланцеватости самые различные. Структура пород микро- и мелкозернистая, лепидогранобластовая, иногда порфиробластовая. Микрополосчатость, отражающая, вероятно, первичную слоистую текстуру, обусловлена чередованием микропрослоев существенно слюдистого, слюдисто-карбонат-кварцевого, карбонат-кварцевого и существенно кварцевого состава. Почти постоянно отмечается грубая полосчатость с чередованием прослоев мощностью до нескольких метров, выраженная переслаиванием серых и темно-коричневых разностей сланцев с обильным наложенным биотитом. Полосчатость проявляется также в чередовании прослоев коричневатых кварц-карбонат-слюдистых сланцев с многочисленными порфиробластами розового граната, придающими породам узловатый облик, и без них. Мощность гранатсодержащих прослоев варьирует в больших пределах - от нескольких сантиметров до десятков метров.

Количественные соотношения основных породообразующих минералов в сланцах колеблются в широких пределах (в %): кварц - 20-70, карбонат - 30-60, биотит - 10-20, мусковит - 5-10, хлорит - 10. Кварц обычно образует изометричные или уплощенные, вытянутые в одном направлении зерна размером от 0,05 до 0,2 мм. Карбонат по результатам термических анализов представлен в основном кальцитом, лишь в небольшом количестве в качестве примеси присутствует доломит. Для его образований характерны удлиненные, нередко полигональные зерна размером 0,1-0,4 мм с отчетливой линейной ориентировкой. Отмечаются тонко-пластинчатые двойники. Структура зерен последних обычно строгоориентирована диагонально по отношению к первичной слоистости. Биотит представлен как густо коричневой разностью с резким плеохроизмом и показателем преломления N_g = 1,659-1,662, так и зеленовато-коричневой (оливковой) с плеохроизмом от желтого до оливково-коричневого. Его чешуйки имеют размер от 0,03 до 0,2 мм, ориентированы согласно со сланцеватостью. Мусковит имеет подчиненное по отношению к биотиту развитие, иногда замещает последний. Мелкие его чешуйки размером 0,01-0,1 мм также ориентированы в направлении сланцеватости.

Среди рассматриваемых сланцев отмечаются маломощные прослои серых зернистых известковых сланцев существенно кальцитового состава с незначительной примесью мусковита и кварца и отчетливо выраженной сланцевой текстурой.

Кварц-слюдисто-углеродистые и карбонат-кварц-слюдисто-углеродистые сланцы. Данные породы слагают верхнюю часть рудовмещающей толщи. Наиболее полные разрезы этого литологического горизонта на площади рудного поля пересечены колонковыми скважинами на Олимпиадинском месторождении и Оленьем рудопроявлении, где их мощность достигает 100-120 м. Для них характерны минеральные парагенезисы, состоящие, в основном, из кварца, серицита, хлорита, карбоната и углеродистого вещества, соответствующие низкотемпературной ступени зеленосланцевой фации или диафторитам. В разрезах эти породы перемежаются с углеродистыми породами разной степени зернистости и более сложного минерального состава, претерпевшими различного рода преобразования. В контактовой зоне с карбонатными породами развиты, как правило, метасоматически измененные, часто брекчированные, нередко прокварцованные породы.

По внешнему облику рассматриваемые породы черные, мажущиеся, текстурно-разнообразные (массивные аргиллитовидные, несовершенно плитчатые, разлистованные, интенсивно рассланцованные с рецидивами плойчатости) с лепидобластовой, гранолепидобластовой, бластопелитовой структурой; в плитчатых и рассланцованных разностях обычны зеркала скольжения. Спорадически они мелкослоистые благодаря повышенным концентрациям терригенного алевритового и углеродистого материала. Основная ткань породы существенно серицитовая при явно подчиненной роли кварца, зерна которого имеют размер менее 0,05 мм, содержат незначительное количество глинистого и тонкодисперсного углеродистого материала. В карбонатных разностях сланцев, кроме них, присутствует еще и карбонат. Количественные вариации минералов весьма значительные: серицита - от 40 до 70%, кварца - от 20 до 50%, карбоната (кальцита) - от 20 до 45%; содержание углеродистого материала колеблется от 0.01 до 3.37%. Форма нахождения углеродистого вещества - густая и рассеянная тонкая вкрапленность и прожилки в основной массе породы. Импрегнация основной ткани сланцев тонко рассеянным углеродистым веществом обусловливает темную их окраску. По данным В.А. Поперекова и В.М. Ефремова содержание $C_{орг}$ в углеродистых породах Олимпиадинского месторождения варьирует от 0,34 до 4,15%, на Тырадинском месторождении и Оленьем рудопроявлении оно повышается до 7,33%. В составе пород нередко присутствуют хлорит в виде тонких мелких чешуй, из акцессорных минералов - ильменит. Часто отмечается вкрапленность пирита и микропрожилки пирротина по сланцеватости.

Текстура пород сланцеватая, нередко тонкоплойчатая и микрополосчатая вследствие послойного распределения кварцевого и слюдистого материала, а также концентрации в прослоях углеродистого вещества. Наряду с тонкочешуйчатыми однородными сланцами наблюдаются разности с порфиробластовой структурой. Порфиробласты округлой, реже октаэдрической формы размером 0,01-0,1 мм, обычно замещены тонкочешуйчатым агрегатом хлорита, иногда с серицитом в центре, и по-видимому, являются псевдоморфозами по гранату.

Магматические образования

Магматические образования почти кольцом окружают рудное поле, но во внутренней его части не вскрываются на дневной поверхности. Они представлены гранитоидами, слагающими в северо-западной и западной приграничной части рудного поля Тырыдинский массив, в южной и юго-восточном его обрамлении - крупный Чиримбинский массив площадью 530 кв. км. Отдельные мелкие тела гранитоидов выступают на небольшом удалении к северо-востоку от рудного поля. По геофизическим данным непосредственным глубинным продолжением названных массивов являются гранитоиды, залегающие под рудным полем. Исходя из этого, рассмотрим основные петрографические особенности интрузий с учетом вновь полученных Ю.Ф. Авдеевским материалов в процессе геологического доизучения.

Тырыдинский массив представляет собой куполовидный выступ интрузии неправильной овальной формы размером 6x5 км с контактами плавных очертаний, осложненных лишь на отдельных участках разрывными нарушениями. Он характеризуется простым однофазным строением, сложен в основном гранитами и гранодиоритами, весьма ограниченно распространены плагиограниты и выделяются небольшие участки грейзенизированных гранитов.

Преобладающие в составе пород массива граниты серые с буроватым оттенком, биотитовые, реже двуслюдяные, среднезернистого, на отдельных участках крупно- и равномерно-зернистого сложения, слабо порфировидные, преимущественно с нерезко выраженной гнейсовидной, реже массивной текстурой. Они состоят из кварца (20-35%), калишпата (25-40%), плагиоклаза (20-40%), биотита (7-10%), мусковита (0,5-3%).

Из минералов, относящихся к акцессорным, наиболее постоянными являются циркон, апатит, сфен и турмалин, спорадически отмечаются рутил и пирит.

Гранодиориты слагают преимущественно краевые приконтактовые зоны массива, тесно ассоциируют с гранитами и связаны с ними постепенными переходами. Основные породообразующие минералы представлены кварцем (20-30%), плагиоклазом (45-50%), калишпатом (10-20%), биотитом (6-12%), мусковитом (1-3%). Породы обладают характерной для них гранитной структурой нередко с элементами протоклаза - протобластеза и катаклаза. В них также как в гранитах, присутствуют сравнительно крупные (до 5 мм и более), относительно идиоморфные таблитчатые зерна олигоклаза, обуславливающие характерное строение пород.

По составу акцессорных минералов рассматриваемые породы, по существу, не отличаются от описанных выше гранитов.

Плагиограниты слагают небольшие участки у северо-западного контакта гранитоидного массива и среди грейзенизированных пород в северо-восточной его части. Они характеризуются буровато-серой окраской, средне-мелкозернистым сложением, состоят в основном из плагиоклаза (до 50-55%, кварца (30-35%) и биотита (12-15%), имеют гнейсовидную структуру и микролинзовидно-полосчатую текстуру.

Грейзенизированные граниты развиты ограниченно в пределах эндо- и экзоконтактовых зон северо-восточной части массива. Они представляют собой в различной степени мусковитизированные и турмалинизированные породы - граниты, гранодиориты, плагиограниты и вмещающие сланцы, сохраняющие детали строения и основной состав первич-

ных пород. Характер преобразований пород соответствует внешней зоне грейзеновой метасоматической колонки.

Для грейзенизированных гранитов характерны, в общем, мелкая зернистость, широкое развитие альбита, кварца, мусковита, турмалина. Процесс изменения начинается с ранней микроклинизации плагиоклаза, которая развивается с краев зерен и приводит к образованию крупных выделений микроклина с включениями плагиоклаза. В последующем происходит интенсивное развитие альбита, кварца, замещение плагиоклаза мусковитом. Образуются мелкозернистые агрегаты микроклина и кварца, альбититы, альбит-кварц-мусковитовые грейзены с турмалином. Выделения турмалина распределены неравномерно в виде вкрапленности мелких кристаллов, гнезд и скоплений крупных разноориентированных кристаллов, образующих прожилки и зонки в ассоциации с кварцем; они часто замещаются поздним микроклином, кварцем, альбитом, мусковитом.

Тела грейзенизированных гранитов, залегающие в экзоконтактовой зоне массива среди кварц-слюдистых сланцев на некоторых участках пересечены сетью кварцевых жил и прожилков. Вокруг последних развивается грейзеновая оторочка шириной 0.2-0.6 м, которая на участках сгущения образует обширные поля, где оторочки сливаются. Грейзенизированные граниты и грейзены, окаймляющие кварцевые жилы, имеют желтовато-зеленоватую окраску, близкое к мелкозернистому строение, обычный гранитный состав, апогранитовую или бластогранитовую, гранулитоподобную структуру. Процесс грейзенизации приводит в них к почти полному замещению плагиоклазов мусковитом вплоть до полной их псевдоморфизации. В грейзенах полевые шпаты замещаются не только мусковитом, но и кварцем, широко развита в них и турмалинизация. Вблизи основного гранитного тела располагается серия линзовидных тел грейзенизированных гранитов, залегающих в слюдяных сланцах с турмалиновой оторочкой сантиметровой мощности.

По результатам исследований Ю.Ф. Авдеевского гранитоиды Тырадинского массива по химическому составу относятся к семействам гранитов и гранитоидов и принадлежат плюмазитовому ряду и близко соответствуют среднему типу гранитов по Р. Дэли, отличаясь от них лишь большей пересыщенностью глиноземом. Как граниты, так и гранодиориты характеризуются нормальной щелочностью и принадлежат калиево-натриевой серии (Na/K = 0,59-0,77; 0,73-0,75 соответственно). По классификации А.Н. Заварицкого гранитоиды относятся к классу, пересыщенных кремнеземом (O = 23,3-37,1), в которых преобладают умеренно щелочные граниты (a/c = 4,25-9,3) и второстепенную роль играет группа богатых щелочами гранитов (a/c = 9,2-27,2).

По спектральному анализу среди элементов-примесей в гранитоидах содержатся свинец, медь, цинк, галлий, фосфор, олово; их концентрации превышают кларк этих элементов в 1,2-2,5 раза. В единичных пробах присутствуют серебро и германий в количествах, превышающих их кларк на несколько порядков, что предположительно связывается с проявлениями рассеянной гидротермальной минерализации в гранитоидах.

Чиримбинский массив имеет крайне неоднородное сложное строение. В гравитационном поле оно выражается в большой изменчивости глубины залегания подошвы интрузива, которая достигает 9 км на опущенных участках и нескольких сотен метров - на приподнятых. Интрузив характеризуется сложно изрезанными контурами проекции контактовой поверхности, наличием множества останцев его кровли, ксенолитов вмещающих пород, заливов, апофиз и сателлитов. Он имеет преобладающее направление падения в сторону вмещающих пород, но наряду с этим на некоторых участках вполне вероятно падение поверхности под массив.

Взаимоотношения его с вмещающими породами отчетливо интрузивные, местами осложненные разрывными нарушениями. В полосе вдоль контактовой зоны гранитов на некоторых участках отмечаются роговики, скарны, амфиболовые метасоматиты и магнетитовые руды. Проявившиеся контактовые изменения в преобладающем большинстве случаев соответствуют условиям альбит-эпидот-роговиковой и роговообманково-роговиковой фации. На большей же части полосы контактовой зоны воздействие гранитов на вмещающие породы, по существу, не ощутимо.

В составе гранитоидов массива присутствуют породы главной интрузивной фазы и фазы дополнительных интрузий. Первые занимают не менее 95% площади массива, включают собственно интрузивную и эндоконтактовую фации. Породы собственно интрузивной фации доминируют в объеме массива. Ю.Ф. Авдеевский подразделяет их на две структурные субфации (по А.А. Полканову, 1935, 1936): массивно-гранитную и гнейсо-гранитную.

Массивно-гранитная субфация включает среднезернистые гранитоиды, мелко- среднезернистые лейкограниты. Первые в описываемой северо-западной части массива представлены нормальными среднезернистыми гранитами, гранодиоритами, плагиогранитами и лейкогранитами. Преобладающие среди них среднезернистые граниты светло-буроватой или буровато-серой окраски, биотитовые, часто порфировидные, массивной текстуры, состоят из кварца (23-37%), калишпата (20-37%), плагиоклаза (20-45%), биотита (обычно 5-8, иногда 12-16%). Нередко присутствуют мусковит и турмалин. Размер зерен основной массы от 0,3 до 4,0 мм. Вкрапленники образованы преимущественно микроклином и нерешетчатым ортоклазом, редко кислым плагиоклазом, их размер от 3 до 7 мм и крупнее. Микроструктура пород гипидиоморфнозернистая иногда с элементами протокластической или катакластической, реже бластогранитовая.

Гранодиориты по внешнему облику сходны с нормальными гранитами и отличаются лишь несколько большим количеством темноцветных минералов и резче выраженной порфировидностью. В их минеральном составе кварц (от 15 до 35%), плагиоклаз (30-65%), калишпат (5-23%), биотит (от 5 до 20%). Постоянно находится мусковит (от менее 1 до 4%), редко отмечаются единичные зерна турмалина. Во вкрапленниках - полевой шпат, их размер - от 0,5 до 3 см, количество в породе от единичных зерен до 40%.

Плагиограниты характеризуются, по сравнению с описанными выше гранитами, более грубозернистым сложением. Основными породообразующими их минералами являются кварц (20-34%), плагиоклаз (50-70%), калишпат (0-5%), биотит (3-15%). В небольшом количестве (менее 1%) обычно присутствует мусковит. Вкрапленники образованы олигоклазом.

Лейкограниты, по существу, мало отличаются от описанных гранитов и гранитоидов. Они также часто порфировидные, биотитсодержащие, состоят из кварца (20-30%), калишпата (30-65%), плагиоклаза (15-40%), биотита (1-5%), мусковита (1-3%). Часто в них присутствует турмалин.

Мелко-среднезернистые гранитоиды наблюдаются довольно часто в краевых или приапикальных зонах в форме неправильных тел площадью от 0,2 до 2 кв. км и более. Они характеризуются резкими интрузивными контактами, по минеральному составу среди них преобладают биотитовые граниты, биотитсодержащие лейкограниты над гранодиоритами и плагиогранитами.

Биотитовые граниты - мелкопорфировые или однородно-равномернозернистые породы массивной текстуры, состоят из кварца (21-28%), калишпата (25-45%), плагиоклаза (25-40%), биотита (5-15%), мусковита (менее 1-2%). Их структура гранитовая. Вкрапленники представлены зернами полевого шпата размером от 3 до 12 мм в поперечнике, их количество составляет обычно 5-10% объема, в единичных случаях - 30%.

Биотитсодержащие лейкограниты находятся обычно совместно с вышеописанными биотитовыми гранитами. Они представляют собой равномернозернистые, реже порфировидные массивные породы, состоящие из кварца (23-35%), плагиоклаза (15-40%), биотита (менее 1, редко до 4%), мусковита (обычно менее 1%). Вкрапленники полевого шпата имеют размер 5-10 мм, их количество не превышает 15%.

Мелко-среднезернистые гранодиориты развиты на отдельных небольших участках. Они характеризуются массивной текстурой, содержат изредка вкрапленники полевых шпатов величиной 0.5-155 мм и «глазки» кварца, состоят из кварца (20-30%), плагиоклаза (45-56%), калишпата (10-15%), биотита (8-10%). Иногда присутствует мусковит (до 1%).

Плагиограниты слагают сателлитоподобное тело, представляют собой мелкопорфировидные и равномернозернистые породы, содержащие повышенное количество биотита. Они имеют следующий минеральный состав: кварц (25-33%), плагиоклаз (45-62%), калишпат (1-5%), биотит (8-20%), мусковит (до 2%). Вкрапленники образованы субидиоморфными таблитчатыми зернами кислого плагиоклаза величиной 0.1-1.5 мм, редко до 2.6-4 мм в поперечнике.

Гнейсогранитная субфация развита в междуречье верховьев р. Чиримбы и Правой Чиримбы. Она представлена гнейсовидными среднезернистыми гранитоидами, среди которых по составу различаются граниты, гранодиориты и плагиограниты.

Гнейсовидные среднезернистые граниты характеризуются равномернозернистым, нередко очково-порфировидным сложением с мелко-среднезернистой основной массой и ориентированной текстурой. Очковые выделения полевого шпата имеют размеры от 1,2 до 2 см в поперечнике, в объеме гранитов они составляют 15-25%. Породы состоят из кварца (22-35%), калишпата (от 20-25 до 40-45%), плагиоклаза (от 15-20 до 40-45%), биотита (от 1-2 до 10-15%), мусковита (от менее 1 до 3, редко 4-5%). Среди пород преобладают биотитовые их разности (содержание биотита от 5 до 12%) при резко подчиненной роли биотитсодержащих и двуслюдяных (биотита - 2-4 и мусковита - 1-3%).

Гнейсовидные среднезернистые плагиограниты распространены незначительно, состоят из кварца (20-32%), плагиоклаза (60-65%), калишпата (0-5%), биотита (до 10-15%) и мусковита (0-4%). В них присутствуют акцессорные минералы, представленные апатитом, цирконом и сфеном.

Эндоконтактовая фация гранитоидов имеет ограниченное распространение и представлена разнообразными по составу породами: гранитоидами зон закалки, плагиоаплитоидами, гранитоидами зон контаминации, гранодиоритами, гранитоидами и лейкогранитами зон осветления. К этой же группе относятся автометасоматически измененные породы и грейзенизированные плагиограниты. Для наших целей нет необходимости останавливаться на их петрографической характеристике.

Фаза дополнительных интрузий представлена мелкозернистыми гранитами, залегающими с резкими интрузивными контактами среди пород главной интрузивной фазы. Эти граниты занимают в объеме массива не более 5%, слагают трещинные, крутопадающие дайкообразные тела протяженностью в десятки и первые сотни метров и мощностью от 1-2 до 5-20 м, а также более крупные пластообразные тела субгоризонтального и слабо наклонного залегания, приуроченные к пологопадающим трещинам отдельности. Наряду с мелкозернистыми гранитами отмечаются тонкозернистые песчаниковидные и средне-мелкозернистые тонкополосчато-гнейсовидной или массивной текстуры. В них часто присутствуют порфировидные выделения полевых шпатов величиной до 4 мм, иногда одиночные вкрапленники размером до 1 см в поперечнике, а также мелкая вкрапленность, изредка гнезда до 5 мм в диаметре турмалина. В минеральном составе мелкозернистых гранитов присутствуют кварц (20-35%), калишпат (25-50%), плагиоклаз (15-35%), биотит (1-12%), мусковит (1-3%), довольно часто турмалин (ед. зерна - 0.5%). Структура породы аплитовидная, гранитовая, иногда с участками гранофировой, бластогранитовая, часто усложненная наличием порфировидных выделений, текстура ориентированная, реже изотропная. Вкрапленники в них величиной 0,8-3,8 мм, размер зерен основной ткани 0,04-0,7 редко до 1,0-1,7 мм. Порфировидные выделения неравномерно распределены в породе, несовершенно-таблитчатые, представлены гломеропорфировыми сростками зерен олигоклаза №26-27. Количество их достигает иногда 10-15%. В составе основной ткани преобладает микроклин. Из акцессорных минералов присутствуют наиболее часто апатит в форме призматических или овальных зерен величиной 0,04-0,4 мм, постоянно, но в меньшем количестве циркон, образующий короткопризматические или округлые зерна размером до 0,03-0,2 мм в поперечнике. Кроме того, отмечаются сфен, ильменит, гранат, рутил и реликтовые зерна разложенного ортита.

По химическому составу среди мелко-среднезернистых гранитоидов северо-западной части Чиримбинского массива преобладают породы семейств гранитов и лейкогранитов, подчиненную роль играют представители семейств низкощелочных гранитов и гранодиоритов. По щелочности они соответствуют породам нормального петрохимического ряда, а по соотношению щелочей (Na_2O/K_2O = 0,54-1,170) принадлежат к калиево-натриевой серии. По классификации А.Н. Заварицкого эти породы пересыщенные кремнеземом (O = 16,7-41), богатые и умеренно богатые щелочами (a/c = 8,3-33 и 4,5-7,1 соответственно). На петрохимической диаграмме точки их составов растянуты вдоль оси S_2 между составами докембрийского гранита и кварцевого диорита-тоналита Р. Дэли. От среднего состава гранита их отличают значительная пересыщенность глиноземом и низкая известковистость.

Среднезернистые гнейсовидные гранитоиды по химизму не столь существенно отличаются от охарактеризованных выше. Устанавливающиеся различия сводятся в основном к более широкой вариации их щелочности; наряду с богатыми и умеренно богатыми выделяются бедные и очень бедные щелочами (a/c = 3,8 и 2,4 соответственно).

Мелко-среднезернистые гнейсовидные гранитоиды по химизму относятся к семейству лейкогранитов и субщелочному ряду. Основная же часть пород этой группы по химизму, по существу, мало отличается от рассмотренных выше.

По спектральным анализам Чиримбинские гранитоиды характеризуются заметно повышенным (в 2,7 раза) по отношению к кларку содержанием олова и менее по сравнению с ним - хрома (в 1,7 раза), свинца (в 1,7 раза), цинка (1,46 раза) и фосфора (в 1,5 раза). Исходя из того, что исследованные гранитоиды не являются оловоносными, не подвергались постмагматическим метасоматическим преобразованиям и не содержат самостоятельных минералов олова предполагается, что олово концентрируется в биотите и сфене, являющихся в неоловоносных грани-

тах основными, по Л.В. Таусону, его концентраторами. Следует отметить, что содержание данного элемента устойчиво повышенное во всех разностях гранитов и гранитоидов. Это в равной мере относится к хрому, содержание которого в мелко-среднезернистых массивных и гнейсовидных гранитах собственно интрузивной фации северо-западной части массива выше кларка элемента в 3,3 и 3,2 раза, а в других основных разностях гранитоидов оно превышает кларк от 2 до 2,7 раза. Намечающаяся при исследованиях корреляция между содержанием хрома из вмещающих пород и гранитов указывает на возможное его заимствование последним. Вместе с тем, нельзя исключить возможность концентрации элемента в минералах гранитоидов в связи с глубинными процессами.

Заканчивая петрографическую характеристику гранитоидов Тырыдинского и Чиримбинского массивов отметим, что они относятся к татарско-аяхтинскому комплексу гранитовой (гранит-батолитовой) формации, которой принадлежит главенствующая роль среди магматических образований Енисейского кряжа. Формирование гранитоидов комплекса относится ко времени проявления поздней фазы байкальской складчатости, предшествующей началу образования моласс чингасанской серии (Геология и металлогения ..., 1985). Радиологический возраст гранитоидов Чиримбинского массива, определенный М.И. Волобуевым и др. (1971) по циркону, намытому из аллювия в 8 км ниже слияния рек Правой и Левой Чиримбы, имеет значение 840±150 млн. лет. Изложенные выше материалы определяют описанные гранитоиды массивов как умеренно-кислые мезоабиссальные образования параавтохтонного, частично аллохтонного залегания. В.М. Даценко (1984) гранитоиды комплекса относит к мезоабиссальным коровым образованиям плутонического типа, формировавшимся способом магматического замещения (по Д.С. Коржинскому, 1955), переходящим в плавление. Сходные с ним по геологическим, минералогическим и структурно-текстурным особенностям гранитоиды Урала Г.Б. Ферштатер и Н.С. Бородина (1975) рассматривают как плутонические, богатые водой образования, формирующиеся в мезоабиссальных условиях при относительно невысоких температурах и давлениях водяного пара, лежащих в интервале $(1\text{-}2)\cdot10^5$ кПа, в щелочной среде.

Структура рудного поля

Геолого-структурные данные по залеганию охарактеризованных ранее литолого-стратиграфических подразделений, полученные в результате проведения геологического картирования, различных геологоразведочных и геофизических работ, а также научных и тематических исследований, дают достаточно полное и обоснованное представление о внутренней геологической структуре рудного поля. Согласно им она неоднородна и определяется тремя сопряженными складками с северо-восточной ориентировкой осевых поверхностей: Иннокентьевской и Чиримбинской синклиналями и расположенной между ними Медвежьей антиклиналью. Эти складки имеют протяженность 4-5 км и размах крыльев 1-2 км; они в сочетании друг с другом образуют незамкнутую структуру W - образной формы в плане с субпараллельной ориентировкой каждой пары чередующихся крыльев и осевых поверхностей (рис. 3.6). Как показал А.Н. Казаков (1976) такой тип структуры является весьма характерным для докембрийских метаморфических комплексов. Распространение складок ограничивается границами центрального блока.

В северо-западной периферии рудного поля в экзоконтактовой зоне Тырадинского гранитоидного массива располагается Иннокентьевская синклиналь, осевая плоскость которой протягивается в северо-восточном направлении и наклонена к северо-западу. Ядро ее сложено слюдисто-кварцевыми сланцами перекрывающего рудовмещающую толщу интервала разреза кординской свиты, крылья - кварц-карбонат-слюдистыми и кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами. Размах крыльев синклинали 60-80 м. Юго-восточное крыло складки частично срезано продольным разломом и в нем нарушено нормальное залегание горизонта кварц-слюдисто-углеродистых сланцев. Замок складки осложнен антиклинальным перегибом, имеющим амплитуду 150 м. Радиус кривизны изгиба замка складки превышает 200 м (Круглов, 1977). Синклиналь примыкает с северо-запада к Медвежьей антиклинали и контролирует размещение Тырадинского месторождения, Оленьего и Высокого рудопроявлений.

В юго-восточной периферии рудного поля располагается Чиримбинская синклиналь, сильно сжатая, асимметричная с осевой плоскостью, простирающейся на большей части своей длины в северо-восточном направлении. По строению она, по существу, не отличается от Иннокентьевской синклинали; в ее ядре те же слюдисто-кварцевые сланцы, на крыльях - кварц-слюдисто-карбонатные и кварц-слюдисто-углеродистые сланцы. Южное крыло складки облекает выступ гранитоидной интрузии, имеет по геофизическим данным крутое (70-80°) падение к югу. Своим северо-западным крылом, значительно срезанным разломом, синклиналь примыкает к Медвежьей антиклинали. Здесь выявлено Чиримбинское рудопроявление.

Центральную и восточную часть рудного поля занимает Медвежья антиклиналь, являющаяся главной рудоносной структурой рудного поля. Она протягивается с северо-запада на восток на расстояние 4,5-5 км. В ее ядре залегают кварц-слюдистые сланцы нижней части среднего интервала разреза свиты, на крыльях - кварц-карбонат-слюдистые сланцы с линзовидными телами мраморизованных известняков и кварц-слюдисто-углеродистые сланцы. Северное крыло складки имеет общее субширотное простирание, осложняющееся на Западном участке Олимпиадинского месторождения S-образным изгибом, а противоположное ему крыло - выдержанное восток-северо-восточное. Оба крыла падают в одном юго-восточном направлении под углами от 30 до 50°. Причем, северное крыло характеризуется более крутыми углами падения. Размах крыльев складки достигает 1.5-2.0 км. По материалам геологоразведочных работ в восточной части месторождения на глубинах 400-500 м намечается подворот северного крыла к югу, который находит подтверждение в геофизических исследованиях. В направлении к западу вместе с общим воздыманием структуры происходит изменение падения северного ее крыла от крутого северного в замковой части антиклинали к субвертикальному и крутому юго-восточному - на участке сочленения с Иннокентьевской синклиналью.

В крайней восточной части на участке периклинального замыкания по материалам колонкового бурения антиклиналь круто погружается к юго-востоку. Северное ее крыло имеет устойчивое падение к северо-востоку, рассечено разломами северо-восточного и субширотного простираний на ступенчатые блоки.

Складчатые формы рудного поля в различной степени запрокинуты к северо-западу и сильно сжаты, о чем свидетельствуют величины углов между крыльями, не превышающие 30-40°, большие значения коэффициента высоты (более двух единиц) и сильно оттянутые гребневидные замки. Важная особенность складок - поперечная к общеенисейскому северо-западному простиранию региональных складчатых структур восток-северо-восточная

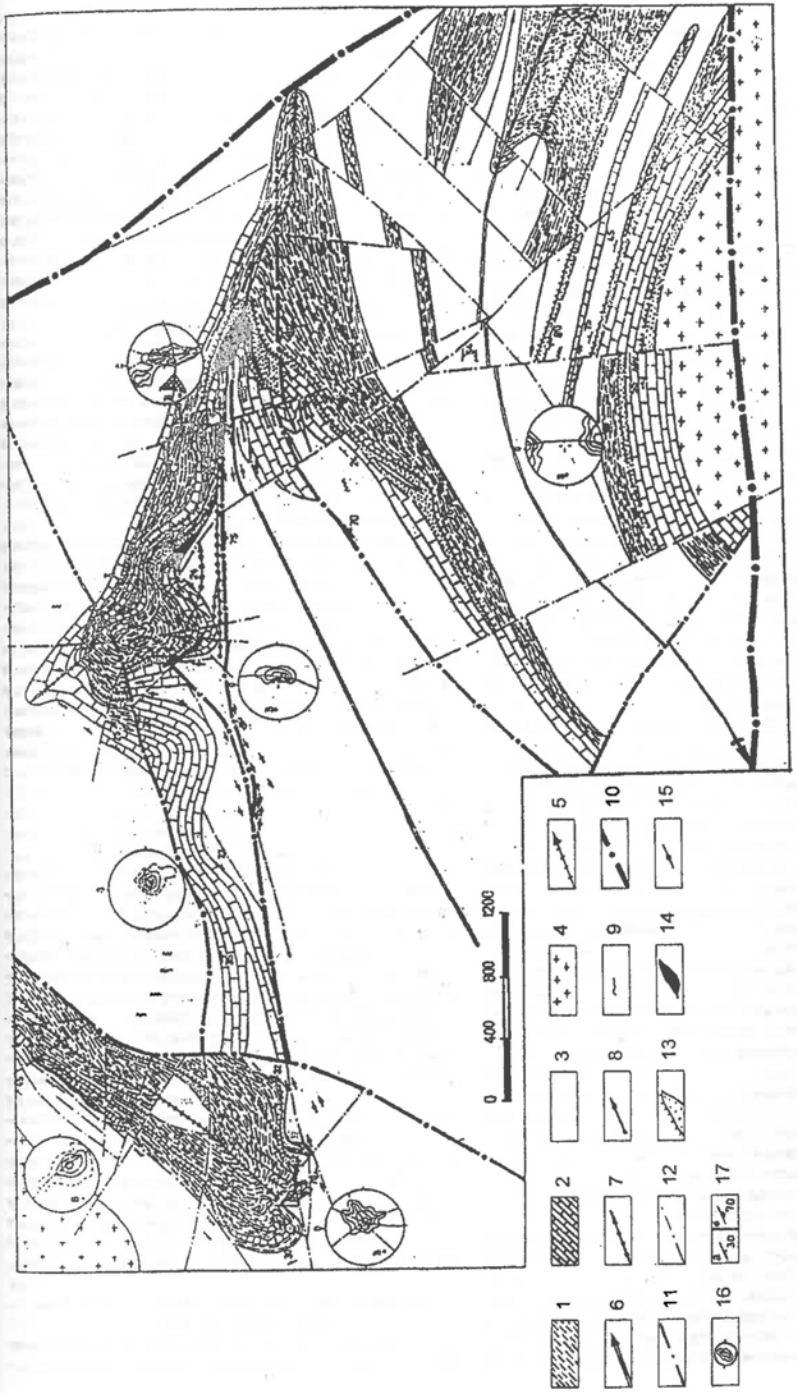


Рис. 3.6. Геолого-структурная карта Олимпиадинского рудного поля (Ли, 2003)

1 - кварц-слюдисто-углеродистые сланцы; 2 - кварц-карбонат-слюдистые сланцы с линзовидными телами мраморизованных известняков; 3 - кварц-слюдистые сланцы; 4 - гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса; 5 - оси изоклинальных складок 1-го этапа деформации; 6 - оси складок 2-го этапа деформации; 7 - проекции шарниров лежачих складок 3-го этапа деформации; 8 - оси складок высоких порядков; 9 - гофрировка и плойчатость; 10 - крупные разломы, установленные по гравиметрическим данным; 11 - прочие разломы установленные по геологическим и геофизическим данным; 12 - мелкие разрывные нарушения; 13 - субсогласные зоны разрывных нарушений с корой выветривания линейного типа; 14 - выходы рудных тел на дневную поверхность; 15 - кварцевые и полевошпатовые жилы; 16 - стереограммы ориентировки сланцеватости: изолинии плотности полюсов сланцеватости проведенные через 1-2-3-5 %, точки с буквой «в» - шарниры складок, сплошные линии - пояса полюсов сланцеватости, заштрихован треугольник β - пересечений; 17 - элементы залегания: а - сланцеватости, б - разломов.

ориентировка их шарниров, погружающихся под углом в пределах 30°. Данные складки возникли в результате внутриблоковой деформации части крупной Енашиминской антиклинали дугообразной в плане формы с северо-западной ориентировкой шарнира и запрокинутой к юго-западу под действием тектонических напряжений, направленных с юго-востока на северо-запад и связанных со смещениями по крупным разломам.

Среди разрывных структур наиболее крупными в границах рудного поля являются Верхне-Чиримбинский, Медвежинский, Широтный и Оленье разломы. По-видимому, к их числу принадлежит Полканский разлом, выделенный на большем своем отрезке по гравиметрическим данным и ограничивающий с юга рудное поле.

Верхне-Чиримбинский разлом (сбросо-сдвиг), фиксирующийся по геологическим и геофизическим данным, протягиваясь в северо-западном направлении по азимуту 200-220°, ограничивает с северо-востока рудное поле и площадь месторождения. За пределами рудного поля он, по существу, не изучался и фиксируется лишь на отдельных его отрезках. В юго-восточном направлении разлом прослеживается с перерывами в интервалах, сложенных гранитоидами, до Ишимбинского разлома, занимающего положение глубинного структурного шва.

Он отчетливо фиксируется в поле силы тяжести, разграничивает площади с различной глубиной залегания кровли гранитной интрузии. В северо-западной своей части разлом контролирует положение северо-восточного контакта Тырыдинского гранитоидного массива. По материалам разведочных работ зона разлома осложнена пологими нарушениями типа мелких надвигов с южным падением плоскостей, а также в ее пределах происходит резкий подворот антиклинальной складки к юго-востоку. Данный разлом является одним из основных рудоконтролирующих элементов рудного поля.

Медвежинский разлом (или зона разломов) протягивается в северо-восточном направлении по азимуту 50-70° от северных склонов г. Енашиминский Полкан до верховьев руч. Олимпиадинского вдоль юго-восточного крыла Медвежьей антиклинали. Разломы этой зоны представляют собой нормальные сбросы с амплитудами смещения от десятков до первых сотен метров. Для поверхности сместителей характерными являются плавные изгибы, преобладающее их падение к юго-востоку под углом 60-80°, редко отмечается обратное. Разломы сопровождаются повышенным рассланцеванием пород, трещиноватостью, гидротермально-метасоматическими изменениями и нередко вкрапленной рудной минерализацией. В направлении к северо-востоку их количество увеличивается, и возрастает мощность зоны, достигая максимума на участке ее сопряжения с Широтной зоной. К данной зоне разломов приурочено Чиримбинское рудопроявление, находящееся на небольшом (около 1 км) удалении к юго-западу от Правобережного участка месторождения. Разломы этой зоны контролируют также локализацию южной части Главного рудного тела месторождения. Субсогласное простиранию юго-восточного крыла антиклинали положение указывает на возможную связь их формирования со складчатостью.

Широтный разлом (или зона разломов) пересекает крайней восточной-северо-восточной частью Главное рудное тело на Правобережном участке Олимпиадинского месторождения. Она протягивается в субширотном направлении через все рудное поле, представляет собой систему нарушений, характеризующихся сложным внутренним строением. Среди разрывных элементов системы преобладают сбросы и сбросо-сдвиги как с право-, так и с левосторонним типом сдвиговой составляющей. Амплитуда сброса достигает 170 м, сдвига - 230 м. Весьма отчетливо выявляется контроль зоной нарушений Тырадинского месторождения и Иннокентьевского рудопроявления, а также северной части Главного рудного тела Олимпиадинского месторождения. В пределах месторождения зона нарушений осложняет строение северного крыла Медвежьей антиклинали и отделяет Олимпиадинский участок от Правобережного. По характеру ее взаимоотношения с вмещающей толщей и смещению разлома данной системы зоны межпластового скольжения представляется достаточно очевидным, что она не связана со складчатостью, а формировалась позднее, в стадию блоковых деформаций. Вместе с тем, в общем субсогласное с простиранием Медвежьей антиклинали положение может свидетельствовать о возможном более раннем формировании зоны нарушений и ее подновлении в поздне-тектоническую стадию.

Оленья зона разлома протягивается вдоль северо-западного крыла Иннокентьевской синклинали, ограничивая с северо-запада рудовмещающий горизонт. Он вскрыт горными выработками на Тырадинском месторождении и Оленьем рудопроявлении и в их пределах имеет падение к юго-востоку под углом 40-60°. Зона разлома выражена тонким рассланцеванием, интенсивным смятием и мелкой складчатостью пород с зеркалами скольжения, содержит линзы кварца. Она контролирует линейную зону метасоматитов и названные рудные объекты.

Более мелкие разрывные нарушения, относящиеся к более высоким порядкам, многочисленны на площади рудного поля. Они протягиваются в различных направлениях - северо-западном, северо-восточном, субмеридиональном, субширотном и представлены крутопадающими сбросами и сбросо-сдвигами, менее часты взбросы. Среди мелких нарушений преобладают субширотные сбросы и сбросо-сдвиги как с право-, так и левосторонним типом сдвиговой составляющей. Амплитуда сбросов достигает 170 м, сдвигов - 230 м. Отмечаются отдельные субмеридиональные сбросы и сбросо-сдвиги с амплитудами смещений порядка первых десятков метров, как правило, с опущенным восточными крыльями.

Эндогенное оруденение и его соотношение в рудном поле

Особенности геологического развития, характеризовавшиеся повышенной тектоно-магматической активностью, определили металлогеническую специфику Олимпиадинского рудного поля. Эта специфика заключается в распространении в его пределах золото-вольфрамитового, золото-шеелитового, золото-антимонитового и золото-антимонит-шеелитового оруденения, отличающегося от типоморфного для Енисейского кряжа золото-кварцевого. В южном обрамлении рудного поля в экзоконтакте Чиримбинского гранитоидного массива в границах Верхне-Енашиминского рудного узла развиты пластообразные залежи магнетитовых руд, сопровождающиеся секущими их телами ортоамфиболитов и гидросиликатными метасоматитами актинолит-тремолитового состава. Главным полезным компонентом во всех этих типах минерализации, кроме последнего, является золото, но наряду с ним содержится в повышенных количествах в одном вольфрам, в другом - сурьма, в третьем сурьма и вольфрам. В рудах Олимпиадинского месторождения установлены также в промышленно значимых концентрациях серебро и ртуть.

Геолого-структурные особенности локализации и вещественный состав руд

Олимпиадинское месторождение состоит из двух взаимосвязанных участков - Западного (или Олимпиадинского) и Восточного (или Правобережного), различающихся особенностями структурной позиции и общего масштаба оруденения. На последнем ныне осуществляется золотодобыча открытым способом. Важная отличительная особенность месторождения - совмещение в нем вкрапленных золото-сульфидных руд и золотоносных кор выветривания, резко различающихся по вещественному составу и технологическим свойствам. Основным полезным компонентом руд является золото. Кроме него, в качестве возможного попутного компонента присутствуют сурьма и вольфрам, а также серебро и ртуть. Среднее содержание золота в Главном рудном теле составляет 4,6 г/т в первичных рудах и 10,8 г/т в окисленных рудах, сурьмы соответственно 211,7 и 1427,0 г/т, вольфрама - 55,8 и 543,4 г/т, серебра - 0,2 и 0,29 г/т, мышьяка - 898,0 и 974,0 г/т. Концентрация ртути изучена только в окисленных рудах подзоны полного окисления и она в них составляет в среднем 37,6 г/т при вариации от 1,2 до 240 г/т (Бернатонис, 1999). Такие данные позволяют рассматривать руды Олимпиадинского месторождения как комплексные и по геохимическим особенностям относить их к Au-As-W-Sb типу.

Геолого-структурные особенности локализации оруденения

Месторождение расположено в восточной части рудного поля на участке тектонического блока, характеризующегося наибольшим погружением кровли гранитоидной интрузии. Его геологическая позиция определяется размещением над провесом кровли гранитоидной интрузии гранит-батолитовой формации, вскрывающейся на дневной поверхности в виде крупного Чиримбинского массива и ряда мелких тел сателлитов, из которых наиболее крупным является Тырыдинский. По гравиметрическим данным последняя на площади месторождения опускается на глубину менее 1 км. Однако, как свидетельствуют материалы бурения скважин глубиной 1000 м и более, она погружается на большую глубину.

Рудовмещающей является неоднородная и контрастная по составу толща, в которой достаточно отчетливо обособляются три литологических горизонта (снизу): кварц-слюдистых с гранатом сланцев; кварц-карбонат-слюдистых сланцев с линзовидными телами мраморизованных известняков преимущественно в верхней части его разреза; кварц-слюдисто-углеродистых сланцев.

Основная рудолокализующая толща представлена кварц-карбонат-слюдистыми сланцами и карбонатными породами; в них сосредоточены главные запасы металла. В подстилающих кварц-слюдистых и перекрывающих кварц-слюдисто-углеродистых сланцах рудоконцентраций отмечаются только вблизи их контактов с карбонат содержащими и карбонатными породами и не распространяются от них на большое расстояние. Это позволяет рассматривать горизонты данных пород соответственно как подрудный и надрудный.

Оба участка месторождения приурочены к различным частям одной Медвежьей антиклинали, отличающейся от других структур этого же порядка поперечной к общеенисейскому направлению простирания региональных структур восток-северо-восточной ориентировкой шарнира, погружающегося под углом 25-30°. В ядре складчатой структуры залегают кварц-слюдистые сланцы, на крыльях - кварц-карбонат-слюдистые сланцы с пластами и линзовидными прослоями мраморизованных известняков и кварц-слюдисто-углеродистые сланцы. Эти породы образуют самостоятельные пачки (горизонты) мощностью соответственно 580, 100 и 280 м.

Под воздействием гранитоидной интрузии они претерпели неравномерные контактово-метаморфические, площадные и локальные метасоматические преобразования, выразившиеся в процессах ороговикования, скарнирования, слюдизации, карбонатизации, окварцевания, хлоритизации, и других, которые сопровождали формирование оруденения. Гранитоиды обнажающейся части плутона, представленной крупным Чиримбинским массивом, по данным М.И. Волобуева и др. (1973) имеют радиологический возраст 850±60 млн.лет. Для рудных залежей нами получены цифры радиологического возраста 754, 765, 811 млн.лет (определения калий-аргоновым методом, Ли и др., 1990), В.А. Лопатиным - 794,4±34 млн.лет (определения рубидий-стронциевым методом), для слюд площади месторождения В.А. Поперековым - 860, 877, 842, 771 млн.лет, А.М. Сазоновым и Е.А. Звягиной - 856-792 млн.лет (определения калий-аргоновым методом). Следует отметить, что полученные нами и В.А. Лопатиным значения радиологической датировки оруденения хорошо согласуются с возрастом золото-кварцевых руд месторождения Эльдорадо, определенным по галениту в 780±30 млн.лет и по биотиту - 795±30 млн.лет. Такая возрастная общность с гранитоидами массива позволяет полагать, что зарождение и функционирование гидротермальной системы тесно связано со становлением гранитоидной интрузии и происходило в ее длительно существовавшем тепловом поле.

Медвежья антиклиналь характеризуется сложной морфологией; в замковой сильно оттянутой гребневидной части она с поверхности прямая, с глубиной запрокидывается к северо-западу. Северное более крутопадающее ее крыло осложнено S-образным в плане изгибом с серией лежачих сильно сжатых складок, осевые поверхности которых субгоризонтальны (наклонены к северу или югу под углами 7-15°), а шарниры вытянуты в субширотном направлении и полого (8-10°) погружаются к востоку (рис. 3.7). Длина лежачих складок колеблется в пределах 450-850 м, размах крыльев достигает 200 м, а амплитуда - от 70 до 200 м. Углы падения крыльев складок изменяются от 0 до 30°, средний радиус кривизны изгиба замков составляет 25 м, коэффициент высоты, характеризующий степень сжатости складок, достигает 2.5 единиц. В отдельных случаях отмечается виргация складок в направлении с востока на запад и плавные изгибы шарниров в плане. По отношению к антиклинали данные складки, по-видимому, являются более поздними; осевые поверхности их и антиклинали по положению в пространстве взаимно перпендикулярны. В частности, на это указывает взаимно перпендикулярное положение осевых поверхностей лежачих складок и антиклинали.

Лежачие складки, а также участки крыльев антиклинальной складки, прилегающие к зоне ее перегиба, в свою очередь осложнены складками более высоких порядков с размахом крыльев до первых десятков метров, гофрировкой и плойчатостью, в которые смяты сланцеватость и метаморфическая полосчатость. Более крупные складки развиты преимущественно в кварц-карбонат-слюдистых сланцах, с линзовидными телами карбонатных пород, а мелкие складки, гофрировка, плойчатость, микрокинк-зонки и мелкие флексурные изгибы шарниров складок - в более пластичных кварц-слюдисто-углеродистых сланцах. По морфологии они разнообразны. Наряду с прямыми открытыми с параболическими замками отмечаются коробчатые, шевронные, наклонные, опрокинутые и лежачие сильно сжатые изоклинальные складки с углами наклона крыльев от 0-10 до 70°. Шарниры их в большинстве случаев ориентированы в восток-северо-восточном направлении, как у антиклинальной складки, с которой они, видимо, находятся в структурном парагенезисе.

С пликативными дислокациями тесно связаны согласс-

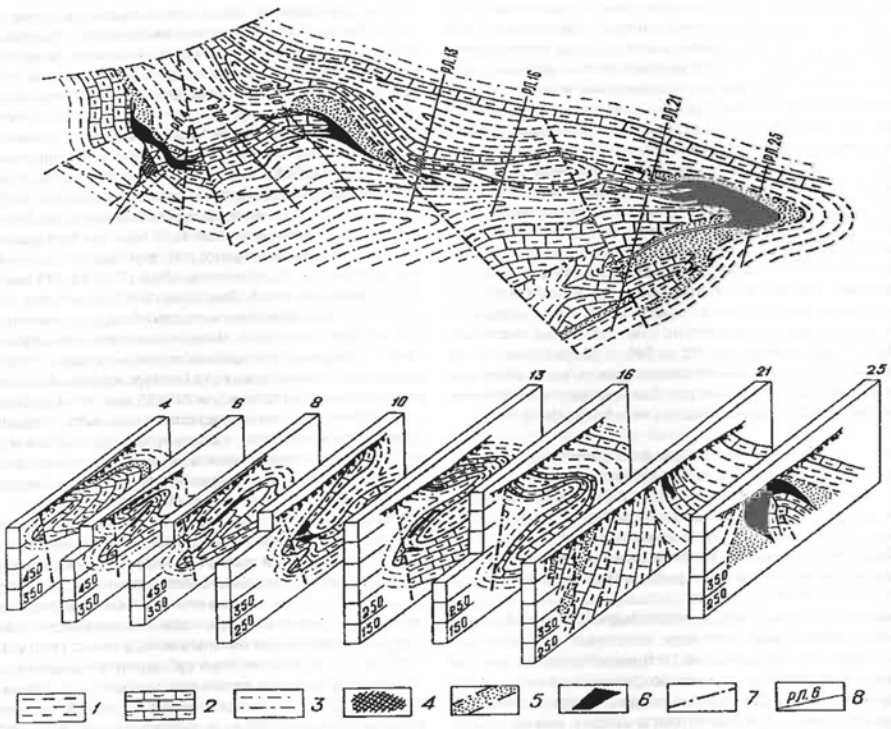


Рис. 3.7. План и блок-диаграмма поперечных разрезов Олимпиадинского месторождения (по Г.П. Круглову и Л.В. Ли)
1-3 – сланцы: 1 – углеродистые кварц-мусковитовые, 2 – кварц-карбонат-слюдистые с пластами известняков, 3 – кварц-слюдистые; 4 – скарноиды гранат-эпидот-пироксен-микроклинового состава; 5 – продукты линейной коры выветривания; 6 – рудные тела; 7 – разрывные нарушения; 8 – разведочная линия и ее номер

ные и субсогласные зоны межпластового скольжения, развитые вдоль контактов разных литологических горизонтов, главным образом, кварц-карбонат-слюдистых и перекрывающих их углеродистых кварц-слюдистых сланцев. Они прослежены канавами и скважинами на обоих участках месторождения, фиксируются линейной корой выветривания. Причем, кора выветривания локализуется на тех участках зоны межпластового скольжения, которые приурочены к контактам указанных пород, что получает объяснение в различиях их пластичности. Кварц-слюдисто-углеродистые сланцы, вследствие большей пластичности, в начальный период тектонических деформаций сминались в складки значительно меньших радиусов, чем кварц-карбонат-слюдистые сланцы и мраморизованные известняки, и это обусловило возникновение на их контактах полостей отслоения, перераставших в процессе продолжавшихся пликативных деформаций в зоны межпластовых срывов, в которых формировался тонкоперетертый материал боковых пород. При последующих деформациях зоны межпластовых срывов сминались в складки вместе с боковыми породами, меняя свою форму и мощность, и на участках резких изгибов литологических горизонтов и, прежде всего, в пери- и центриклинальных замыканиях складок тонко-перетертый материал получил наиболее мощное развитие. Нередко в контакте коры выветривания с кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами отмечается четкий тектонический шов. В одних случаях он представлен зонкой (1-3 см) листовой щебенки осветленных и ожелезненных сланцев, в других - полой тектонической трещинкой (1-2 см), выполненной глинисто-охристым материалом. Иногда тектонический шов залечен гидротермальной минерализацией и имеет зональное строение: 1) зонка (20-25 см) послойного окварцевания с прожилками мощностью 1-1,5 см; 2) кварцевая жила (20 см); 3) метасоматиты по кварц-карбонат-слюдистым сланцам (70 см). В образовавшейся в результате тектонических деформаций зоне межпластового скольжения локализовались гидротермально-метасоматические процессы, которые привели к формированию весьма масштабной рудной концентрации золота.

Все более крупные разрывные элементы структуры, их рудоконтролирующая и рудолокализующая роль были охарактеризованы выше, поэтому они здесь не рассматриваются.

Морфология и внутреннее строение рудных тел

Олимпиадинский и Правобережный участки занимают различное положение в структуре Медвежьей антиклинали и резко отличаются масштабами оруденения. Первый приурочен к S-образному изгибу Северного крыла антиклинали и включает три рудных тела - 1, 2 и 3, которые представляют собой оконтуренные по данным опробования на основе кондиций различно проявленные метасоматиты преимущественно слюдисто-карбонат-кварцевого, кварц-слюдисто-карбонатного и цоизит-кварц-слюдистого состава, образовавшиеся главным образом по кварц-карбонат-слюдистым и углеродистым кварц-слюдистым сланцам и содержащие вкрапленность и редкие прожилки рудных минералов, и пылевидные выделения золота. Кроме них отмечаются отдельные рудные линзы, вскрываемые единичными выработками. Все рудные тела залегают в пределах одной рудной зоны, приурочиваясь к двум лежачим складкам, осложненным разрывными нарушениями (см. рис. 3.7). Форма рудных тел в горизонтальном сечении большей частью сложная, близкая к седловидной, и пластообразная с пережимами, раздувами, расщеплениями на ветви. Она определяется главным образом структурой рудоносных литологических горизонтов, но на отдельных участках отмечаются пересечения рудными телами контакта последних, что указывает на наложенный характер оруденения. Достаточно полное представление о положении рудных тел и их соотношении с рудовмещающими горизонтами и разрывными нарушениями дает проекция месторождения на поверхность (рис. 3.8). Как видно из нее, на Западном участке рудные тела залегают в горизонте кварц-карбонат-слюдистых сланцев, сменяя друг друга с частичным перекрытием по падению и на границе их с корой выветривания, подчиняясь направлению простирания слойчатости пород и пересекая ее под острым углом. На Восточном участке рудное тело залегает в периклинальном замыкании и на северном крыле антиклинали в образованиях коры выветривания и часто в кварц-карбонат-слюдистых сланцах. Его положение отчетливо контролируется субширотными и северо-восточными разломами.

В совмещенной вертикальной проекции рудные тела на Западном участке находятся в висячем боку разлома, отграничивающего кварц-слюдистые с гранатом сланцы от кварц-карбонат-слюдистых сланцев (рис. 3.9). Они располагаются друг над другом субпараллельно с частичным перекрытием в кварц-карбонат-слюдистых сланцах. Залегая согласно с общим направлением простирания рудовмещающего горизонта, рудные тела пересекают под острым углом слойчатости пород. На юго-восточном фланге участка рудные тела тупо ограничиваются поперечным субмеридиональным разломом. На Восточном участке

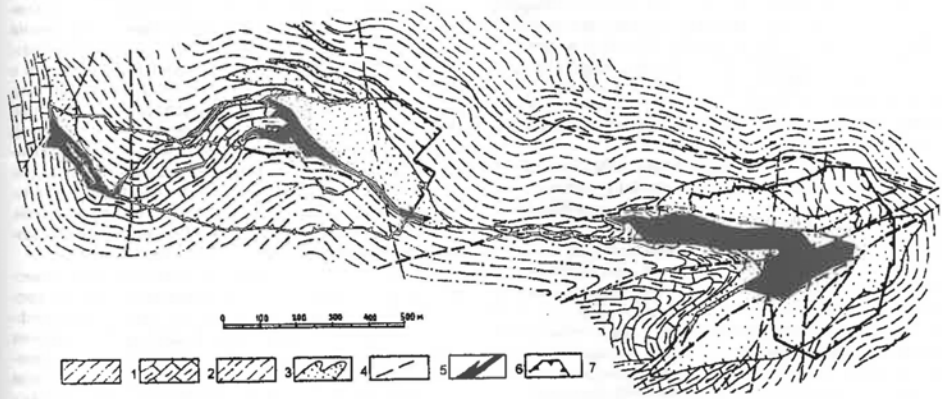


Рис. 3.8. Проекция рудных тел Олимпиадинского месторождения на поверхность
1 - кварц-слюдистые сланцы; 2 - кварц-карбонатно-слюдистые сланцы с пластами карбонатных пород; 3 - углеродистые сланцы; 4 - линейная кора выветривания; 5 - разрывные нарушения; 6 - рудные тела; 7 - проекция рудных тел на поверхность.

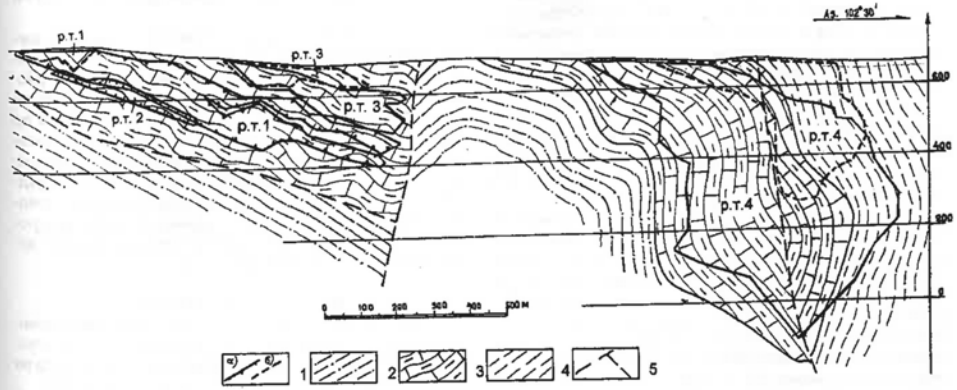


Рис. 3.9. Проекция рудных тел Олимпиадинского месторождения на вертикальную плоскость
1- граница первичных (а) и окисленных (б) руд; 2 - кварц-слюдистые сланцы; 3 - кварц-карбонатно-слюдистые сланцы с пластами карбонатных пород; 4 - углеродистые сланцы; 5 - разрывные нарушения

рудное тело круто погружается почти от самой поверхности на глубину с переходом на вертикальное падение, и приобретает колоколообразную форму. Большая западная его часть находится в кварц-карбонат-слюдистых сланцах, меньшая восточная – в кварц-слюдисто-углеродистых сланцах. Рудное тело рассечено поперечным разломом, относящимся к рудоконтролирующим. Размер рудных тел варьирует значительно. Их прослеженная длина в разных рудных телах изменяется от 420 м до около 1000 м и по падению – от 40 до 200 м при колебаниях мощности от 1,9 м на флангах до 60-80 м в центральной части. Распределение золота в рудных телах относительно выдержанное без значительных перерывов и сравнительно равномерное, выявляющиеся участки повышенных концентраций обычно приурочены к центральным его частям, а также зонам контакта различных литологических горизонтов, с образованием отдельных обогащенных металлом маломощных «струй». Наблюдается неясно выраженная обратная зависимость между мощностью рудного тела и содержанием золота, которая, по-видимому, является общей закономерностью для золотых руд почти всех типов оруденения. Выклинивание рудных тел на флангах происходит постепенно. В верхних частях рудных тел 1 и 3 развита линейная кора выветривания, которая прослежена по падению на первом более чем на 200 м, а на втором - до глубины 60 м. Она приурочена к контакту кварц-карбонат-слюдистых и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев. В нижней части эти коры выветривания обычно являются, повышено золотоносными и представляют собой окисленные руды выделяемых рудных тел.

Правобережный участок приурочен к призамковой части периклинального замыкания Медвежьей антиклинали. Шарнир последней здесь погружается на восток-северо-восток под углом 26-30°, а осевая поверхность наклонена на юг-юго-восток под углом 60-70°. В замковой части структуры широко развиты внутрипластовые трещины растяжения и крутопадающие трещины отрыва. Обусловленные ими интенсивное разуплотнение пород и повышенная проницаемость среды создали благоприятные условия для циркуляции рудоносных растворов и образования рудных концентраций золота, а в более позднее время - поверхностных вод и развития гипергенных процессов корообразования.

Непосредственно в замковой части антиклинали локализовано Главное рудное тело 4, заключающее основные запасы месторождения. В горизонтальном сечении оно имеет седловидную форму с раздувом в пришарнирной части и неравными по длине крыльями. Седловидная форма рудного тела в горизонтальных сечениях сохраняется на глубине, в вертикальных же сечениях она изменяется от столбообразной с раздувом в верхней части до колоколообразной. Пришарнирный раздув круто погружается к востоку, его размер по поверхности составляет 240х140 м. Крылья рудного тела имеют падение соответственно к северу и югу под углами до 60-80°. Под таким же крутым углом рудное тело погружается к востоку с постепенным переходом на вертикальное падение и подворотом к западу.

С поверхности и на различную глубину рудное тело подверглось окислению, которое выразилось в образовании линейной коры химического выветривания. Рыхлые продукты коры выветривания, образовавшиеся по вмещающим породам, занимают на поверхности площадь в 1,3 раза превышающую площадь рудного тела (рис. 3.10). По падению они резко сокращаются в объеме, и уже на приповерхностном горизонте 620 м площадь их распространения составляет менее 10% от площади рудного тела. Окисленные руды последнего на глубине локализуются вдоль основных продольных рудолокализующих разрывов и по контакту углеродсодержащих слюдисто-карбонат-кварцевых и углеродистых мусковит-карбонат-кварцевых метасоматитов, грубо повторяя седловидную форму рудного тела. Глубина их распространения вдоль Северного разлома составляет 130 м, вдоль Главного разлома - 400 м. В интервале глубин 130-400 м они образуют постепенно выклинивающееся столбообразное тело с четкими резкими границами, уплощенное вдоль Главного разлома, падающее на юго-восток под углами 70-80°. Площадь окисленных руд постепенно уменьшается с глубиной и полностью выклиниваются на горизонте 280 м (400 м от поверхности).

Окисленные руды характеризуются более высоким, чем первичные руды, содержанием золота, что объясняется, в основном, уменьшением плотности руды за счет выщелачивания карбонатов в среднем от 2,79 до 1,69 г/см³ и отчасти первоначальным обогащением верхних горизонтов рудного тела. Среднее содержание золота в окисленных рудах выше в 2,6 раза, чем в первичных, при максимальном 447 г/т.

Неокисленные руды в рудном теле имеют весьма неровную верхнюю границу распространения. В вертикальном сечении они имеют близкую к трубообразной, колоколообразной и неправильной форму, в горизонтальном сечении — близкую к седловидной, которая осложнена на южном крыле окисленными рудами. По материалам разведочных работ площадь их неравномерно возрастает с глубиной, что обусловлено как общим расширением рудной зоны, так и уменьшением площади развития окисленных руд с углублением в нижние горизонты. Оруденение распространяется ниже последнего разведанного горизонта 150 м, прослежено отдельными скважинами до глубины 780 м от поверхности, но рудное тело не оконтурено. Основываясь на геохимических данных А.Р. Романовской, А.А. Спириной и других, максимальный вертикальный размах оруденения оценивается в 1000-1200 м.

Как свидетельствуют материалы опробования, неокисленные руды характеризуются более равномерным распределением содержания золота, чем окисленные; коэффициент вариации содержания по данным В.А Лопатина и других варьирует от 29 до 96%. По результатам рядового опробования содержание золота колеблется в широком интервале - от «сл» до 84,2 г/т, в подсчетных интервалах - от 2,2 до 21,1 г/т. В вертикальных сечениях рудного тела среднее содержание золота закономерно убывает в направлении с юга на север, как и в окисленных рудах, от 8,6 в южном крыле и 4,8 - в центральной части и до 2,7 г/т - в северном крыле.

Внутреннее строение рудного тела 4 так же, как и других, неоднородное. В них рудные и богатые прослои, ленты, линзы перемежаются с безрудными и бедными, располагающимися обычно беспорядочно, вне связи между собой. Мощность их варьирует от нескольких метров до первых десятков метров. Повышенно обогащенные золотом участки, обычно не более 10 м, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, соответствуют рудным столбам. Последние выявляют приуроченность к предполагаемым зонам разрывных нарушений, характеризующимся более интенсивно развитой минерализацией арсенопирита и антимонита (рис. 3.11).

Особенности вещественного состава руд

Вещественный состав руд характеризуется совмещением в рудных телах двух различных генетических типов - гипогенного и гипергенного, резко отличающихся друг от друга по минеральному комплексу и технологическим свойствам.

Первичные руды представлены, главным образом, слюдисто-карбонат-кварцевыми, кварц-слюдисто-карбо-

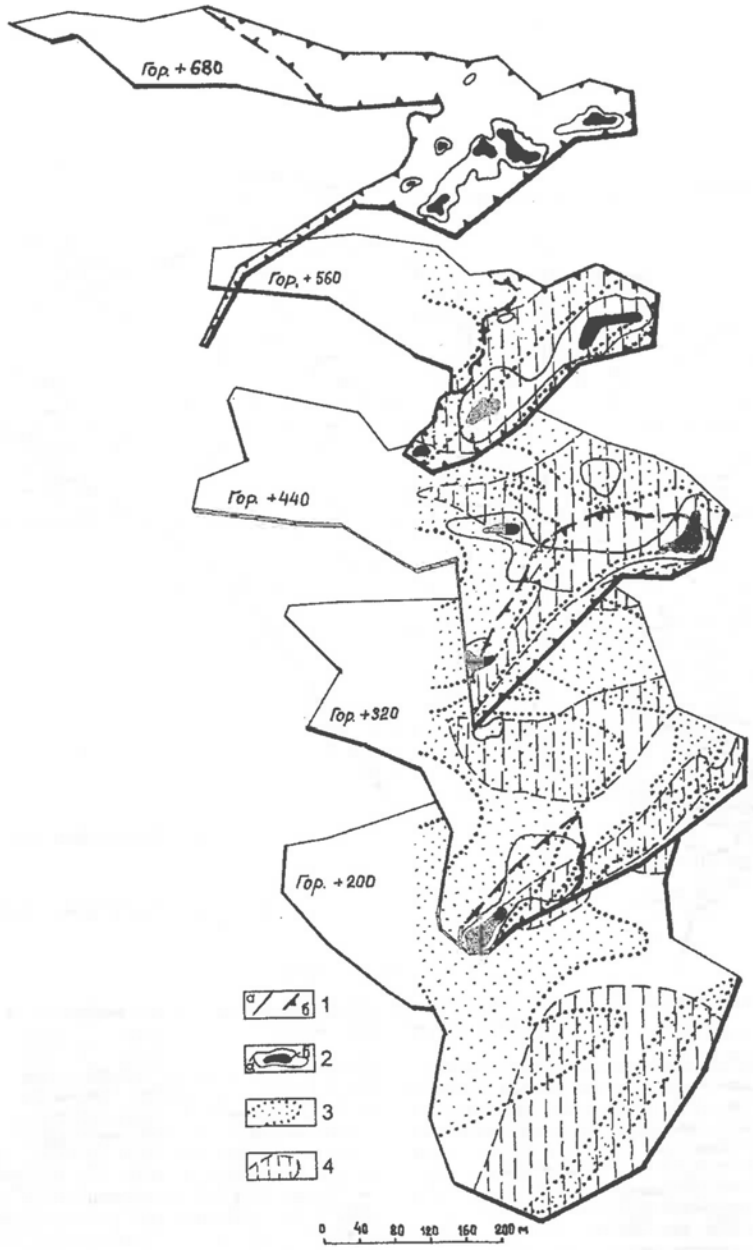


Рис. 3.10. Погоризонтные планы четвертого рудного тела Олимпиадинского месторождения (по материалам геологоразведочных работ)

1 - граница первичных (а) и окисленных (б) руд; 2 - изолинии повышенных (≥10 г/т) содержаний золота (а) и границы рудных столбов (б); 3-4 - геохимические ореолы: 3 -мышьяка (≥12%), 4 - сурьмы (≥12 г/т)

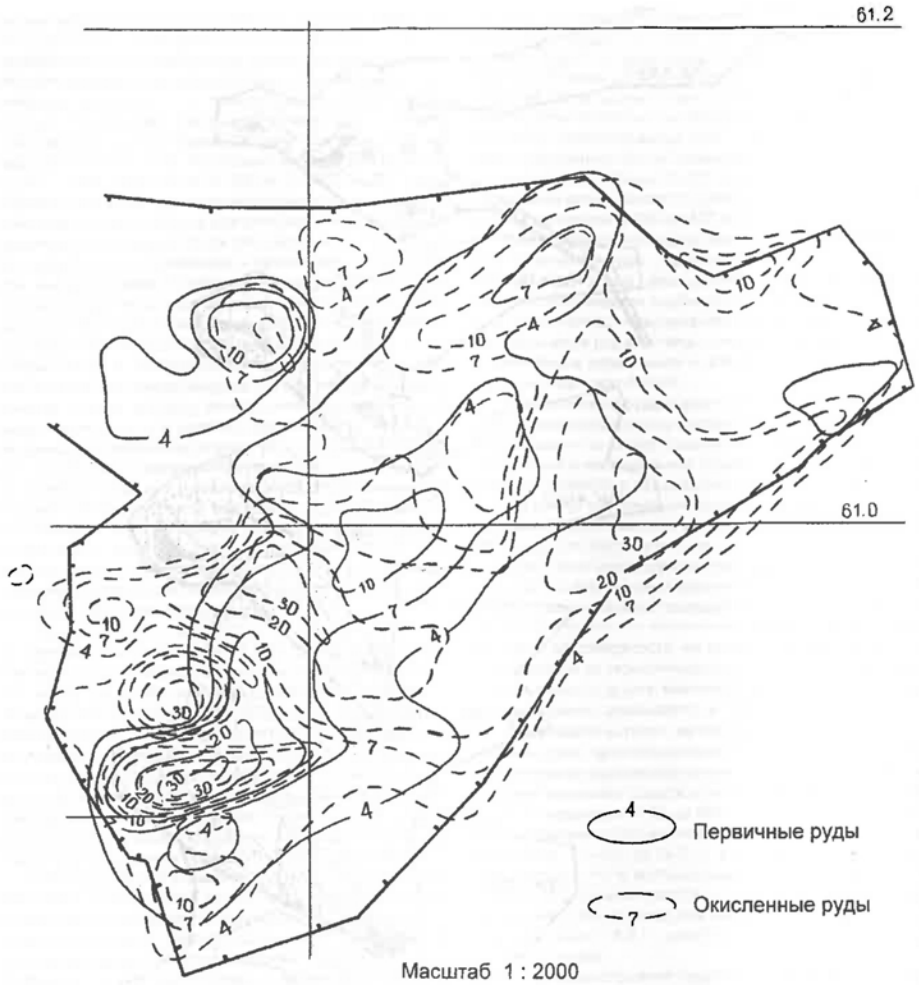


Рис. 3.11. Изолинии равных содержаний золота (г/т) по четвертому рудному телу в слоях мощностью 10 м выше и ниже подошвы окисленных руд

натными и цоизит-кварц-слюдистыми метасоматитами, образовавшимися по разнообразным породам - кварц-карбонат-слюдистым и углеродистым кварц-слюдистым сланцам, известнякам, реже кварц-слюдистым сланцам. Метасоматические процессы, предшествующие и сопутствующие формированию сульфидной минерализации, соответствуют в общем окварцеванию, карбонатизации и хлоритизации. В ассоциации с метасоматитами отмечаются скарны и скарноиды, развивающиеся большей частью по мраморизованным известнякам и кварц-карбонат-слюдистым сланцам преимущественно на контакте с кварц-слюдистыми сланцами и состоящие из пироксена салитового состава, граната гроссуляр-андрадитового ряда, эпидота, роговой обманки, биотита, кварца, микроклина, плагиоклаза состава олигоклаза-андезина. Вещественную основу руд составляют карбонаты (главным образом кальцит, значительно меньше доломит), кварц и слюды (мусковит, серицит, биотит), в виде примеси содержатся магнезиальный бледно окрашенный хлорит, тонкокристаллический рутил и диспергированное углеродистое вещество. Содержание последнего по данным В.А. Лопатина и других колеблется от тысячных долей до 1-2%, а по материалам В.А. Поперекова и В.И. Ефремовой, иногда достигает 4,15%, в среднем же по данным группового опробования на Правобережном участке составляет 0.19%. Оно изотопно легкое, имеет значения $d^{13}C$ от -26,1 до -28,7‰, свойственные по Й. Хёвсу (1983) восстановленному углероду биогенной природы. В отличие от них карбонаты являются изотопно более тяжелыми ($d^{13}C$ от -0.6 до - 5,4‰).

Рудные минералы представлены в основном арсенопиритом и пирротином, весьма существенна количественная роль на отдельных участках антимонита, незначительно распространены пирит, бертьерит и золото, редко встречаются сфалерит, галенит, халькопирит, бурнонит, джемсонит, висмутин, марказит, мельниковит, шеелит, флюорит. Кроме них, под микроскопом наблюдались единичные включения пентландита, молибденита, гудмундита, самородной сурьмы, самородного серебра, виоларита, брейтгауптита, кубанита, валлериита, вольфрамита (Ли, Шохина, 1974; Ли и др., 1981; Геология и металлогения..., 1985 и др.). Общий список установленных в рудах нерудных и рудных минералов включает более 60 наименований (таб. 3.2).

По данным исследования малых технологических проб основными рудослагающими минералами являются кварц и карбонаты, значительно участие слюд и хлорита (рис. 3.12). На Олимпиадинском участке содержание этих минералов в рудах составляет в среднем соответственно (в вес.%): 33,4; 33; 17,8 и 9,6; на Правобережном участке - 30,7; 39,7; 12,8 и 11,6. Количественные их соотношения в частных пробах варьируют в больших пределах. Роль других минералов крайне ограничена за исключением клиноцоизита, который на отдельных участках рудных тел имеет достаточно большое распространение, достигая 7,5 вес. %. Среди рудных минералов в составе руд резко преобладает пирротин над другими основными минералами - арсенопиритом, антимонитом+бертьеритом и пиритом (рис. 3.13). Среднее его содержание на Олимпиадинском участке составляет 2,4 вес.% и на Правобережном участке - 1,8 вес.%. Количество других минералов (среднее, вес.%) соответственно 0,5; 0,2 и 0,15 на первом участке и 0,6; 0,6 и 0,3 - на втором. Остальные рудные минералы, за исключением золота, присутствуют в крайне малых количествах в качестве примесей.

Химический состав руд характеризуется содержанием в качестве главных его компонентов SiO_2 (45,3 вес.% на Олимпиадинском участке и 40,1 вес.% - на Правобережном участке), CaO - 18,6 и 23,1 вес.% и CO_2 - 12,8 и 18,05 вес.% соответственно (рис. 3.14). Из других компонентов в наиболее существенном количестве присутствуют Al_2O_3 (соответственно 7,5 и 6,3 вес.%) и MgO (3,2 и 2,3 вес.%). Пределы колебания содержаний этих компонентов весьма широкие.

Руды имеют преимущественно полосчатую, сланцеватую, плойчатую, а также массивную текстуры, наследующие текстурные особенности вмещающих пород. Характерны, кроме того, различные вкрапленные (тонко-, густо-, неравномерно-), вкрапленно-полосчатые и пятнисто-гнездовые текстуры.

Преобладающее большинство распространенных рудных минералов представлено неравномерной вкрапленностью мельчайших и мелких зерен и редкими прожилками, что свидетельствует о ведущей роли порового механизма переноса и отложения рудного вещества. Общее их количество обычно не превышает 3-5% от массы руд.

Среди названных основных рудных минералов один из наиболее важных рудообразующих - арсенопирит, с которым непосредственно связаны весьма значительные концентрации золота рудных тел. По результатам исследования лабораторных и малых технологических проб среднее его содержание в рудах составляет 0,5% на Олимпиадинс-

Таблица 3.2

Минеральный состав первичных руд Олимпиадинского месторождения

Распространенность	Минералы	
	Нерудные	Рудные
Главные	Кальцит, кварц, мусковит	Арсенопирит, пирротин, антимонит
Второстепенные	Биотит, серицит, хлорит, клиноцоизит	Пирит, бертьерит, золото
Примеси	Железистый доломит (анкерит), клиноцоизит, актинолит, тремолит, диопсид, сфен, плагиоклаз, микроклин, хлоритоид, кордиерит, барит, турмалин, флюорит, углеродистое вещество	Сфалерит, халькопирит, марказит, мельниковит, галенит, бурнонит, джемсонит, висмутин, самородная сурьма, гудмундит, тетраэдрит, ульманнит, киноварь, ауростибит, алабандин, пентландит, молибденит, самородное серебро, виоларит, брейтгауптит, кубанит, валлериит, вольфрамит
Акцессорные	Рутил, анатаз, апатит, турмалин, сфен, циркон, гранат	Магнетит, ильменит, гематит

Рис. 3.12. Содержание нерудных минералов в рудах Олимпиадинского и правобережных участков

Вариации содержания: кварца на Олимпиадинском участке 14-55,5, на Правобережном участке - 11,3-52; карбонатов соответственно 2,8-70 и 2,9-69; слюды - 3,6-30 и 2,4-30; хлорита - сл -2,0 и сл -31.

Рис. 3.13. Содержания рудных минералов в рудах Олимпиадинского и правобережного участков

Вариации содержания: пирротина на Олимпиадинском участке - 0,1-6; на Правобережном - сл - 5,1; арсенопирита - соответственно 0,02-2,0 и 0,01-1,34; антимонита+бертьерита - сл - 0,8 и сл - 1,8.

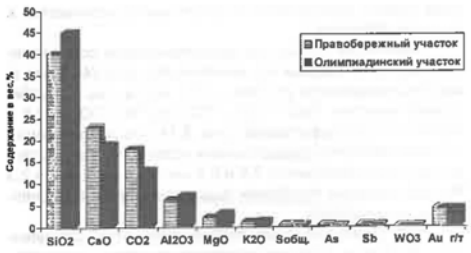


Рис. 3.14. Средний химический состав руд Олимпиадинского и правобережного участков

Вариации содержания (в вес.%): на Олимпиадинском участке - SiO_2 - 17,0-69,2; CaO - 3,4-36; CO_2 - 1,2-33,4; Al_2O_3 - 1,9-13,5; MgO - 1,7-7,7; K_2O - 0,36-3,3; $S_{общ}$ - 0,03-2,62; As - 0,03-0,9; Sb - 0,01-0,6; WO_3 < 0,5; Au - 1,8-8,0 г/т; на Правобережном участке - SiO_2 - 13,8-64,6; CaO - 4,3-40,9; CO_2 - 1,28-31,92; Al_2O_3 - 1,9-15,9; MgO - 0,9-4,7; K_2O - 1,24-3,0; $S_{общ}$ - 0,09-2,01; As - 0,01-0,7; Sb - 0,02-2,8; WO_3 - 0,005-0,014; Au - 1,6-13,4 г/т.

ком участке и 0,8% на Правобережном. Выделяются отдельные участки рудных тел, в которых он достигает 4,5%. Наблюдается тесная прямая корреляция между количеством арсенопирита и содержанием золота. Нейтронно-активационным анализом и количественным рентгено-спектральным микроанализом в арсенопиритах установлены содержания золота от первых до 4700 г/т (Золотые руды ..., 1994).

В распространении арсенопирита не устанавливается отчетливой избирательной приуроченности к отдельным типам метасоматитов. Представлен он преимущественно тонкоигольчатыми и коротко-призматическими вкрапленными зернами размером от первых сотых до десятых долей миллиметров в поперечнике и от десятых долей до 1, редко 2-3 мм в длину. В.А. Лопатин и другие выделяют еще тонкоагрегатную морфологическую его разновидность. В распределении минерала часто замечается ориентированное расположение его вдоль плоскости сланцеватости. Под микроскопом арсенопирит имеет ромбовидную и коротко-призматическую формы и скелетное строение, содержит включения пирротина, иногда рутила и карбоната, нередко обрастаются и прорастаются пирротином, а также в виде реликтов отмечаются в его зернах. В последних случаях арсенопирит обладает отчетливым идиоморфизмом и имеет гипидиоморфнозернистую структуру. Пирротин заполняет в нем также трещины катаклаза. Нередко арсенопирит замещает пирротин. Раскрошенные мелкие его зерна часто концентрируются в прерывистые оторочки вокруг антимонита. К полосам скопления вкрапленных зерен арсенопирита, подчиненным направлению сланцеватости, бывают приурочены кроме пирротина гудмундит, халькопирит, золото.

Для арсенопирита Олимпиадинского месторождения, как показано исследованиями А.Д. Генкина и др. (1994), характерным являются значительные вариации его химического состава. Анализами зерен минерала на электронном зонде выделены две различные по содержанию мышьяка и серы группы арсенопиритов. В арсенопиритах первой группы содержание мышьяка составляет более 44,0 мас.%, а серы не превышает 20,5 мас.%, второй группы - соответственно менее 42,5 мас.% и более 22,5 мас.%. Выделяются арсенопириты с промежуточным соотношением мышьяка и серы. Согласно данным указанных исследователей, содержания мышьяка и серы в изученных арсенопиритах находится в обратной корреляции в отличие от арсенопиритов других месторождений.

Спектральным количественным анализом более 100 мономинеральных проб, выполненных в лаборатории СНИИГГиМСа под руководством А.С. Черевко, в арсенопиритах установлены примеси большой группы элементов (табл. 3.3). Почти постоянно и в значительных количествах в них присутствуют Pb, Sb, Ni, Co, Ti, Mn, Ir и в меньших количествах - Cr, V, Be, La, Nb, Y. Все остальные элементы, приведенные в таблице, отмечаются более редко и большей частью в малых содержаниях. Кроме того, как показывают атомно-абсорбционные анализы, выполненные в СНИИГГиМСе А.Д. Бакуловым, в них содержится Ag и Cu. По полученным В.А. Лопатиным нейтронно-активационным анализам призматическая разновидность арсенопирита характеризуется более высоким содержанием Co (в среднем 1893 г/т), чем тонкоигольчатая (862 г/т). В обеих этих разновидностях обнаружено присутствие W в количестве от 100 до 6376 г/т, обычно 480-1137 г/т. Однако, из данных, полученных А.Д. Генкиным с соавторами (1994), такое различие не обнаруживается.

Пирротин - наиболее распространенный и количественно преобладающий среди рудных минералов, развит не только в рудах, но и за пределами контуров рудных тел в гидротермально измененных в различной степени боковых породах. Содержание его в рудах, по данным исследования малых технологических проб составляет в среднем 2,4 вес.% на Олимпиадинском участке и 1.8 вес.% - на Правобережном. По данным определения химического состава на электронном зонде (Fe - 58,1-59,4; S - 38,5-40,5 мас.%) пирротин относится к моноклинной модификации (Золотые руды..., 1994). В различно проявленных метасоматитах по кварц-карбонат-слюдистым сланцам и мраморизованным известнякам он чаще всего наблюдается в виде равномерной или кучной вкрапленности мелких зерен преимущественно изометричной, короткопризматической и таблитчатой, реже неправильной формы размером от 0,02 до 0,35 мм. Характерны неровные заливообразные контуры зерен. Нередко отмечаются прожилковидные его агрегаты, расположенные параллельно по отношению друг к другу, и различные по размерам гнезда и линзы. В метасоматитах по кварц-слюдисто-углеродистым сланцам пирротин образует неравномерную тонкую вкрапленность, ориентированную в направлении сланцеватости или концентрирующуюся вдоль трещин сланцеватости с образованием чередующихся прерывистых полос мощностью 0.02-0.3 мм. Охотно он развивается по границе линзовидных образований кварц-слюдистого состава. Форма зерен изометричная, редко короткопризматическая или скелетнопризматическая, обусловленная врастками слюды. Размеры их 0,01-0,05, редко до 0,1 мм. В светло-серых и белых слюдисто-карбонатных, реже кварц-слюдисто-углеродистых метасоматитах, содержащих нередко вкрапленность сурьмяных минералов, пирротин образует тонкую вкрапленность зерен короткопризматической, таблитчатой и неправильной форм размером 0,02-0,5 мм, равномерно распределенную в мелкозернистой слюдисто-карбонатной массе и концентрирующуюся в неправильные или прожилковидные скопления с обилием волокнисто-листоватых слюдистых вростков, придающих агрегатам часто скелетный облик. В гранобластовых агрегатах зерна нередко имеют изометричную форму и веретенообразные двойники давления. Во многих случаях пирротин выполняет трещины спайности в слюдистых агрегатах, обусловливая веерообразные или пламеневидные структуры. Для кварцевых жил и линз, кварцевых и карбонат-кварцевых прожилков наиболее характерны выделения пирротина в виде гнезд и прожилков нередко крупных размеров, меньше - вкрапленности зерен, тяготеющие к прожилковым образованиям. Прожилки и гнезда пирротина приурочиваются к границам кварца и хлорита или к микролепидогранобластовым участкам развития игольчатого амфибола, где выполняют промежутки между его зернами, обуславливая своеобразную субграфическую структуру.

Пирротин часто сопровождает арсенопирит. На некоторых участках он развивается между вкрапленностью зерен арсенопирита, иногда образуя срастания с ним. На таких участках зерна пирротина изредка содержат реликты арсенопирита. Отдельные его зерна бывают переполнены включениями арсенопирита. Последний, видимо, усиливает дисульфидизацию пирротина, о чем свидетельствует появление узких оторочек и прерывистых прожилков окисления, состоящих из смешанных продуктов, представленных мельниковит-марказитом и валериитом. Оторочки имеют субмикроскопическую и дисперсную структуры, агрегатную поляризацию. Пирротин выполняет также скелетные метакристаллы арсенопирита. Наблюдается обрастание пирротином арсенопирита с образованием гранобластовых агрегатов. По скрытым трещинам отдельности в пирротине довольно часто наблюдаются тонкие волосовидные вростки пентландита. Значительно реже в нем отмечаются мельчайшие (0,005-0,015 мм) изометричные включения последнего минерала. В ксеноморфном и аллотриоморфном срастании с пирротином встречаются халькопирит, редко вблизи него и в ксеноморфном срастании с ним - пирит. Отдельные агрегаты пирротина обрастают пирит или содержат раскрошенные его зерна. В срастании с пирротином отмечаются также сфалерит, галенит, антимонит. Изредка наблюдаются игольчатые обрастания пирротином джемсонита и самородной сурьмы, а также зернистые вростки пирротина вдоль границы срастания джемсонита и сфалерита. Причем, граница срастания с джемсонитом линейная, а со сфалеритом - извилистая и подчинена последнему.

При анализе приведенных данных достаточно отчетливо выявляется временная разновидность пирротина. Основываясь на изученных его взаимоотношениях с другими минералами, можно выделить с определенной долей вероятности три группы пирротина, одна из которых обнаруживает признаки образования позже пирита, но раньше халькопирита, повидимому, и арсенопирита, другая - близко одновременно или позже арсенопирита и третья - самого позднего отложения, связанная с кварцевыми жилами и прожилками.

По результатам спектрального количественного анализа в составе элементов-примесей в наиболее значимом количестве присутствуют Sb, Ni, Co, Pb, Mo, меньше Sn, Cr, La и другие элементы, относящиеся большей частью к примесям. Атомно-абсорбционным анализом, кроме того, установлены Cu, Ag, а также Au (от тысячных до сотых долей, в единичных пробах до 2,97 г/т). В полученных при разведочных работах данных спектрального анализа содержание золота в пирротине достигает 10-30 г/т. Такое высокое содержание

Таблица 3.3

Содержание элементов примесей в сульфидах (по спектральному количественному анализу, в n*10-3%)

Элементы примеси	Арсенопирит		Пирротин		Пирит		Антимонит
	Олимпиадинское	Правобережное	Олимпиадинское	Правобережное	Олимпиадинское	Правобережное	Олимпиадинское
Pb	13,3(3,4-40)	16,5(11-22)	27,9(0,6-130)	9,48(0,65-32)	10,1(4,4-15)	5,42(0,6-9,0)	119(9-270)
Zn	2,0	-	4,87(2-15)		331(13-650)		12,5(10-15)
Cu*	15	-	105(2-750)	28	45(20-70)	-	19(10-30)
Ag*	1,1	1,19(0,17-0,21)	0,73(0,13-2,40)	0,78(0,11-1,34)	1,35(0,35-3,6)	0,43	1,14(0,5-2,33)
Sb	546,62(77-300)	260(200-320)	179,75(10-300)	126(0-200)	0,10	163(100-230)	> 1,0
Bi	-	-	< 0,6	< 0,65	-	8,0	0,0029
Cr	1,78(0,9-2,1)	2,6(2,4-2,9)	2,22(0,8-4,6)	327(19-7,8)	2,8(1,3-4,0)	3,8(2,4-5,0)	1,2
Mo	4,7(4-5,5)	4,2(3,8-4,5)	11,9(3,6-72)	5,8(3,2-14,0)	26,9(3,8-90)	4,6(4-6,4)	1,6
V	9,8(0,1-1,6)	-	1,5(0,1-4,6)	1,2(0-3,1)	4,4(0,7-12)	0,8(0,1-1,7)	< 0,1
Ti	54,6(21-250)	132,5(85-180)	65,9(1-600)	105,9(2,5-880)	114(31-250)	480(110-1000)	13,1(4,2-22)
Mn	20,4(9-26)	8,6	17,2(1-95)	11,86(0-30)	118(1-30)	8,8(<1-16)	3-1000
Ni	21,3(10-65)	100(100-120)	54,7(6,5-100)	76,3(25-140)	13,1(6-22)	41,25(11-72)	7(4-9)
Co	91,7(16-120)	> 100	25,3(1-65)	36,9(4,9-130)	28,6(19-34)	46(17-76)	8(0,5-17)
Sn	2,5(0,2-4,0)	5,0	6,75(5,8-8,5)	6,65(5,8-9,0)	4,7(4,6-5,0)	5,45(4,8-5,7)	2,7(15-4)
Be	0,79(0,15-1,3)	0,15(0,075-0,24)	0,42(0,1-0,5)	0,54(0-0,7)	0,38(0,15-0,86)	0,18(0,1-0,31)	0,29(0,23-0,35)
La	4,8(3-7,2)	7(4-10)	5,6(0,48-25)	5,3(0-8,2)	5,9(1,8-11)	3,2(0-7,2)	1,0
Sc	0,33(0,17-0,59)	0,8	0,33(0,1-0,7)	0,69(0-1,8)	0,62(0,14-1,1)	0,83(0,57-1,1)	-
Ir	14,8(10-28)	23,5(19-28)	9,92(1,5-1,7)	4,13(<1-13,0)	7,4(3,3-12)	27,2(8-43)	3,6(3,3-3,9)
Nb	2,95(0,72-10)	6,9(2,8-11)	3,93(0,32-10)	5,72(2,5-9,0)	7,9(0,8-12)	9,9(6-21)	6,1(4,2-8)
Y	1,77(1,5-2,0)	3,0(2,7-3,3)	1,5(0,1-3,5)	1,88(<0,1-5,7)	2,1(1,4-2,6)	2,5(2,0-3,9)	1,1(1,0-1,2)
Yb	0,4	0,49(0,44-0,55)	0,3(0,1-0,58)	-	0,5(0,4-0,6)	0,5(0,4-0,69)	0,2(0,18-0,22)

* по атомно-абсорбционному анализу; содержание Ag в г/т.

золота В.А. Лопатин и другие считают обусловленным примесью в минерале либо кварца, либо арсенопирита, что не противоречит данным атомно-абсорбционных определений.

Антимонит и бертьерит. Сурьмяная минерализация в отличие от арсенопирит-пирротиновой минерализации имеет более локальное распространение, обнаруживая отчетливую тенденцию пространственного обособления. Локализуясь в пределах единых рудных участков, эти минерализации обычно сопряжены друг с другом и лишь изредка наблюдается частичное их совмещение. Такое пространственное обособление связывается с дифференциацией рудного вещества в период формирования руд и кристаллизацией минералов из высококонцентрированных растворов в открытых полостях (Кормилицын, 1966).

Рассматриваемые сурьмяные минералы относятся к числу поздних образований, наблюдаются в виде значительных по мощности (3-5 см) прожилков, гнезд, мелких вкрапленных кристаллов и пленочных дендритовидных выделений на плоскостях трещин, а также обильных метасоматических образований в зонах дробления и смятия, сопровождаемых жильным кварцем и кальцитом. Чаще всего они развиваются в слюдисто-карбонатных метасоматитах и карбонатных прожилках, реже в кварц-карбонатных и кварцевых прожилках. Приуроченность их к прожилкам, в которых минералы сурьмы рассредоточены в массе карбоната, свидетельствует о том, что сурьма и кальций были привнесены в трещины в составе одной порции рудоносных растворов. Под микроскопом для форм выделений антимонита и бертьерита обычны агрегаты, таблитчато-листоватые индивиды и вкрапленные неправильные и листоватые зерна с занозистыми неровными контурами, иногда секущими полосчатость и сланцеватость. Размер зерен колеблется преимущественно в пределах от 0,03 до 0,65 мм. В центре отдельных зерен антимонита и между ними отмечаются линзовидные скопления тонкоигольчатого джемсонита размером 0,1х0,03 мм, в редких зернах фиксируются мелкие изометричные реликты арсенопирита и включения самородной сурьмы. В наблюдающихся изредка срастаниях антимонита с пирротином, он явно ксеноморфнее последнего. Бертьерит цементирует арсенопирит и содержит изометричные вростки джемсонита и самородного серебра. Спектральным количественным анализом в антимоните установлены существенные примеси свинца, меньше цинка и меди и в очень незначительном количестве кобальта, никеля, ниобия и др.

Джемсонит и гудмундит встречаются нечасто. Первый наблюдается в виде редкой вкрапленности зерен размером до 0,08 мм в слюдисто-карбонатных метасоматитах и вкрапленных зерен пластинчатой формы размером от 0,075 до 0,3х0,8 мм с занозистыми неровными окончаниями в прожилках кварца. В отдельных зернах развиты простые двойники и удлиненные вростки бертьерита, нередки обрастания вкрапленных зерен джемсонита игольчатыми индивидами пирротина или более идиоморфные срастания его с самородной сурьмой. Отмечаются также срастания агрегата джемсонита с гудмундитом.

Для гудмундита характерны хорошо образованные удлиненные призматические и ромбовидные кристаллы размером от 0,05 до первых миллиметров, внешне похожие на арсенопирит и отличающиеся от него по оптическим свойствам - интенсивному кремово-розовому оттенку, отчетливому двуотражению, цветной анизотропии и более низкому рельефу. Иногда он образует агрегаты размером до 0,35х0,4 мм с неровными заливообразными контурами, зажатые между прерывистыми скоплениями джемсонита. Обычна ассоциация гудмундита с антимонитом и бертьеритом, нередко он развивается по краям зерен пирротина, по-видимому, как реакционный минерал, образует субграфические срастания с пирротином.

Самородная сурьма наблюдается спорадически в виде оригинальных шаровидных сгустков совместно с другими минералами сурьмы среди карбонатных и кварц-карбонатных гнезд и прожилков, а также микроскопических вкраплений, иногда очень обильных, в антимоните и бертьерите. Размер отдельных ее выделений колеблется в пределах 0,002-0,1 мм, достигая иногда 0,4 мм. Отмечаются как обособленные сгустки, так и кучные обособления, обычно смыкающиеся между собой и группирующиеся в своеобразные четковидные цепочки. Центры сгустковых выделений достаточно плотные, краевые части их, напротив, пористые и поэтому содержат нередко мелкие включения пирротина, бертьерита и необычного железо-медно-сурьмяного минерала X, содержащего в своем составе по определениям на микроанализаторе «Camebax - Mikro» (в %): Fe - 21,66; S - 24,92; As - 0,12; Sb - 30,02; Cu - 23,90 (Гамянин, Ли и др., 1985). Очень характерно нарастание на сгустки самородной сурьмы пластинчатых кристаллов пирротина и их сростков. В составе самородной сурьмы в пределах чувствительности микрозондового анализа, кроме существенной примеси As (0,88%) и меньшей Fe (0,09%), других элементов не установлено.

В тесном парагенезисе с самородной сурьмой находится соединение сурьмы - ауростибит, который образует мелкие (до 0,07 мм) неправильные выделения, а изредка обособленные кристаллики, имеющие в срезе гексагональные очертания. По микрозондовому анализу он имеет следующий состав (в %): Sb - 55,53; Au - 43,84; As - 0,43. Как и в случае с самородной сурьмой, ауростибит тесно ассоциирует с бертьеритом, пластинчатым пирротином и халькопиритом.

Кроме ауростибита в парагенезисе с самородной сурьмой обнаружены еще два минерала - ульманнит, находящийся в виде включений в гудмундите и алабандин, образующий рассеянную вкрапленность мелких кристалликов в кальците. В составе ульманнита определены Sb - 56,46; Ni - 27,89; S - 14,55; As - 0,46; Fe - 0,10%, а алабандина - Mn - 58,70; S - 38,90; Fe - 2,14%. Оба минерала в какой-то мере отражают восстановительные условия минералообразующей среды.

Пирит присутствует в рудах в качестве незначительной примеси. Среднее его содержание не превышает первых десятых долей процента. Как и пирротин, он распространен также за пределами рудных зон. Выделения пирита имеют кубический, октаэдрический, пентагондодекаэдрический габитус, сложные комбинированные формы, а также встречаются неправильные вкрапленные образования, полосовидные скопления мелкозернистого агрегата и др. Полностью развившихся правильных кристаллов в рудах мало. В плоскости полированного шлифа короткопризматические, изометричные и квадратные зерна имеют преимущественно ровные, четкие, иногда слегка корродированные контуры, содержат обильные микровключения нерудных минералов и очень редко пирротина. В отдельных среди них улавливаются прежние границы и широкая регенерационная оторочка, являющаяся характерной для минералов, претерпевших перекристаллизацию в твердом состоянии. В редких случаях пирит встречается в виде идиоморфных включений вдоль границы агрегатов пирротина. Метазерна пирита с обильными микровключениями обычны для слюдисто-карбонатных метасоматитов, в которых они кучно располагаются в грано бластовых полосах кварц-карбонатного состава. В существенно карбонатных метасоматитах наблюдаются ноздреватые зерна пирита почти квадратной формы, которые концентрируются

в прерывистые прожилки и образуют изометричные агрегаты. Вдоль границы одного из агрегатов отмечен удлиненный (0,04х0,01 мм) вросток сфалерита.

Халькопирит имеет небольшое распространение. В преобладающей массе он встречается в виде ксеноморфных и аллотриоморфных срастаний с пирротином (рис. 35, 36), мелких неправильных ксеноморфных вростков в нем, реже - редкой вкрапленности изометричной формы с резко неровными контурами в нерудной массе вблизи пирротина или вне связи с ним, размером до 0,2 мм, и гнездовых скоплений неправильной формы. Довольно часто халькопирит обрастает пирротин в виде прерывистых оторочек мощностью до 0,01 мм. Иногда в таких халькопирит-пирротиновых агрегатах встречаются раскрошенные реликты арсенопирита. Отмечаются также зерна халькопирита, зажатые между идиоморфными выделениями последнего. Форма их изометричная, но с резко неровными контурами, подчиненными идиоморфным зернам арсенопирита. Наблюдаются единичные срастания халькопирита со сфалеритом, оторочки его вокруг пирита и ксеноморфные выделения между зернами сфалерита.

В кварцевых прожилках халькопирит развивается вокруг агрегатов пирротина в виде тонких (до 0,1 мм) прерывистых прожилков, образуя изредка непосредственные срастания с ним. Последние чаще всего приурочены к границам кварца и хлорита.

Сфалерит - мало распространенный минерал, представлен разновидностями близким к клейофану и марматитом. Первый встречается в виде тонкой (до 0,07 мм) вкрапленности и исключительно редко, почти всегда в срастании с халькопиритом. В карбонате он обнаружен в виде сгустка эмульсионной вкрапленности. Марматит отмечается чаще, чем клейофан и связан в своем развитии преимущественно с пирротином, в котором образует вростки или включения изометричной формы иногда с корродированными контурами, обладает характерным густым красно-бурым рефлексом. Размер его выделений 0,01-0,15 мм. В светло-серых слюдисто-карбонатных метасоматитах вростки сфалерита в пирротине нередко более идиоморфные по форме и по отношению к пирротину, в кварцевых прожилках и линзах они характеризуются удлиненной формой (0,01х0,8 мм) и подчинены контурам пирротина. Вростки сфалерита часто располагаются вдоль границы пирротина, иногда между его агрегатами. Наблюдаются случаи, когда они залечивают кучно расположенные метакристаллы арсенопирита в агрегате пирротина. При большом увеличении в сфалерите отмечаются эмульсионные включения халькопирита. Отмечены случаи нахождения сфалерита между зернами пирита, но срастаний с ним не обнаружено.

За контурами рудных тел сфалерит встречается в виде вкрапленных зерен размером в пределах 0,05-0,12 мм, имеющих иногда удлиненную форму (0,07х0,05 мм) и слабо корродированные контуры. Отмечаются скопления его зерен размером 0.2х0.15 мм.

Галенит встречается в рудах очень редко, образует срастания с пирротином и вростки в нем, иногда оторочки вокруг него шириной до 0,02 мм. Форма выделений преимущественно изометричная с довольно ровными контурами размером до 0,003 мм. Отмечаются его выделения квадратной формы на границе пирротина с карбонатом.

Шеелит на месторождении отмечается довольно часто. Его распространение, как показали недавние исследования В.Ю. Прокофьева с соавторами (1994) и З.Б. Афанасьевой, Г.Ф. Ивановой и других (1995), имеет заметно выраженный локальный характер и связано преимущественно со следующими тремя группами пород: скарноидами, углеродистыми серицит-кварцевыми метасоматитами и слюдисто-кварц-карбонатными, существенно карбонатными метасоматитами и слабо скарнированными известняками. Нашими исследованиями наряду с перечисленными установлено его присутствие в составе ранних незолотоносных и слабо золотоносных минеральных ассоциаций – тремолитовой, грейзеновой, вольфрамит-кварцевой, арсенопирит-турмалин-кварцевой и малосульфидной пирит-арсенопирит-кварцевой, довольно широко развитых и характерно представленных на рудопроявлениях западной части рудного поля.

Наиболее характерные формы выделений шеелита – мелкая и тонкая неравномерная послойная вкрапленность с размером кристаллов от 10-200 мкм до 1 мм. В карбонатных метасоматитах нередки кристаллы размеров до 2-3 см. В послойных скоплениях шеелита среди скарноидов обычны его срастания с кварцем, гранатом, цоизитом, сфеном и сульфидами – пирротином и арсенопиритом. Пятнистые выделения шеелита обычно бывают связаны с гнездообразными образованиями кварца. В углеродистых метасоматитах наряду с мелкой вкрапленностью шеелита отмечаются тонкие прожилки кварц-шеелитового или кварц-карбонат-шеелитового состава. В них наблюдаются кристаллы шеелита, имеющие зональное строение. С гнездами кварц-шеелитового состава часто связаны наиболее крупные кристаллы шеелита размером до первых сантиметров.

Представлен шеелит двумя генерациями: первичной и переотложенной. В рудах первичный шеелит чаще всего ассоциирует с кварцем, кальцитом, пирротином, арсенопиритом, цоизитом. Под микроскопом он наблюдается в кварц-слюдисто-карбонатных метасоматитах вместе с тонкоигольчатым арсенопиритом, а также в составе ранней кварц-пирит-арсенопиритовой с турмалином минерализации. Температуры его образования по результатам изучения флюидных включений оцениваются в 370-410°С (Афанасьева и др., 1995). Переотложенный шеелит отличается кавернозным обликом. Пустоты в нем заполнены землистыми массами, содержащими зерна кварца и чешуйки слюды, а также смесь оксидов сурьмы и железа. Ассоциирует он с оксидной сурьмяной минерализацией. Под микроскопом обычны тончайшие прорастания его зерен тонкоигольчатыми кристаллами минералов сурьмы. Температура образования этого шеелита составляет ~ 200°С. В шеелите обеих генераций обнаружено присутствие малых содержаний золота от 0,02 до 0,39 г/т.

По результатам исследования технологических проб шеелит слабо концентрируется в гравитационных концентратах. Исходя из этого, В.А. Лопатин и другие считают, что преобладающая масса шеелита в рудах находится в виде тонких зерен. Его содержание в них на гравиоконцентрат колеблется в пределах 0,3-6,13 %, составляя в среднем 2,92 % (Бернатонис, 1999). Среднее содержание вольфрама в первичных рудах составляет 55,8 г/т, в окисленных рудах оно возрастает до 543,4 г/т, что связывается совмещением с участками богатой первичной шеелитовой минерализации.

Самородное золото имеет довольно широкое распространение. В главной своей массе оно весьма тонкое, соответствующее тонкодисперсному и пылевидному классам крупности по классификации Н.В. Петровской (1973). Большинство встреченных нами в полированных шлифах выделений золота имеет размеры в тысячные и сотые доли миллиметра в поперечнике, редко более. Лишь очень редкие золотинки достигают размеров от первых десятков долей до одного миллиметра.

Выделения золота наблюдаются обычно в виде обособленных единичных зерен или их групп и кучных скоплений в ассоциации с различными рудными и нерудными

минералами. Форма зерен преимущественно неправильная, изометричная с ровными и занозистыми контурами, удлиненно-элипсоидальная, удлиненная, реже пластинчатая и прожилковидная. Отмечаются также выделения золота в форме кристаллов. В.А. Лопатиным и другими обнаружены губчатые скопления золота в антимоните или тончайшие губчатые его выделения в смеси с оксидами сурьмы в каймах гипергенного разложения ауростибита. Наиболее часто золото локализуется на участках и полосах рудного тела, содержащих густую вкрапленность арсенопирита, вблизи или между дроблеными зернами последнего, и на границе кристаллов арсенопирита с породой или с выделениями пирротина. Нередки срастания его с арсенопиритом, в котором он образует весьма тонкие (0,007 мм и меньше) вростки или выполняет промежутки между параллельно ориентированными призматическими его индивидами. Довольно часто золото проникает в арсенопирит по развитым в нем трещинкам. Значительно реже золото отмечается в пирротине и в сурьмяных и сурьму содержащих минералах - антимоните, бертьерите, гудмундите, а также в виде тончайших включений изометричной и пластинчатой формы размером до 0,02х0,025 мм в пирите и в микрогранобластовом кварце, пропитывающем основную массу породы. Для включений золота в пирротине характерны ровные, сглаженные, нередко овальные контуры и субмикроскопические размеры, не превышающие 0,0075 мм. Редкие выделения золота наблюдались нами в кальците.

При технологическом исследовании двух полупромышленных проб руд, по полученным В.А. Лопатиным и другими данным, золото обнаружено в сочетании с арсенопиритом - 35% (от количества зафиксированных зерен), с кварцем - 40%, с пиритом и марказитом - 15%, с антимонитом и другими минералами сурьмы - 5%, с пирротином и карбонатами - 5%. Размеры и форма выделений золота, полученных из этих минералов, заметно различаются; из кварца и арсенопирита они более крупные и неправильного облика, из пирита и пирротина - более мелкие, из ауростибита - тонкие и округлые.

Изучение размерности золота оптическим методом с подсчетом зерен в шлифах выявило следующее его распределение по классам крупности (в мас.%): +0,07 мм - 8,5; -0,07 +0,05 мм - 31,5; -0,05 +0,02 мм - 28,0; -0.02 мм - 32,0. Проведенное препарирование золота позволило установить, что большая его часть (60%) имеет каплевидную форму, остальные - неправильную (23%) и чешуйчатую (17%), и эти различные формы, по данным В.А. Лопатина, находятся в прямой зависимости от морфологии вмещающих полостей и трещин.

По результатам микрорентгеноспектрального анализа весьма отчетливо устанавливаются две генерации золота: ранняя, высокопробная и весьма высокопробная (910-997), составляет главную массу скоплений в рудах и связана с золото-пирротин-арсенопиритовой продуктивной минеральной ассоциацией; поздняя, низкопробная (647-757), связана с кальцитом, сопровождающим золото-бертьерит-антимонитовую продуктивную минеральную ассоциацию. Важная геохимическая особенность золота ранней генерации - повышенное и высокое содержание ртути (от 0,20 до 5,48%), поздней генерации - очень высокое содержание ртути (от 8,89 до 12,91%) и относительно высокое - серебра (15-22%). В губчатом золоте - продукте разложения ауростибита сколько-нибудь значимых содержаний примесей не обнаружено.

Результаты фазового анализа руды, выполненные А.Н. Никулиным, В.А. Файкиным и другими, свидетельствуют о том, что основная масса золота (30-49%) связана с сульфидами, а содержание свободного золота, даже при весьма тонком измельчении, колеблется в пределах 8-27%. Остальное количество золота (от 2,5 до 6,1%) находится в сростках с кварцем. По данным же рационального анализа руд в лабораториях ЦНИГРИ и Иргиредмета количество золота, связанного с сульфидами (в основном, с арсенопиритом), колеблется в разных технологических пробах от 4,9 до 52,4%, доля же свободного, наиболее крупного золота, извлекаемого амальгамацией, - от 4,8 до 27,5%, золота, заключенного в кварце, - от 2,0 до 7,1%. Остальная часть золота находится, в основном, в виде вростков с сульфидами, незначительное количество - в состоянии тонкого распыления в породе и в жильных минералах.

Как показывают результаты атомно-абсорбционного и нейтронно-активационного анализов, выполненных в лаборатории ЦНИГРИ, наиболее высоким содержанием субмикроскопического золота отличается тонкоигольчатый арсенопирит, в котором оно в среднем составляет 324,8 г/т на Олимпиадинском участке и 376,2 г/т на Правобережном при вариациях соответственно 103-955 г/т и 19,9-1843 г/т. В грубопризматическом арсенопирите содержание золота существенно ниже - соответственно 4,9 г/т (при вариации в пределах 0,4-13,5 г/т) и 29,4 г/т (1,8-148 г/т). В пирротине оно составляет соответственно 7,8 г/т (0,12-28,7 г/т) и 9,4 г/т (0,03-69,8 г/т), в пирите среднее по месторождению 9,7 г/т (0,03-78 г/т) и в антимоните - 3,1 г/т (0,05-200 г/т).

По нейтронно-активационным анализам, выполненным А.Д. Генкиным и другими, золото в равной мере присутствует как в тонкоигольчатом, так и в призматическом кристаллах арсенопирита, достигая в отдельных пробах более 2000 г/т, и его содержание не зависит от их габитуса. Наблюдающееся крайне неравномерное распределение золота в арсенопирите, по их мнению, обусловлено либо различным его содержанием в растворах, из которых кристаллизовался сульфид, либо более поздним поступлением обогащенных золотом растворов и их воздействием на некоторые зерна арсенопирита. Эти же исследования показали, что содержание золота в пирротине и пирите, как правило, приблизительно на два порядка ниже, чем арсенопирите. Изучение распределения золота в зернах арсенопирита на электронном зонде позволило установить, что оно концентрируется в кристаллах, главным образом, в периферических их участках.

Окисленные руды коры выветривания представляют собой окрашенный в различные тона (преимущественно бурые, палевые, оранжево-желтые, красноватые, темно-серые) контрастно обособленный, в соответствии с составом первичных руд и деталями режима гипергенеза, структурный элювий различной плотности, состоящий (по исследованиям С.В. Яблоковой и др., 1986), в основном, из кварца (65-80%), остаточного породообразующего и наложенного прожилкового, гидратизированных калиевых слюд (14-35%), небольших количеств глинистых минералов (6%) (в основном, гидрослюды, меньшего количества монтмориллонита и примеси каолинита) и рудных, главным образом, гидроокислов железа - гетита и гидрогематита (до 7%). В количестве менее 1% присутствуют оксиды марганца и сурьмы. В таблице 3.4 приведен общий список минералов, обнаруженных в окисленных рудах (по данным С.В. Яблоковой и др.).

Многие из перечисленных минералов наблюдались нами при изучении окисленных руд еще в первые годы геологоразведочных работ на месторождении. Приведем краткую характеристику некоторых минералов по наблюдениям под микроскопом. Кварц образует изометричные зерна средне- и крупноалевритовой размерности. Серицит и мусковит (политип 2 M_1) подвержены гидратации. Биотит несет признаки гидратации, ожелезнения, хлоритизации

Таблица 3.4

Минеральный состав окисленных руд

Распространенность	Минералы	
	Рудные	Нерудные
1. Новообразования коры выветривания		
Основные	Гидроокислы железа, гидроокислы марганца	Гидрослюда
Второстепенные	Гематит, сервантит, валентинит, биндгеймит, гидрорамеит, стибиконит	Монтмориллонит
Примеси	Скородит, церуссит, англезит, глет, трипунгинт, тунгстит, цезаролит	Каолинит, кварц
2. Остаточные породо- и рудообразующие минералы		
Основные		Кварц, мусковит, серицит, биотит
Второстепенные	Шеелит, киноварь	Гранат, магнетит
Примеси	Галенит, пирит, сфалерит, арсенопирит, антимонит, халькопирит, цинкистая медь, самородный алюминий, барит, самородное золото, самородная медь	Лейкоксен, сфен, кианит, турмалин, апатит, корунд, анатаз, муассанит, андалузит, ставролит, хлоритоид, хлорит, полевые шпаты, кальцит, графит

(?), снижения двупреломления. Хлорит практически бесцветный с тусклыми серыми тонами интерференционной окраски. Каолинит распространен неравномерно, но присутствует постоянно в виде мелких линзо- и лепешковидных, штриховых обособлений, тонких прожилков белого цвета; развивается, главным образом, за счет слюд, типовые размеры чешуек 0,01-0,016 мм. Турмалин светлый, зеленый, зелено-коричневый, встречается постоянно. Спорадически фиксируется парагонит. Псевдоморфозы гидроокислов железа по сульфидам обычны и т.д.

Исследованиями Н.Б. Сергеева и др. (1993), кроме названных в таблице минералов, в окисленных рудах месторождения впервые обнаружен в небольших количествах редкий вольфрамсодержащий гидроромеит. Данный минерал встречен в верхних горизонтах коры выветривания в составе гипергенной сурьмяной прожилковой минерализации в тесной ассоциации с трипуиитом, тунгститом и золотом. Обычные формы его выделения - отдельные глобули, натечные почковидные образования, плотные скрытокристаллические, полупрозрачные, а также изометричные агрегаты размером до 3 мм. Они имеют белую, светло-желтую, реже зеленоватую или голубую окраску.

Окисленные руды являются образованиями линейной коры выветривания, приурочены к зоне тектонического контакта кварц-карбонат-слюдистых и углеродистых кварц-слюдистых сланцев. Наиболее интенсивно они развиты на Правобережном участке, где они локализованы в замковой части антиклинали, в ее периклинальном замыкании, рассекающейся серией крутопадающих разломов и отличающейся повышенной трещиноватостью, и достигают глубины 400 м от поверхности. Представлена кора выветривания, в основном, (60-85%) рыхлым тонкозернистым глинисто-алевритовым материалом, содержащим дресву и редко щебень пород, отличается от материнских пород более низкой плотностью (1,84-2,27г/см³, среднее 2,04 г/см³ против 2,70-2,94 г/см³) и высокой пористостью (23,7-55% против 0,35-4,32%). Гранулометрический их состав характеризуется в среднем следующим распределением классов крупности: +5 мм - 7,2%; -5 +2 мм - 4,0%; -2,0 +0,6 мм - 7,0%; -0,6 +0,2 мм - 2,5%; -0,2 - 79,3%. В.С. Яблокова и др., (1986) выделяют три зоны неполного профиля выветривания:

1. начального разложения пород (дезинтеграции, начального выщелачивания и гидратации), в которой происходит выщелачивание карбоната и частичное окисление сульфидов, и породы превращены в щебенистые алевриты, содержащие 20-70% обломков;

2. выщелачивания и гидратации, в которой получает развитие пелитовая фракция (гидрослюды, монтмориллонит, каолинит), сульфиды полностью окисляются, а содержание обломков уменьшается до 10-40%;

3. гидролиза, в котором сульфиды целиком выщелочены и лишь в бескарбонатных породах сохраняется 10-20% обломков.

Образующиеся в результате выветривания глинистые и песчанистые алевриты, по существу, мало различаются по гранулометрическому составу. Крупные обломки жильного кварца и реликты выщелоченных кварцевых метасоматитов распространены неравномерно и составляют в руде не более 3-12%.

Количество глинистых минералов в рудах не превышает 6%. В ненарушенном залегании в окисленных рудах сохраняются текстурно-структурные особенности первичных руд, остаются неизменными их первоначальные границы. Процессы окисления приводят лишь к изменению вещественного состава и физических свойств руд.

Разложение и выщелачивание нерудных и рудных минералов сопровождалось выносом существенной массы породообразующих компонентов - карбонатного вещества, глинозема, окиси магния, окиси калия, кремнезема и других, что обусловило значительное упрощение химического состава окисленных руд. По результатам исследования лабораторных и малых технологических проб, руды состоят, главным образом, из SiO_2 (74-81 вес.%), в небольших количествах присутствуют Al_2O_3 (7-10 вес.%) и Fe_2O_3 (2-7 вес.%). Содержание всех других компонентов (CaO, CO_2, $S_{общ}$ и др.), большей частью, весьма незначительное.

Золото в окисленных рудах наблюдается в виде пылевидных и тонкодисперсных выделений размером 0.001-0.05 мм. Как показали исследования А.Г. Генкина и других, большая его часть (78,3-92,1 отн.%) связана с гидроксидами железа и с труднорастворимыми оксидами сурьмы. В гидроксидах железа, как свидетельствуют данные С.В. Яблоковой и других, выделения золота связаны с сегрегацией и укрупнением ультратонкодисперсных его частиц из первичных сульфидов. С оксидами сурьмы обычны его теснейшие срастания. В глинистых продуктах выветривания частицы золота, размером в сотые доли микрометра, сорбируются на дефектных кристаллах гидрослюды.

Более крупное золото (0,1-0,25 мм) составляет в рудах 5-10%. Выделяются два генетических его типа: остаточное первичное и гипергенное вторичное. С.В. Яблокова различает две разновидности остаточного золота: высокопробную (982-1000) комковидной, изометричной формы, монокристальную или двойникового строения, содержащую почти постоянно примесь ртути (0,16-0,56%); высоко-среднепробную массивную комковидной формы, неоднородного строения, с высоким содержанием ртути (до 9,5%) и серебра (до 5,99%). К этой же разновидности относятся губчатые выделения золота, высвобождающиеся при окислении минералов антимонит-бертьеритовой ассоциации, в которых они образуют мельчайшие включения и прожилки.

Второй генетический тип – гипергенное вторичное золото встречается на месторождении не часто и приурочено, в основном, к участкам инфильтрационного скопления гидроокислов железа, марганца и сурьмяных минералов

в верхней части Главного рудного тела. Оно представлено тонкогубчатыми, пленочными, сгустковыми выделениями пористой, агрегатной текстуры, образует срастания с названными оксидами, благодаря которым приобретает буровато-коричневый цвет или светлый буроватый оттенок. По сведениям А.Д. Генкина и других вторичное золото часто встречается в парагенетической ассоциации с трипугиитом как в виде глобулярных выделений, так и пластинчатых образований. Для первых характерны гладкая поверхность, шаровидная, реже эллипсовидная форма. Размер их варьирует от 0.3 до 4 мкм, преобладают золотины 1-2 мкм в поперечнике. Пластинчатым кристаллам свойственен полигональный, реже гексагональный габитус, имеют размер 5-15 мкм. Обычно они представляют сростки более мелких индивидов 1-3 мкм. Кристаллы обычно бывают рассеяны в массе трипугиита или концентрируются в отдельных прослоях зональных почек этого оксида.

Менее часто новообразованное золото тесно ассоциирует с натечными выделениями гидроромеита, выполняющими, как и трипугиит, трещины в массе выветрелых метасоматитов. В нем включения самородного золота распределены неравномерно, представлены дендритовидными крючковатыми и изометричными частицами размером 1-10 мкм.

Исходя их характера наблюдающихся под микроскопом субграфических срастаний собственно золотых эмульсионных, глобулярных, нитевидных, петельчатых выделений с оксидами железа и сурьмы, С.В. Яблокова считает, что вторичное золото образовалось в результате разложения золотосодержащих тонкоигольчатого арсенопирита и ауростибита при вероятном широком участии коллоидных фаз в минералообразовании. Оно отличается от первичного золота более высокой пробой (более 980) и отсутствием примеси ртути. Качественным энергодисперсионным анализом в его составе не выявлены примеси других элементов (Золотые руды ..., 1994).

Для выяснения масштабов гипергенной миграции золота по результатам кернового опробования разведочных скважин построен план изолиний равных содержаний по Главному рудному телу в слоях мощностью 10 м, расположенных выше и ниже подошвы окисленных руд. Анализ плана, совмещенного с изолиниями рельефа подошвы зоны окисления, свидетельствует о сложном характере распределения металла. Как видно из него, внешний контур окисленных руд, повторяя в целом очертания первичных руд, распространяется шире. Основные рудные столбы весьма очевидно прослеживаются из первичных руд в окисленные. Участки резкого обогащения золотом в окисленных рудах прилегают к рудным столбам, смещаясь от них на расстояние от 30 до 80 м как вниз, так и верх по рельефу подошвы зоны окисления вдоль основных трещинных зон северо-восточного и близмеридионального направления. При этом, обращает на себя внимание приуроченность большинства оторванных обогащенных участков окисленных руд к периферии рудного тела, где они располагаются на склонах рельефа подошвы, тяготея к поперечным ложбинам, и отсутствуют в наиболее углубленной части. Это приводит к мысли, о возможности дополнительного гипергенного привноса золота нисходящими метеорными водами из выщелачиваемых метасоматически измененных пород. Результаты эксплуатационного разведочного бурения по горизонтам отработки подтверждают наличие обедненной золотом прерывистой зоны, окаймляющей рудное тело.

Из приведенных данных участие гипергенного золота в обогащении окисленных руд представляется достаточно очевидным, но масштабы этого обогащения являются, по-видимому, не столь значительны.

Гидротермально-метасоматические преобразования пород рудовмещающей толщи

Породы рудовмещающей толщи рудного поля в процессе формирования оруденения претерпели неравномерные контактово-метаморфические площадные и локальные метасоматические преобразования, которые проявились весьма разнообразно, будучи связанными с разнородными процессами, и в некоторых случаях своеобразно. Эти преобразования происходили на общем фоне регионального метаморфизма, преимущественно эпидот-амфиболитовой фации. Переход от разнопроявленных метасоматических пород к регионально метаморфизованным породам, обычно, постепенный.

Породы, не подвергшиеся или слабо затронутые метасоматическим преобразованиям. Для кварц-слюдистых сланцев наиболее характерными являются парагенезисы, состоящие из кварца, биотита, мусковита и граната при широких вариациях количественного их соотношения. В зависимости от преобладания того или иного минерала выделяются существенно кварцевые и слюдяные (биотитовые, мусковитовые, двуслюдяные) разности с порфиробластами граната или без него. Изредка в породах присутствует небольшое количество альбита. Вблизи контакта с кварц-карбонат-слюдистыми сланцами в составе кварц-слюдистых сланцев появляются карбонат (3-5%), клиноцоизит, редко роговая обманка. Отмечаются разности сланцев с андалузитом.

Гранат в сланцах представлен идиобластическими зернами однородного строения с гранями додекаэдра. Он окрашен в розовый цвет (в шлифе бесцветный, буроватый), изотропный, относится к группе пиральспитов с преобладанием, по-видимому, альмандиновой молекулы (N = 1,765). Порфиробласты андалузита имеют близкую к призматической форму, содержат массу включений кварца, замещены тонкочешуйчатым серицит-мусковитовым материалом. Биотит представлен зелено-коричневой разностью, плеохроирующей до светло-желтого по N_p ($N_g = N_m = 1,652 \pm 0,002$). Его чешуйки имеют размер от 0,05 до 0,5 мм, обычно ориентированы по направлению сланцеватости.

Кварц-карбонат-слюдистые сланцы в отличие от кварц-слюдистых постоянно содержат в своем составе карбонат и часто клиноцоизит. Количественные соотношения основных породообразующих минералов определяются следующими содержаниями (%): кварц - 20-40; карбонат - 30-60; биотит - 10-20; мусковит - 5-15; клиноцоизит - 0-15; гранат - от единичных зерен до 10-15; хлорит - до 10. Карбонат представлен, в основном, кальцитом, лишь в небольшом количестве и не повсеместно присутствует доломит в качестве примеси. В большинстве случаев биотит зеленовато-коричневый, оливковый, реже встречается густо-коричневый с резким плеохроизмом (с $N_g = N_m$ = 1,659-1,662). Отмечается и более магнезиальная светло-коричневая его разность. Нередко наблюдается замещение биотита хлоритом с выделением игольчатых кристаллов сагенита. Клиноцоизит образует мелкие зерна обычно неправильной овально-призматической, близкой к изометричной формы, размером 0.05 - 0.1 мм, имеет свойственную ему аномальную интерференционную окраску и характеризуется следующими кристаллооптическими константами: N_g = 1,712± 0,002; N_p = 1,707 0,002; N_g-N_p = 0,005; 2V=+80, t<V.

Гранат развит в форме округлых, эллипсоидальных зерен размером от 0,3 до 2-3 см в поперечнике, с неровными изъеденными краями. Характерно ситовидное строение зерен с массой включений кварца, карбоната, биотита, захваченных в процессе их роста. Под микроскопом гранат бесцветный (N = 1,783 -1,792).

Кварц-слюдисто-углеродистые сланцы состоят из тонкочешуйчатого агрегата мусковита, хлорита, переменного количества кварца и тонкодисперсного углеродистого вещества. Изредка отмечаются мелкие порфиробласты, видимо, граната, нацело замещенные хлоритом и гидроокислами железа, и псевдоморфозы по андалузиту (?), выполненные серицитом.

Породы, подвергшиеся ранним контактово-метасоматическим преобразованиям. Наиболее ранние преобразования пород наложенными процессами относятся ко времени начала формирования рудного поля и связаны со становлением гранитоидной интрузии. Термальное ее воздействие обусловило неравномерную на площади месторождения перекристаллизацию пород, укрупнение минералов и их очищение от микровключений, появление мелко- и среднезернистой роговиковой структуры и исчезновение сланцеватости, мраморизацию линз известняков. Широкое развитие, особенно в кварц-карбонат-слюдистых сланцах, получили крупные порфиробласты граната и биотита, которые неравномерно распределены по массе породы с концентрацией в отдельных прослоях. Для них характерно ситовидное строение с массой включений кварца, карбоната. В отдельных прослоях кварц-карбонат-слюдистых сланцев развивается различное количество новообразований мелкозернистого клиноцоизита и сфена, образующих неравномерно распределенные по массе породы скопления. В отдельных участках Олимпиадинского месторождения в кварц-карбонат-слюдистых сланцах отмечаются своеобразные крупные псевдоморфозы овальной, округлой, таблитчатой форм, вероятно, по кордиериту (?) или андалузиту (?), выполненные микрочешуйчатым агрегатом серицита с капельными включениями кварца, а также таблитчатые порфиробласты плагиоклаза (?), замещенные слюдистым материалом и карбонатом. К флангам месторождения они сменяются порфиробластами мусковита с включениями кварца и, наконец, во внешних зонах - широкотаблитчатыми порфиробластами зеленого хлорита (пеннина), секущими сланцеватость.

В кварц-слюдистых сланцах, на границе с кварц-карбонат-слюдистыми сланцами, появляются роговая обманка или актинолит, клиноцоизит. В кварц-слюдисто-углеродистых сланцах, кроме порфиробластов андалузита (?), граната, развиты порфиробласты хлоритоида.

Парагенетический анализ минеральных ассоциаций контактово-метаморфизованных пород месторождения позволяет предположить, что их преобразования происходили на границе низкотемпературной ступени фации амфиболовых роговиков и фации мусковитовых роговиков, характеризующейся уже развитием метасоматических явлений. Так, на некоторых участках западной части Олимпиадинского месторождения, приуроченных к узлам сгущения разломов, развиты своеобразные пятнистые метасоматиты, неоднородные по составу. В нижней части горизонта кварц-карбонат-слюдистых сланцев, на границе его с кварц-слюдистыми сланцами, они имеют неравномернозернистое сложение, темно- и серо-зеленую окраску, по минеральному составу приближаются к известковым скарнам. Основными минералами являются пироксен диопсид-геденбергитового ряда (N_g = 1,718-1,724; N_p = 1,690-1,694; N_g-N_p = 0,028-0,030; с N_g = 42-47; 2V =58-60°) и гранат с показателем преломления, колеблющимся от 1,765 до 1,810. Нередко эти минералы находятся в тесном взаимном срастании. В подчиненном количестве присутствуют эпидот (N_g = 1,730-1,734; N_p = 1,707-1,720; N_g-N_p = 0,014-0,023), мелкочешуйчатый густо-коричневый биотит, образующий скопления в отдельных участках породы или включения в пироксене и гранате, мелкозернистый агрегат лейкоксенизированного сфена и ксеноморфные образования магнетита. Почти постоянно наблюдается решетчатый микроклин в виде крупных неправильной формы образований, «цементирующих» пироксен и гранат. Изредка отмечается ксеноморфный сдвойникованный плагиоклаз состава олигоклаз-андезин, длиннопризматические кристаллы ярко-зеленой роговой обманки (N_g = 1,680±0,002; N_p = 1,660-1,668; N_g = N_p = 0,020; с N_g = 14-16). В небольшом количестве присутствует мозаичный агрегат кварца и карбоната, хлорит. Структуры пород гетеробластовые, диабластовые, пойкилобластовые с элементами структур разъедания, замещения. Разновременные минеральные ассоциации и структуры замещения свидетельствуют о полигенном характере пород.

В ассоциации со скарнами встречаются темные мелко- и неравномернозернистые роговикового облика породы без карбоната, образующиеся по кварц-слюдистым сланцам. Они сложены кварцем, коричневым биотитом, призматическим цоизитом, роговой обманкой, гранатом с примесью мусковита, сфена, иногда микроклина. Среди них узкими полосками выделяются светлые, существенно кварцевые породы с пятнистыми включениями кальцита, доломита, хлорита, альбита и сфена. В верхней части горизонта кварц-карбонат-слюдистых сланцев вблизи его контакта с кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами распространены скарноподобные метасоматиты карбонат-тремолитового состава. Они образуют маломощные «прослои» среди мраморизованных известняков, выделяющиеся своей светлой, пятнистой зеленовато-белесо-бежевой окраской, и переслаиваются с «прослоями» белых, светло-серых существенно карбонатного состава метасоматитов. В составе карбонат-тремолитовых метасоматитов, помимо крупнокристаллического кальцита и широко пластинчатого, тонкочешуйчатого и спутанноволокнистого тремолита (2V = -75-80°; с N_g = 18; N_g - N_p = 0,025), присутствует значительное количество длинночешуйчатого бледно-окрашенного флогопита, пластинчатого, слегка деформированного брусита, доломита, мелкого сфена. Изредка отмечаются мусковит, тальк, ромбический пироксен. На все эти минералы накладываются тонкосдвойникованный альбит, кварц, хлорит в виде микропрожилков и линзообразных обособлений. Структуры пород неравномернозернистые, текстуры такситовые.

В разрезах, пересеченных скважинами, карбонат-тремолитовые метасоматиты большей частью сменяются существенно карбонатными, а последние, в свою очередь, зернистыми и брекчированными, прокварцованными, карбонатизированными и сульфидизированными кварц-слюдисто-углеродистыми породами, содержащими в своем составе обильные крупнопризматические кристаллы цоизита или длиннотаблитчатого хлоритоида.

Химические составы рассмотренных пород колеблются в широких пределах (табл. 3,5) и отражают как неоднородный первичный состав, так и наложение более поздних гидротермальных преобразований. Как видно из нее при контактовом метаморфизме в ряде разновидностей пород, особенно в скарнированных, происходит заметное увеличение содержания магния и менее отчетливо выраженное повышение содержания железа. Представляется достаточно очевидным, что контактовый метаморфизм пород сопровождался в различной степени проявившимся железо-магнезиальным метасоматозом. Более наглядно это видно из результатов расчета баланса вещества при образовании карбонат-тремолитовых пород по частным профилям опробования (табл. 3.6).

При образовании скарнов на границе различных литологических сред, как видно из сравнения равнообъемных формул, выведенных по данным химических анали-

Таблица 3.5

Изменение химического состава вмещающих пород месторождения при контактовом метаморфизме

Компоненты	Породы													
	Кварц-слюдистые сланцы				Кварц-карбонат-слюдистые сланцы и известняки								Углеродистые кварц-слюдистые сланцы	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO_2	62,48	70,37	62,77	55,59	52,50	51,16	56,88	47,60	52,45	54,63	16,95	25,65	57,21	58,09
TiO_2	0,93	0,61	0,92	1,02	0,51	0,60	0,66	0,55	0,68	0,86	0,17	0,13	1,10	0,99
Al_2O_3	16,98	12,43	13,97	14,32	9,84	10,44	11,72	9,68	11,22	14,08	2,27	3,33	21,12	20,08
Fe_2O_3	2,55	3,12	2,98	2,76	0,73	1,01	2,34	1,64	1,23	2,99	0,03	0,06	0,75	1,27
FeO	3,68	2,98	3,79	4,99	3,87	5,24	3,47	4,07	3,76	4,67	0,86	1,19	6,21	7,31
MnO	0,19	0,26	0,36	0,41	0,21	0,55	0,28	0,34	0,36	0,61	0,12	0,08	0,06	0,08
MgO	1,45	1,65	2,25	2,59	2,16	3,14	2,86	3,34	2,62	3,48	3,80	7,80	1,59	1,91
CaO	1,04	2,15	6,18	11,07	14,55	13,12	9,52	15,80	12,10	12,76	40,10	33,23	1,18	0,61
Na_2O	1,47	1,16	0,55	0,88	0,37	0,59	0,53	0,26	0,45	0,64	0,09	0,12	0,55	0,56
K_2O	4,13	2,73	2,70	2,70	2,43	2,49	3,07	2,54	2,71	2,36	0,55	0,54	3,37	3,25
P_2O_5	0,08	0,14	0,24	0,08	0,21	0,13	0,21	0,19	0,18	0,17	-	-	0,08	0,08
П.п.п	3,60	2,44	2,30	2,24	12,39	10,61	6,80	13,08	11,42	2,89	34,58	26,98	5,95	5,02
Число анализов	4	4	3	3	4	5	8	10	6	9	10	4	4	5

Примечание. 1 - кварц-слюдистые сланцы; 2 - то же с гранатом; 3 - то же с клиноцоизитом и гранатом; 4 - ороговикованные кварц-слюдистые сланцы с роговой обманкой, биотитом, карбонатом; 5 - кварц-карбонат-слюдистые сланцы; 6 - то же с гранатом; 7 - то же с клиноцоизитом и гранатом; 8 - то же с псевдоморфозами по кордиериту (?), андалузиту (?); 9 - то же с порфиробластами биотита; 10 - скарны известковые; 11 - мраморизованные известняки; 12 - карбонат-тремолитовые (скарнированные) породы; 13 - углеродистые кварц-слюдистые сланцы; 14 - то же с порфиробластами граната андалузита (?),хлоритоида.

Таблица 3.6

Расчет баланса вещества при образовании карбонат-тремолитовых (скарнированных) пород

Компоненты	Мраморизованный известняк		Привнос (+) Вынос (-)		Карбонат-тремоли-товая порода		Известковый сланец		Привнос (+) Вынос (-)		Карбонат-тремоли-товая порода	
	массовая доля, %	объемный вес, г/см^3	массовая доля, %	объемный вес, г/см^3	массовая доля, %	объемный вес, г/см^3	массовая доля, %	объемный вес, г/см^3	массовая доля, %	объемный вес, г/см^3	массовая доля, %	объемный вес, г/см^3
SiO_2	13,78	36,49	+3,86	+10,86	17,67	47,35	16,75	43,82	+12,08	+14,28	28,83	68,10
TiO_2	0,05	0,10	+0,03	+0,03	0,08	0,16	0,01	-	+0,13	+0,25	0,14	0,25
Al_2O_3	1,00	3,07	+1,09	+3,55	2,09	6,62	1,70	5,26	+0,33	+0,40	2,03	5,66
Fe_2O_3	0,67	1,32	-0,61	-1,20	0,06	0,12	0,03	-	-	-	0,03	-
FeO	0,66	1,45	+0,37	+0,85	1,03	2,30	0,86	1,89	+0,24	+0,29	1,10	2,18
MnO	0,21	0,47	+0,07	+0,16	0,28	0,63	0,10	0,22	-0,01	-0,04	0,09	0,18
MgO	4,17	16,44	+3,41	+13,89	7,58	30,33	1,17	6,93	+7,82	+21,56	8,09	28,49
CaO	39,82	113,06	-1,31	-2,25	38,51	110,81	43,31	121,48	-10,38	-38,14	32,93	83,36
Na_2O	0,14	0,71	-0,04	-0,20	0,10	0,51	0,08	0,41	+0,04	+0,14	0,12	0,55
K_2O	0,28	0,94	+0,43	+1,49	0,71	2,43	0,50	0,84	-0,22	-0,39	0,28	0,45
P_2O_5	0,13	0,29	-0,05	-0,11	0,08	0,18	0,08	0,18	-0,04	-0,06	0,04	0,12
CO_2		137,09		-43,52		93,57		123,67		-45,68		77,99
OH	38,15	4,73	-7,82	+81,43	30,33	86,16	35,02	7,89	-3,27	-26,68	4,62	34,57
H		210,42		+48,11		258,53		223,17		+19,11		242,28
Сумма				+113,12						-54,94		
В том числе				+160,40						+56,03		
				-47,28						-110,97		
Объемный вес		2,62		2,64	2,62						2,36	

зов, происходило перераспределение основных элементов (кремния и кальция), а также некоторых других (окисное железо). В результате этого усреднялся состав взаимодействующих пород в зоне скарнирования, и имел место привнос со стороны гранитоидной интрузии Mg, FeO, Ti, Al, а в более поздние стадии - Na и K.

С ранним же этапом преобразований, но с более низкотемпературной его ступенью связано, по-видимому, появление среди углеродистых кварц-слюдистых сланцев, своеобразных метасоматитов, преобладающей частью состава которых является новообразованный длинно-таблитчатый хлоритоид. Эти метасоматиты развиты повсеместно в зонах повышенной флюидопроницаемости, интенсивно прокварцованы и сульфидизированы. По результатам химических анализов в них отмечается обогащение двухвалентным железом и магнием.

Завершая характеристику преобразования пород, связанных с термальным воздействием со стороны интрузии, контактово-метасоматическими и ранними постмагматическими процессами, следует упомянуть о турмалин- и мусковитсодержащих метасоматически измененных породах, распространенных ограниченно на Олимпиадинском

месторождении, но развитых широко Оленьем и Высоком рудопроявлениях. На их площади в экзоконтактовой зоне гранитоидов Тырыдинского массива наблюдаются своеобразные кварц-карбонат-турмалиновые породы, в которых турмалин достигает 30% их массы, прожилки существенно турмалинового состава и кварцевые жилы, секущие скарны с турмалином. Как известно, существуют различные точки зрения о химизме процессов преобразований пород, приводящих к развитию в них турмалина. Б.И. Омельяненко (1978), связывает образование подобных кварц-карбонат-турмалиновых метасоматитов с воздействием слабо или умереннокислых растворов, переходной стадии от раннещелочной к стадии кислотного выщелачивания, сопровождающимся привносом кремния, бора и выносом оснований, что нам представляется наиболее вероятным.

Породы, подвергшиеся поздним гидротермально-метасоматическим преобразованиям. В зонах локализации оруденения породы, в различной степени затронутые контактовыми и ранними постмагматическими процессами, подверглись гидротермально-метасоматическим преобразованиям, связанным преимущественно с процессами кремнекислотного выщелачивания и щелочного метасоматоза. В зависимости от состава пород и возможностей просачивания растворов сквозь толщу возникают разнообразные метасоматиты, в пространственном соотношении которых выявить четко выраженную метасоматическую зональность затруднительно. Наиболее интенсивными преобразованиями затронуты, с одной стороны, породы в зоне межпластового скольжения на границе различных литологических горизонтов, с другой - карбонатные породы, благодаря повышенной реакционной способности. Практически вся толща карбонатных пород охвачена гидротермальными преобразованиями. Высокая пористость пород обеспечивала возможность просачивания восходящих флюидов сквозь их толщу в течение длительного времени. Как можно судить по составу разновременных минеральных парагенезисов, ранние порции растворов отличались достаточно высокой агрессивностью, более поздние же достигали горизонта карбонатных пород в значительной мере охлажденными и нейтрализованными. Причем, с падением температуры они локализуются в более узких зонах повышенной проницаемости. Благодаря таким особенностям растворов происходило не столько замещение одних минералов другими, сколько их переотложение, в связи с чем широкое развитие получили метасоматиты, состоящие из того же комплекса минералов, что и исходные породы, но отличающиеся от них более крупными размерами зерен, неравномерным распределением минералов в объеме породы, структурами замещения и прорастания, появлением нередко большого количества лейкоксенизированного сфена, турмалина, рутила.

Наиболее распространенными процессами преобразования пород на площади Олимпиадинского месторождения являются окварцевание, хлоритизация, карбонатизация.

На фоне широкого площадного окварцевания, проявляющегося в развитии во всех типах пород линзообразных обособлений разнозернистого мозаичного агрегата кварца, появлении отдельных крупных зерен, неравномерно рассеянных среди микрозернистой массы породы, более локального развития зон повышенного прокварцевания, сети микропрожилков кварца, зон и участков почти мономинеральных сульфидизированных вторичных кварцитов, выделяются своеобразные метасоматиты. Они содержат значительное количество цоизита, вкрапленники и редкие прожилки сульфидов, осветленные, почти мономинеральные карбонатные с арсенопиритовой и антимонитовой минерализацией. И те, и другие отличаются повышенным содержанием рудного компонента.

Цоизитсодержащие метасоматиты локализуются в виде маломощных линз и выделяются своим характерным обликом, обусловленным развитием многочисленных беспорядочно ориентированных вытянутых линзовидных зерен светлого цоизита (до 60% от площади штуфа) размером 2-3 мм на фоне темно-коричневой плотной основной массы, обогащенной биотитом. Цоизит содержит массу включений кварца и биотита, нередко все три минерала срастаются. Основная масса породы состоит из мелко- и неравномернозернистого агрегата кварца с участками и прослоями мелкочешуйчатого мусковит-биотитового материала, иногда в них сохраняется реликтовая сланцеватая текстура, на которую накладываются призматические кристаллы цоизита ситовидного строения, крупные чешуи густо-коричневого биотита с радиоактивными включениями. В отдельных участках среди них отмечается актинолит или зеленая роговая обманка. Постоянно в значительном количестве присутствуют крупнозернистый сфен и сульфиды. К наиболее поздним образованиям относятся микропрожилки мелкозернистого кварца, карбоната и удлиненные выделения свежего несдвойникованного альбита.

Цоизитсодержащие биотитовые метасоматиты слагают внешнюю зону частной метасоматической колонки, сменяющуюся через кварц-цоизитовые метасоматиты на почти мономинеральные кварциты во внутренней зоне. Последние состоят из гетеробластового агрегата кварца с различным размером зерен округлой или полигональной формы, ксеноморфных образований сульфидов и единичных крупных пластин мусковита, хлорита, цоизита. По результатам химических анализов выявляется привнос в зону метасоматических кварцитов кремния, иногда железа и вынос всех остальных компонентов (табл. 3.7).

Внутренние зоны частных метасоматических колонок по кварц-карбонат-слюдистым и кварц-слюдистым сланцам аналогичны; в тех и других они образованы мономинеральными кварцитами. Внешние же их зоны заметно отличаются: для первых помимо цоизита характерно развитие карбоната и хлорита, для вторых - амфибола и хлорита. Таким образом, по направлению к внешним зонам происходит смена минеральных ассоциаций, образовавшихся в условиях повышенной кислотности, более щелочными.

При изучении состава рассматриваемых метасоматитов достаточно отчетливо обособляются последовательно образовавшиеся минеральные парагенезисы: реликтовый - кварц + карбонат + биотит + мусковит; новообразованные - биотит + сфен + цоизит; мусковит + турмалин; кварц + сульфиды, кварц + карбонат + хлорит + альбит.

В углеродистых сланцах метасоматиты с цоизитом развиты в зоне их контакта с кварц-карбонат-слюдистыми сланцами, осложненной тектоническими нарушениями с брекчированием, прокварцеванием пород. Метасоматиты состоят из призматических кристаллов цоизита, забитого углеродистой пылью и составляющего основную массу породы, и мелкозернистого агрегата кварца и кальцита, выполняющих угловатые промежутки между цоизитом. Присутствует крупночешуйчатый мусковит, также забитый углеродистым материалом, мелкие чешуйки бесцветного хлорита, обильный крупный сфен и сульфиды. Породы прорезаны микропрожилками карбоната, кварца, цеолита (стильбита).

Кремнекислотное выщелачивание, сопровождающееся осаждением сульфидов, получило на площади месторождения наиболее широкое развитие.

Своеобразны белые или осветленные метасоматиты карбонатного состава, являющиеся продуктами низкотем-

Таблица 3.7

Равнообъемные формулы исходных и метасоматических пород, образующихся в процессе скарнирования

Кварц-слюдистый сланец	$^{Si}181,6^{Ti}1,5^{Al}33,27^{Fe3+}8,33^{Fe2+}5,6^{Mn}0,43^{Mg}3,91^{Ca}2,54^{K}7,01^{Na}2,28$
Скарнированный кварц-слюдистый сланец	$^{Si}143^{Ti}2,64^{Al}44^{Fe3+}4,98^{Fe2+}10,98^{Mn}0,83^{Mg}10^{Ca}26,09^{Na}5,58^{K}10,96$
Скарн пироксен-роговообманковый по кварц-слюдистому сланцу	$^{Si}142,88^{Ti}2,09^{Al}35,2^{Fe3+}8,26^{Fe2+}11,3^{Mn}0,47^{Mg}6,9^{Ca}35,25^{Na}0,6^{K}5,55$
Скарн пироксен-гранат-роговообманковый по кварц-слюдистому сланцу	$^{Si}149,7^{Ti}1,5^{Al}44,5^{Fe3+}7,14^{Fe2+}11,4^{Mn}1,7^{Mg}15,64^{Ca}44,2^{Na}1,09^{K}11,64$
Скарнированный кварц-карбонат-слюдистый сланец	$^{Si}135,06^{Ti}1,4^{Al}40,68^{Fe3+}7,18^{Fe2+}12,86^{Mn}1,75^{Mg}15,14^{Ca}22,34^{Na}9,86^{K}12,54$
Скарн микроклин-гранат-пироксеновый	$^{Si}138,5^{Ti}2,19^{Al}41^{Fe3+}5,26^{Fe2+}10,33^{Mn}0,81^{Mg}11,26^{Ca}35,89^{Na}3,82^{K}10,6$
Скарн микроклин-роговообманково-пироксеновый	$^{Si}132,59^{Ti}2,05^{Al}35,18^{Fe3+}4,16^{Fe2+}11,34^{Mn}0,77^{Mg}15,6^{Ca}39,6^{Na}1,27^{K}13,47$
Скарнированный кварц-карбонат-слюдистый сланец	$^{Si}126,13^{Ti}1,5^{Al}32,36^{Fe3+}1,18^{Fe2+}8,27^{Mn}1,13^{Mg}14,58^{Ca}38,94^{Na}5,12^{K}9,21$
Скарн диопсид-геденбергитовый	$^{Si}99,07^{Ti}1,01^{Al}29,87^{Fe3+}2,96^{Fe2+}6,08^{Mn}0,94^{Mg}7,57^{Ca}30,43^{Na}1,09^{K}1,64$
Кварц-карбонат-слюдистый сланец	$^{Si}62,56^{Ti}0,75^{Al}11,92^{Fe3+}2,37^{Fe2+}3,36^{Mn}0,33^{Mg}7,66^{Ca}78,21^{Na}0,75^{K}4,74$

пературного щелочного метасоматоза. Они развиваются как по мраморизованным известнякам, так и кварц-карбонат-слюдистым сланцам; их наиболее мощные зоны, достигающие в разрезах 14-18 м, приурочены обычно к участкам сгущения тектонических нарушений. В центральных частях зон метасоматиты представляют собой микро- и мелкозернистые, белые, почти монокальцитовые образования. В ничтожном количестве в них отмечаются мельчайшие чешуйки мусковита, хлорита, микрозерна кварца, обычно группирующиеся в микропрослои, часто совместно с игольчатыми кристаллами арсенопирита. К этим же породам приурочены и прожилки антимонита. По границам белых метасоматитов развиваются микрозонки сульфидов, скопления микрочешуйчатого биотита или мусковита, сменяющиеся в отдельных разрезах кальцит-тремолитовыми породами.

Химический состав рассматриваемых метасоматитов во внутренних частях их зон отличается от внешних, сложенных кварц-карбонат-слюдистыми сланцами, резко пониженным содержанием всех элементов, кроме накапливающихся в них Ca и Fe^{3+}. Вынос преобладающего количества компонентов в сопредельные зоны карбонат-тремолитовых пород привел к развитию в них брусита, хлорита, кварца и альбита.

Активное участие на завершающих стадиях гидротермального минералообразования углекислоты обусловило развитие карбонатных микропрожилков, гнезд и линз, замещение граната и биотита карбонатом, образование кальцит-пренитовых и кальцит-цеолитовых микропрожилков, кальцитового цеолита типа стильбита (бесцветный, клиновидный, близкий к таблитчатой форме выделений, редко отмечающаяся спайность, низкое двупреломление, малый угол 2V, оптически отрицательный характер), а также редких кварц-эпидотовых жил и эпидозитов. Высокая щелочность раствора определила, кроме того, широкое развитие процесса хлоритизации, охватившего все породы. Хлорит образует кучные скопления и радиально лучистые выделения, выполняет микротрещины, активно замещает биотит и гранат. Он отмечен среди серицитового агрегата в псевдоморфозах по кордиериту (?) и плагиоклазу. Преобладает зеленый пеннин (удлинение отрицательное; 2V = +30-50°; t<V; N_g - N_p = 0.004).

Согласно результатам термодинамических расчетов реакций, выполненных И.П. Щербань (1975), главным условием образования хлорита в гидротермальных процессах является довольно высокая щелочность раствора, которая на завершающих этапах минералообразования может быть обусловлена фильтрационными явлениями. При этом, величина активности K и Mg-ионов не играет решающей роли.

К конечным стадиям гидротермального процесса относится развитие позднего метасоматического альбита в виде микропрожилков и ксеноморфных образований, вытянутых по сланцеватости пород. Они получили ограниченное распространение на площади месторождения и свойственны, в основном, кварц-слюдистым сланцам южной части месторождения. При наших исследованиях встречен флюорит в микропрожилках кварца. Образование низкотемпературных жил и прожилков не сопровождается сколько-нибудь заметным метасоматическим изменением вмещающих пород.

Химические составы различных метасоматически измененных пород приведены выше в табл. 3.8.

Таким образом, метасоматические преобразования вмещающих пород на площади Олимпиадинского месторождения проявились широко и разнообразно. Они связаны с различными по физико-химическим характеристикам процессами, развивавшимися в несколько последовательных стадий. Одни из этих процессов предшествовали рудоконцентрации, другие сопутствовали ей, третьи развивались после формирования вкрапленного золотосульфидного оруденения. На основе полученных данных не представляется возможным выяснить во всех деталях последовательность развития и особенности химизма метасоматических процессов. Исходя из приведенных фактических данных, можно наметить в общих чертах следующую последовательность ведущих процессов преобразования пород: до- и предрудный высокотемпературный метасоматоз постмагматической стадии; средне- и низкотемпературный метасоматоз стадии кислотного выщелачивания с сопутствующим сульфидным и золотым оруденением; низкотемпературный щелочно-углекислый метасоматоз, сопровождающийся поздней сурьмяной минерализацией. Более высокотемпературные растворы вызывали не только частичное или полное выщелачивание, но и последующее отложение минеральных компонентов того же или близкого состава в сопряженных зонах. На контактах разнородных литологических сред или горизонтов решающую роль в процессах метасоматических преобразований пород играли обменные реакции. Наиболее интенсивно эти метасоматические процессы с наложением всех стадий преобразований пород проявились в контактовой зоне кварц-карбонат-слюдистых и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев, фиксированной межпластовым сбросо-сдвиговым нарушением, на обоих промышленно рудоносных участках Олимпиадинского ме-

Таблица 3.8

Гидротермально измененные породы поздних стадий метасоматических преобразований

Компоненты	Породы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	64,34-700 66,95 (5)	75,15	83,45	49,50-53,48 50,94 (3)	31,65-47,29 39,97 (7)	77,34	59,58	83,92-93,20	48,10	50,84
TiO_2	0,43-0,94 0,66 (5)	0,42	0,22	0,36-0,69 0,56 (3)	0,07-0,37 0,23 (7)	0,33	1,08	0,90-0,08	0,85	0,46
Al_2O_3	10,91-16,93 12,84 (5)	10,48	4,82	6,76-11,38 9,69 (3)	0,86-5,77 3,89 (7)	6,96	20,88	6,07-1,56	16,54	7,71
Fe_2O_3	0,80-3,24 1,46 (5)	0,74	0,03	2,94-6,21 4,51 (3)	0,15-3,51 1,50 (7)	5,23	1,14	0,70-0,32	0,96	0,35
FeO	2,53-7,59 5,64 (5)	3,42	2,57		0,05-3,96 1,34 (7)	1,26	3,16	2,36-1,82	4,51	2,01
MnO	0,13-0,27 0,15 (5)	0,21	0,14	0,25-0,57 0,36 (3)	0,04-0,21 0,1 (7)	0,23	0,13	0,10-0,18	0,07	0,29
MgO	1,57-3,77 2,86 (5)	1,41	1,01	1,92-2,85 2,23 (3)	1,03-3,49 1,90 (7)	0,98	1,47	1,66-0,29	2,74	1,48
CaO	1,16-3,20 1,93 (5)	1,62	2,29	14,64-20,62 18,34 (3)	19,47-35,09 26,26 (7)	3,69	0,33	2,45-0,14	8,58	17,81
Na_2O	1,66-4,68 2,34 (5)	2,30	0,10	0,04-0,10 0,06	0,16-1,18 0,52 (7)	0,08	0,84	0,05-0,10	0,74	0,10
K_2O	1,76-3,21 2,16 (5)	1,46	1,22	1,97-3,26 2,74	0,23-1,65 1,07 (7)	4,64	1,42	0,85-0,37	2,42	2,26
P_2O_5		0,05	0,88	0,09-0,38		0,05	0,37	0,05		
П.п.п	1,38-4,0 2,7	1,40	3,09		18,02-30,25 22,52	4,77	2,17	1,42-0,78	13,88	16,24

Примечание. В числителе - вариации содержаний; в знаменателе - среднее содержание, в скобках количество анализов. 1 - окварцованные альбитизированные кварц-слюдистые сланцы; 2 - альбитизированные кварц-слюдистые сланцы; 3 - кварциты с цоизитом; 4 - осветленные метасоматиты по кварц-карбонат-слюдистым сланцам с арсенопиритом; 5 - осветленные метасоматиты по известнякам; 6 - оруденелые кварциты среди кварц-карбонат-слюдистых сланцев; 7 - окварцованные углеродистые кварц-слюдистые сланцы; 8 - кварциты по углеродистым кварц-слюдистым сланцам; 9 - карбонатизированный углеродистый кварц-слюдистый сланец с цоизитом; 10 - оруденелый карбонатизированный, хлоритизированный углеродистый кварц-слюдистый сланец.

сторождения. Осаждение подавляющей массы рудных компонентов связано с завершающей стадией процесса кислотного выщелачивания; процессы углекислого метасоматоза щелочной стадии обусловили лишь осаждение антимонита и других рудных компонентов сурьмы.

В заключении следует подчеркнуть, что основными компонентами, обусловившими наибольшие преобразования пород при гидротермально- метасоматических процессах, являются кремний, кальций и магний при весьма незначительной роли щелочей. Проявившиеся метасоматические изменения пород специфичны и в своих основных чертах отличаются от известных их типов.

Первичные геохимические ореолы рудогенных элементов

Проведенными исследованиями на всех месторождениях и рудопроявлениях рудного поля установлены эндогенные ореолы рассеяния с ассоциациями химических элементов, являющимися типоморфными для околорудного пространства золоторудных тел. Они распространяются в стороны и вверх от рудных тел на десятки и сотни метров и имеют линейно вытянутую полосовидную и удлиненно-овальную формы подчиняющиеся складчатой структуре вмещающей толщи и продольным нарушениям. По элементному составу ореолы многокомпонентные (комплексные). В них достаточно отчетливо вырисовываются частные (пометальные) ореолы золота, мышьяка, сурьмы, вольфрама, свинца и др. Наиболее полный комплекс химических элементов наблюдается обычно в непосредственной близости от рудного тела. Здесь также устанавливаются максимальные для ореола содержания данных элементов. При этом, выявляется зависимость интенсивности и размеры ореолов от масштаба оруденения, литологических и физико-химических свойств вмещающих пород, структурно-тектонических условий. Почти все более интенсивные и значительные по масштабам ореолы сопровождают рудные тела на Олимпиадинском месторождении, залегающие в кварц-карбонат-слюдистых сланцах и мраморизованных известняках, отличающихся повышенными химической активностью и проницаемостью, и в зоне их контакта с перекрывающими кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами, фиксированной межпластовым сбросо-сдвиговым нарушением. С удалением от зоны контакта и переходом в слабо проницаемые углеродистые сланцы интенсивность и размеры ореолов заметно уменьшаются. То же самое наблюдаются в кварц-слюдистых сланцах, подстилающих карбонатные породы. Небольшими размерами характеризуются первичные ореолы, сопровождающие рудные тела, выявленные на всех мелких рудных объектах.

Основными ореолообразующими элементами на площади рудного поля являются золото, мышьяк, сурьма, вольфрам, серебро, свинец. Первичные геохимические ореолы образуют кобальт, никель, марганец, цинк, но их аномалии не всегда отчетливо выражены. Кроме них, по-видимому, распространены бор, барий, стронций, ртуть и некоторые другие элементы, изучение которых не привлекло еще должного внимания. На наиболее детально разведанном Олимпиадинском месторождении ореолы золота отличаются контрастностью и неравномерностью распределения. На Западном участке они вытянуты вдоль антиклинальной складки, локализуясь преимущественно в горизонте кварц-карбонат-слюдистых сланцев с образованием серии линзообразных тел, на Восточном участке – протягиваются сквозь замковые складки, пересекая при этом литологические границы, в вертикальном сечении образуют рудный столб. Средняя ширина ореола на пер-

вом участке по данным В.А. Лопатина и других достигает 100 м, протяженность по дуге 960 м. Здесь ореолы выражены золотоносной полосой, окаймляющей со стороны лежачего и висячего боков рудные тела. Ширина ореола лежачего бока составляет 10-20 м, висячего бока – в два раза меньше. С глубиной ореол выклинивается.

Из элементов спутников золота наиболее интенсивные ореолы свойственны мышьяку, сурьме, вольфраму.

Мышьяк присутствует во всех изученных разрезах, является одним из наиболее важных индикаторных элементов. Его ореолы с минимально-аномальным содержанием (от 0,02 до 0,06 %) почти полностью повторяют контуры ореола золота с содержанием 0,1-0,9 г/т, залегая в тех же породах, что и золото, а ореолы с более высоким содержанием (от 0,08-0,3%) отвечают обычно рудным телам. В разрезах скважин, пересекающих более нижние интервалы разреза, ореолы повышенных содержаний мышьяка (0,3% и выше) в большинстве случаев в 2-4 раза шире, чем на верхних участках, и здесь они составляют около 80 м.

Сурьма также относится к важным индикаторным элементам. По минимально-аномальному содержанию (от 0,001 до 0,009%) ее ореолы хорошо увязываются с таковыми золота и мышьяка. Ореолы сурьмы с содержанием 0,01 и выше совпадают с золоторудными телами. Наблюдается постепенное (от горизонта 190 м на Восточном участке и 450 м на Западном участке) уменьшение параметров ореолов к нижним гипсометрическим уровням или более глубоким уровням рудных тел.

Вольфрам в минимально-аномальных содержаниях на Западном участке месторождения образует обычно узкие слабо контрастные ореолы, которые хорошо увязываются с ореолами золота не только в лежачем, но и в висячем крыльях складки в повышенных содержаниях (0,07-0.3%), отвечающих рудным телам – локальные ореолы, имеющие форму линз с параметрами, уменьшающимися в направлении к поверхности. К юго-востоку ореолы постепенно выклиниваются. В разрезах скважин отмечается увеличение содержания вольфрама по падению золоторудных тел. На восточном участке локальные высокоаномальные ореолы, отвечающие рудным телам, образуют рудный столб с наибольшим размахом оруденения в зоне окисления. В поперечном направлении они не выходят за пределы рудной зоны.

Серебро и свинец образуют локальные высокоаномальные ореолы, приуроченные преимущественно к периферическим участкам рудных тел. Уровни содержаний и параметры ореолов на Олимпиадинском месторождении постепенно уменьшаются к его нижним горизонтам.

В строении эндогенных геохимических ореолов на Западном участке Олимпиадинского месторождения проведенными исследованиями установлена зональность, которая проявляется по простиранию и склонению рудных тел, а также по их падению. Она довольно детально рассмотрена В.А. Лопатиным и другими. В поперечной геохимической зональности по их данным весьма четко проявляется асимметричное строение первичных ореолов. Выделяются в разрезе несколько зон ассоциаций химических элементов, которые закономерно сменяют друг друга в направлении поперечном рудному телу. В составе геохимических ассоциаций висячего бока рудного тела ведущую роль играют сурьма, мышьяк, марганец при отсутствии или подчиненном развитии других элементов. Его верхняя часть характеризуется обычно слабыми аномалиями преимущественно мышьяка. Поля с высокими и максимальными концентрациями химических элементов соответствуют контурам повышенной золотоносности. В них же фиксируются зоны пониженного содержания свинца.

Геохимическая ассоциация лежачего бока рудного тела характеризуется заметно меньшей ролью сурьмы и развитием в ней в значительных количествах вольфрама, кобальта, никеля, свинца. На более глубоких горизонтах в подрудной зоне развиты малоконтрастные аномалии свинца и марганца.

Установленная поперечная зональность первичных ореолов (от висячего бока рудного тела к лежачему) выражается следующим рядом элементов: As-Sb, Mn, Au-W-Co-Ni-Pb-Mn. Рассмотренные выше характеристики зонального распределения химических элементов относятся к центральной части участка месторождения и несколько видоизменяются на флангах в связи с появлением продольной геохимической зональности. В пределах последних в продольном направлении проявляется зональность, в которой в направлении к северо-западу происходит накопление Au-As-Sb. Здесь появляются сложные геохимические ассоциации, равно как и на нижнерудных участках. К мышьяку и сурьме, прослеживающимся в подрудной зоне дальше золота, добавляются вольфрам, кобальт, никель, марганец, цинк.

Полученные данные распределения первичных ореолов на рассматриваемом участке месторождения позволили построить следующий последовательный ряд осевой геохимической зональности (в направлении к корневым частям): Au-As-Sb, W - (Co, Ni, Zn, Mn).

Изучение пространственного распределения первичных геохимических ореолов и его соотношений с рудовмещающими горизонтами выявило, что при общей связи рудной минерализации с литологическими горизонтами не происходит обособленного накопления отдельных геохимических элементов в одном из горизонтов. Контуры ореолов пересекают литологические границы, которым подчиняются только наиболее обогащенная часть оруденения, что обусловлено сочетанием пликативных дислокаций и продольных разрывных нарушений.

Анализируя закономерности распределения золота, мышьяка, сурьмы и других химических элементов в рудовмещающих толщах и гидротермалитах В.А. Лопатин и другие указывают на большую вероятность привноса этих элементов при гидротермальных процессах, чем их перераспределение внутри рудовмещающего пространства. Такого представления придерживаются большинство исследователей, изучавшие первичные геохимические ореолы месторождения.

Для Восточного участка месторождения А.Р. Романовской и А.А. Пузановым с сотрудниками разработана объемная полиэлементная геохимическая модель Главного рудного тела. Установленная в результате построения этой модели горизонтальная зональность минерально-геохимических парагенезисов выражается в последовательной их смене в направлении от внутренних частей (центра оруденения) к внешним и имеет следующий вид: Au (Sb, As) – Au, As (Sb, Ag, W) – Au, Sb, W, As (Pb, Ag) – Au, Sb, Pb, Ag (As, Bi) – (Au, Hg, Sb). Проявляющаяся вертикальная зональность, как отражение горизонтальной, заключается в последней смене золотой и золото-мышьяковой рудной ассоциаций комплексной золото-сурьмяной с вольфрамом, свинцом, серебром. При этом уровни контрастности концентраций элементов возрастают от внутренних частей к внешним.

Геохимические поля в рудоносной коре выветривания отражают отмеченную выше зональность минерально-геохимических парагенезисов и характеризуются следующими высококонтрастными геохимическими ассоциациями элементов: Au (Sb, W, As, Pb, Ag); Au, W, Sb (As, Pb, Cu); Sb, Au (W, As). Химический состав образований коры выветривания отличается высокой кремнекислотностью, железистостью, глиноземистостью и щелочностью (преимущественно за счет калия).

Рудные тела занимают определенное положение в структуре геохимических ореолов, располагаясь в полях комплексного состава с высокоаномальными концентрациями основных рудообразующих элементов. Локальные геохимические поля характеризуются высоким уровнем контрастности концентраций золота, сурьмы, мышьяка, вольфрама, свинца, серебра, а также меди, марганца и бора. Рудные и околорудные геохимические ореолы пространственно и генетически связаны с гидротермально-метасоматическими изменениями боковых пород. При этом внутренняя зона геохимического ореола приурочена к кварц-слюдисто-карбонатным, существенно карбонатным и кварц-цоизитовым метасоматитам и охватывает рудные тела и окружающий их ореол вкрапленной сульфидной минерализации. Внутреннюю зону окаймляют относительно низкоконтрастные геохимические поля с ассоциацией элементов, включающей золото, сурьму, вольфрам, а также литий и бор. Эти поля, относящиеся к ореолам рудовмещающей структуры, располагаются обычно в пределах метасоматитов кварц-слюдисто-карбонатного состава. Внешнюю зону, относящуюся к ореолу рудного поля, характеризуют площадные, относительно низкоконтрастные геохимические поля с мышьяком, серебром, сурьмой, вольфрамом, а также бором и литием, располагающиеся преимущественно в хлоритоидных слюдисто-углеродистых и карбонат-слюдисто-углеродистых сланцах.

А.А. Ладынин с сотрудниками изучили распределение содержания золота, мышьяка, сурьмы, серебра и трехокиси вольфрама по разрезу разведочной линии, пересекающей Главное рудное тело Олимпиадинского месторождения, с построением вертикальных планов изоконцентрат. Это исследование выявило влияние литологического состава пород и зоны окисления на распространение химических элементов. Так, максимальные концентрации золота пространственно тяготеют к зоне развития рудоносной коры выветривания при отчетливо проявляющейся тенденций к повышению содержания в нижней части зоны окисленных руд, а менее высокие его содержания располагаются в первичных рудах и приурочены к пачке углеродистых пород. Аналогичным образом распределяются максимальные и повышенные концентрации сурьмы. Близкое к этому распределение имеет мышьяк, но он в отличие от золота и сурьмы концентрируется в первичных рудах, достигая максимальных содержаний на некотором удалении ниже от границы окисленных руд. Серебро образует наиболее высокие концентраций в пачке углеродистых сланцев, меньшие - в зоне окисленных руд. Вольфрам, наоборот, в максимальном количестве концентрируется в окисленных рудах нижней части зоны коры выветривания.

Статистическое изучение выборок по первичным и окисленным рудам из проб скважин позволило установить, что окисленные руды по сравнению с первичными обогащены свинцом, медью, молибденом, вольфрамом, сурьмой и золотом и незначительно обеднены кобальтом, марганцем, барием и висмутом. Примерно, в равных количествах содержится серебро, что указывает на относительно независимое его поведение при переходе из первичных руд в зону окисления.

Исследование по выборкам распределения содержания элементов, в целом, по месторождению позволило выявить, что в околорудной зоне происходит заметное увеличение среднего содержания, кроме золота, небольшого числа элементов – вольфрама, мышьяка, сурьмы, а также (в меньшей степени) кобальта, марганца, стронция и серебра. При этом в руде резко возрастают вариации содержания большинства элементов. Сравнительным изучением выборок установлена также более высокая, чем во вмещающих породах, концентрация кобальта, марганца, вольфрама, серебра, мышьяка и сурьмы в первичных рудах.

Геологические факторы рудолокализации и прогнозно-поисковые критерии оруденения

Породные связи оруденения. Для литологической позиции золотосульфидного оруденения Олимпиадинского месторождения характерным является почти исключительная его приуроченность к терригенно-карбонатному интервалу разреза, включающему кварц-карбонат-слюдистые сланцы с линзовидными телами мраморизованных известняков в верхней части горизонта (Ли и др., 1984; Геология и металлогения..., 1985). В породах подстилающего и перекрывающего горизонтов оруденение проявлено не столь значительно, причем, только в приконтактовых участках. Наиболее концентрированное оруденение развивается, преимущественно, на границе различных литологических горизонтов и в ее зоне, в основном, со стороны кварц-карбонат-слюдистых сланцев с мраморизованными известняками и, на значительно меньшей площади, в кварц-слюдисто-углеродистых сланцах. Причем, наиболее благоприятен для локализации оруденения разрез, в котором кварц-карбонат-слюдистые сланцы перекрываются кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами. Такие участки, как правило, характеризуются более глубокими метасоматическими преобразованиями пород и наибольшей интенсивностью оруденения. В тех же участках, где углеродистые кварц-слюдистые сланцы залегают ниже кварц-карбонат-слюдистых, метасоматические изменения и рудная минерализация проявлены слабо. Эти особенности локализации оруденения обусловлены химическими и физико-механическими свойствами пород.

Среди различных типов пород вмещающей толщи наиболее химически активными по отношению к рудоносным растворам были кварц-карбонат-слюдистые сланцы и залегающие среди них мраморизованные известняки. Обладая повышенной реакционной способностью, эти породы взаимодействовали с растворами с образованием широких ареалов метасоматических изменений, включающих не только относительно узкие зоны повышенной трещиноватости, но и нередко значительно превосходящие по мощности прилегающие к ним части разреза слабо трещиноватых пород. Возможность просачивания восходящих растворов сквозь толщу данных пород обеспечивалась возрастанием их пористости при реакции растворения и отложения минералов, а также вследствие разуплотнения пород при термальном воздействии гранитоидной интрузии (Зарайский, Балашова, 1978). Образовавшиеся по кварц-карбонат-слюдистым сланцам метасоматиты довольно однообразны по минеральному составу, различаясь, главным образом, количественным соотношением минералов, в основном, кварца, кальцита, мусковита, биотита, клиноцоизит-цоизита, хлорита. По содержанию этих минералов различаются метасоматиты от существенно-кварцевого до карбонатного состава. Наиболее широко распространены кварц-слюдисто-карбонатные метасоматиты, которые нередко трудно отличимы от слабо измененных пород.

Метасоматические процессы наиболее интенсивно проявились на границах различных литологических горизонтов, особенно в зоне контакта кварц-карбонат-слюдистых сланцев с перекрывающими их кварц-слюдисто-углеродистыми сланцами. Это определялось благоприятными, резко неравновесными условиями, создающимися, согласно Д.С. Коржинскому (1955), на таких участках, наряду с физико-механическими свойствами пород. К этим зо-

нам приурочены и рудные тела. Причем, интенсивной рудной минерализацией затронуты не только метасоматиты по кварц-карбонат-слюдистым сланцам, но и приконтактовые участки горизонта углеродистых кварц-слюдистых сланцев, где последние часто преобразованы в метасоматиты преобладающего кварц-цоизитового состава.

Анализируя локализацию оруденения в зоне рассмотренного контакта пород, представляется достаточно очевидным, что слабо проницаемые углеродистые кварц-слюдистые сланцы играли роль экрана для восходящих рудоносных растворов. Одновременно с этим, углеродистые кварц-слюдистые сланцы, вероятно, способствовали массовому отложению рудного вещества в результате оказываемого ими восстановительного воздействия на растворы (Бетехтин, 1955; Линдгрен, 1934) и возможного возбуждающего влияния на электрохимические процессы (Сергиев, Тащинина, 1953).

Среди факторов рудоконцентрации, определяющихся свойствами пород, особо следует отметить выявляющуюся важную роль углеродистого вещества с оказываемым им восстановительным воздействием, скорее всего, нужно связывать широкое развитие в рудах пирротина, а также распространение самородной сурьмы и в парагенезисе с ней ульманнита и алабандина. Обилие в рудах карбонатов дает основание предполагать в качестве восстановителя СО (Гамянин, Ли и др., 1985).

Из изложенного следует, что благоприятной средой для локализации золотосульфидного оруденения на Олимпиадинском месторождении служили кварц-карбонат-слюдистые сланцы, обладающие повышенной химической активностью по отношению к рудоносным растворам. Отложение основной рудной массы происходило под литологическим экраном и при геохимическом барьере, образованном углеродистыми кварц-слюдистыми сланцами. Сочетание и определенное взаимоотношение этих пород в разрезе явились одним из важнейших факторов рудолокализации на месторождении.

Роль складчатых и разрывных структур в локализации оруденения. На месторождениях Олимпиадинского рудного поля роль структурных факторов в локализации оруденения проявляется весьма отчетливо. Прежде всего, это относится к складчатым структурам, важное рудоконтролирующее влияние которых обуславливается особенностями строения и состава рудовмещающей толщи и структуры месторождения. Литологическая неоднородность и благоприятное сочетание в разрезе пород - кварц-слюдистых сланцев в нижней части рудовмещающей толщи, кварц-карбонат-слюдистых сланцев с прослоями мраморизованных известняков - в средней и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев - в верхней, обладающих различными физико-механическими свойствами, определили возникновение вдоль границ литологических горизонтов, преимущественно в замковых и призамковых частях складок, зон повышенной проницаемости для рудоносных растворов в связи с процессами растяжения, межслоевых проскальзываний, образования систем рассредоточенных трещин и т.д.

При изучении условий локализации рудных тел выявляется закономерное их положение в складчатых структурах. На Западном участке Олимпиадинского месторождения оно определяется их приуроченностью к замку и прилегающей к нему части северного крыла Медвежьей антиклинали, осложненной S-образным в плане изгибом с серией лежачих сильно сжатых складок. В последних и в замке антиклинали локализуются все три рудные тела, имеющие форму, близкую к седловидной и пластообразную с пережимами и расщеплениями на ветви. Они, в целом, субсогласны осевой плоскости складки, но на отдельных участках контуры рудного тела пересекают контакты пород. Рудные тела вытянуты вдоль полого погружающихся к востоку шарниров двух лежачих сопряженных складок и прилегающих частей их крыльев, являющихся структурными «ловушками» для рудоносных растворов. На отдельных участках лежачие складки осложнены звеньями широтной зоны разломов.

На Восточном участке Олимпиадинского месторождения Главное рудное тело, в целом, подчинено структуре замковой части периклинального замыкания Медвежьей антиклинали, отличающейся интенсивно проявленной трещиноватостью, обусловившей повышенную проницаемость для рудоносных растворов. Это определило основные черты его формы: седловидную - с раздувами в пришарнирной части и асимметричными северным и южным крутопадающими (до 60-80°) крыльями в горизонтальном сечении, столбообразную - с раздувом в верхней части и колоколообразную - в вертикальном сечении. В соответствии с общим падением антиклинали на участке периклинального замыкания рудное тело погружается к востоку с постепенным переходом от крутого падения на вертикальное и обратное западное.

На Тырадинском месторождении рудные тела размещаются на участке центриклинального замыкания Иннокентьевской синклинали и его сопряжения с двумя субширотными параллельными разломами, рассматривающимися как рудоподводящие. Их положение в складчатой структуре существенно затушевано разрывными нарушениями, поэтому оно проявляется не столь отчетливо. Вместе с тем, влияние складчатых элементов в рудолокализации представляется достаточно очевидным из следующих данных залегания рудных тел.

По сведениям В.И. Арефьевой, А.А. Тагарова и других рудное тело 1 приурочено к пришарнирной части и крылу мелкой лежачей складки. Оно имеет седловидную форму в вертикальном разрезе, локализуясь в карбонатных породах в зоне контакта кварц-слюдистых сланцев, подстилающих рудоносный горизонт, с перекрывающими их кварц-карбонат-слюдистыми сланцами, и пластообразную, слабо извилистую - в горизонтальной плоскости.

Пришарнирное мелкой антиклинальной складки положение определяется для рудного тела 2, однако, оно сильно осложнено разрывными нарушениями. Залегание рудного тела 3 подчинено мелкой антиклинальной складке. При этом, оно почти полностью повторяет ее очертание. Рудные тела 4 и 5 характеризуются пластообразной формой, обусловленной их локализацией вдоль контакта различных рудовмещающих литологических горизонтов. Структурное же положение тела 6, по-видимому, в большей степени определяется разрывными нарушениями.

Наряду со складчатыми структурами важная роль в локализации оруденения принадлежит разрывным нарушениям. Особенно велико значение зон межпластового скольжения, развитых на контакте различающихся по свойствам пластичности - хрупкости кварц-карбонат-слюдистых сланцев с кварц-слюдисто-углеродистыми и относящихся по характеру смещений к взбросо-сдвигам. В их полостях, вследствие экранирующего влияния кварц-слюдисто-углеродистых сланцев, обладающих слабой проницаемостью для восходящих рудоносных растворов, создавалась обстановка, характеризовавшаяся замедленным движением растворов и минимальной подвижностью рудного компонента, которая благоприятна для рудоотложения (Смирнов, 1947). Концентрированное оруденение локализуется по обе стороны зон межпластового скольжения, но чаще и на больших площадях со стороны лежачего бока. Вдоль этих зон развивается глубоко проработанная линейная кора выветривания, которая на рудоносных участках представляет своеобразные «коровые» руды.

Помимо зон межпластового скольжения достаточно отчетливо определяется влияние на локализацию оруденения крутопадающих сбросо-сдвиговых нарушений левого типа. Данные нарушения, являющиеся по отношению к складчатым структурам продольными, служили рудоподводящими каналами на ограниченных участках, находившихся в момент рудообразования в тектонически разгруженном состоянии, о чем свидетельствует приуроченность к отдельным участкам метасоматитов с концентрированным оруденением. На Западном участке месторождения в группе продольных нарушений, кроме того, существенна роль пологих, являющихся звеном Широтной зоны разломов. К одному из них, как было показано при описании месторождения, приурочено рудное тело 2, отличающееся повышенным содержанием золота и выдержанностью оруденения как по простиранию, так и по падению. Дорудный субширотный разлом, протягивающийся вдоль северного крыла антиклинали на участке ее периклинального замыкания, экранирует и ограничивает развитие метасоматитов и золотой и сурьмяной минерализации к северу от него. Устанавливается влияние изменения элементов залегания продольных разрывных нарушений на размещение оруденения.

На Тырадинском месторождении по субширотному нарушению, проявленному зонами смятия, повышенной трещиноватости с кварцевым прожилкованием и рассматривающимся, как звено «долгоживущей» тектонической зоны, отмечается смещение рудных тел, что указывает на вероятное их подновление в пострудный этап.

В размещении оруденения также заметна роль поперечных нарушений, представленных системой ступенчатых малоамплитудных (первые десятки метров) крутопадающих сбросо-сдвигов левого типа меридионального и север-северо-западного простирания с опущенными восточными крыльями. На Западном участке месторождения, непосредственно вблизи узлов их пересечения с зонами межпластового скольжения, как правило, наиболее интенсивно проявлено оруденение. Видимо, такие узлы здесь играли роль рудораспределяющих структурных элементов. На Восточном участке крутопадающие нарушения, имеющие северо-восточную ориентировку, рассекают главное рудное тело с образованием ряда пластин. В одной из этих пластин, зажатой между двумя разломами и сложенной выветрелыми углеродистыми кварц-карбонатными метасоматитами, по данным В.А. Лопатина и других, было сконцентрировано наиболее богатое оруденение. На Тырадинском месторождении секущий разлом северо-западного простирания, примыкающий к субширотному нарушению со стороны висячего бока, смещает наиболее крупное в нем рудное тело 2.

Таким образом, как можно видеть из рассмотренных данных, рудоконтролирующее влияние структурных факторов на локализацию вкрапленного золотосульфидного оруденения Олимпиадинского типа проявляется достаточно отчетливо. При этом следует подчеркнуть, что роль складчатых структур в рудолокализации является столь же важной, как и разрывных структур. В этом можно видеть одну из специфических черт золотого оруденения Олимпиадинского типа, отличающую ее от эпигенетического золотого оруденения большинства других типов, для которых определяющая роль в образовании рудных концентраций золота обычно отводится разрывным структурам

Фоновое содержание золота в породах и его роль в рудоконцентрации. Результаты проведенных нами исследований и их сопоставление с имеющимися данными по другим золотоносным областям указывают на возможность того, что процессы золотого рудообразования в рудных полях промышленно-золотоносной части Енисейского кряжа, и в их числе Олимпиадинского, протекали в геохимически специализированной среде, характеризовавшейся повышенной сингенетической золотоносностью и кремнеземистостью пород. По определениям нейтронно-активационным методом около 940 проб среднеарифметическое значение содержания золота в породах свит рудовмещающего интервала разреза, относящихся к протоплатформенной тейской серии и раннегеосинклинальной сухопитской серии, характеризуется следующими величинами (в мг/т): пенченгинская - 7,63; кординская - 6,28; горбилокская - 5,61; удерейская - 6,54. В породах перекрывающей погорюйской свиты и подстилающей свиты хр. Карпинского оно составляет соответственно 3,95 и 6,9 мг/т. При этом, не находит подтверждения утверждение В.А. Злобина и других об устойчивой обогащенности золотом углеродистых сланцев, которые ими рассматриваются в качестве источника рудного вещества золоторудных месторождений (Золото и редкие металлы..., 1976). Как можно видеть из этих данных, содержание золота во вмещающих породах превышает его кларк в земной коре от 5,5 до 7,5 раз (по А.П. Виноградову, 1962) и от 1,7 (в глинистых сланцах) до более 1,9 раз (в карбонатных породах) (по K.K.Turekian, K.N.Wedepohl,1961).

В общем, такими же повышенными содержаниями золота характеризуются породы вышележащей позднегеосинклинальной тунгусикской серии; причем, они существенно не изменяются в разных структурно-формационных зонах. Наблюдающиеся иногда заметные различия по свитам, вероятно, обусловлены фациальными условиями осадконакопления, неравномерностью опробования различных типов пород и пр. Для протоплатформенного комплекса тейской серии, в отличие от геосинклинального комплекса, устанавливается заметное различие среднего содержания золота в Приенисейской и Центральной структурно-формационных зонах. Причем, данная серия в Центральной зоне характеризуется максимальными накоплениями золота. Архейская канская серия, по сравнению со всеми другими, обладает пониженным содержанием золота, не отличающимся от значений, установленных для метаморфических пород (Росляков, 1981).

Такое устойчиво повышенное содержание золота является, по-видимому, провинциальной геохимической особенностью, обусловленной спецификой геологического развития складчатой области.

На площади рудного поля и его Олимпиадинского месторождения, по данным А.М. Сазонова, кварц-карбонат-слюдистые сланцы характеризуются концентрациями золота, достигающими в среднем по 23 пробам 578,1 мг/т. В кварц-слюдисто-углеродистых сланцах среднее содержание золота по 12 пробам составляет 46,6 мг/т, а в кварц-слюдистых по 20 пробам - 110,4 мг/т.

На площади Олимпиадинского месторождения и Оленьего рудопроявления нами были взяты 195 проб из различных пород - сланцев, мраморизованных известняков, роговиков, скарнов, метасоматитов. В пробах из Олимпиадинского месторождения спектрохимическим анализом определены содержания золота от менее 1 до 5 г/т в кварц-карбонат-слюдистых сланцах, от менее 1 до 5 и 10 г/т - в известняках и от менее 1 до 5 г/т - в кварц-слюдистых сланцах. В единичных пробах карбонатных пород (как сланцев, так и известняков) установлено содержание золота более 10 г/т. В то же время, в кварц-слюдисто-углеродистых сланцах значимые концентрации золота не зафиксированы. На Оленьем рудопроявлении названные породы характери-

зуются, в общем, такими же концентрациями золота, как на Олимпиадинском. Кроме того, здесь обнаружены концентрации золота в углеродистых сланцах - от менее 1 до более 5 г/т. Все эти породы в различной степени затронуты гидротермальными преобразованиями и выявляющиеся в них значимые и высокие содержания золота, в самой своей основе, - следствие его перераспределения и привноса рудообразующими растворами. По-видимому, результаты, полученные А.М. Сазоновым, также характеризуют, в большей степени, не сингенетическую, а наложенную при гидротермальных процессах золотоносность.

Близкими с полученными для докембрийских толщ Енисейского кряжа содержаниями золота характеризуются рудовмещающие отложения Мурунтауского района Кызылкумов. Согласно данным А.Т. Бендика, среднее содержание золота по свитам следующее (мг/т): турбайская - 25,2; тасказганская - 7,8; ауминзинская - 5.

Вмещающие золотое оруденение верхнепротерозойские осадочные породы Ленского района, по результатам исследований В.В. Поликарпочкина и Б.В. Шергина, содержат золото в количестве до 4,7, а по данным В.В. Коткина - до 6,7 мг/т. По типам пород содержание золота изменяется следующим образом (мг/т): сланцы илигирской свиты - 6,7; хомолхинской - 3,6; аунакитской - 2,4; мраморы угаханской - 3,4; имняхской - 3,6; песчанистые известняки имняхской - 5,2; песчаники аунакитской - 2,4; хомолхинской - 6,3.

Нижнепротерозойские толщи северо-восточной части Балтийского щита характеризуются содержанием золота от 1,7 до 3,4 мг/т (Гавриленко и др., 1978). Для верхнепротерозойских толщ Восточного Саяна В.М. Ярошевичем получены содержания золота от 1,2 до 4 мг/т, редко в некоторых типах пород более высокие.

Из приведенных данных устанавливаются повышенные, по сравнению с другими регионами, концентрации золота во вмещающих толщах Енисейского кряжа и Кызылкумов. При сопоставлении этих данных с интенсивностью золотоносности намечается общая зависимость образования рудных концентраций золота от сингенетической золотоносности вмещающих толщ. Более насыщены месторождениями и богатыми рудами провинции, в которых вмещающие породы характеризуются более высоким уровнем концентрации золота. В провинциях же, с пониженной сингенетической золотоносностью вмещающих толщ, золотое оруденение характеризуется небольшим числом месторождений и рудопроявлений, в основном, с бедными рудами. Таким образом, повышенный уровень концентрации золота в породах вмещающих толщ определяется одним из важных предпосылок для образования промышленного оруденения. Основываясь на выявленных Ю.Г. Щербаковым, С.Т. Бадаловым, В.В .Поликарпочкиным и другими причинно-следственных взаимосвязях между кларком золота в породах вмещающей толщи и образованием его рудных концентраций, можно полагать, что повышенная сингенетическая золотоносность вмещающих толщ явилась одним из важнейших факторов формирования рудных районов и месторождений. В.В. Иванов и Р.В. Панфилов (1985) установили, что на каждом участке земной коры в процессе геохимической миграции в месторождениях концентрируются строго определенная часть элемента, содержащегося в породах. Для золота величина этой части (K_c) составляет по фактическим данным - 5.3, по теоретическим расчетам для рудных районов - 6.5. Установление данной зависимости, которая в общих чертах неоднократно отмечалась Ю.Г. Щербаковым и другими, служит дополнительным подтверждением высказанного П.Н. Кропоткиным, А.И. Тугариновым, С.Т. Бадаловым и другими исследователями положения, о существовании причинной связи между формированием рудных провинций и содержанием рудных элементов в породах вмещающих толщ.

О связи оруденения с региональным метаморфизмом пород. Метаморфические комплексы Енисейского кряжа характеризуются большим разнообразием, что определяется длительностью и полицикличностью геологического развития региона. Выявляющееся зональное размещение разнофациальных метаморфических комплексов в структурах байкалид Заангарья и стратиграфическое положение слагающих их толщ позволяют связывать формирование этих комплексов с метаморфизмом, проявившимся в этап инверсии геосинклинали. В свете современных представлений о типах метаморфизма и последовательности их проявления в ходе развития подвижной складчатой области, можно полагать, что данный метаморфизм, названный Г. Винклером (1979), Я.Н. Белевцевым (1977) динамотермальным, А.А. Маракушевым (1979) - геосинклинальным (предорогенным), наложился на более ранний метаморфизм фации зеленых сланцев (метаморфизм погружения, по Г. Винклеру, Я.Н. Белевцеву и др.), соответствующий этапу погружения подвижной области. Из этого следует, что разнофациальные метаморфические комплексы, последовательно сменяющие друг друга вкрест простирания структур байкалид Заангарья, представляют собой результат полиэтапного метаморфизма. В осевых зонах антиклинориев на высокотемпературный метаморфизм амфиболитовой фации в орогенный этап наложился плутонический метаморфизм (ультраметаморфизм).

Таким образом, метаморфические преобразования пород Енисейского кряжа связаны с разнообразными регионально-метаморфическими явлениями: погружения, динамотермальным метаморфизмом и ультраметаморфизмом. Они существенно различаются между собой по геологическим, геохимическим и термодинамическим условиям. Для наших целей важно подчеркнуть, что они отличаются по флюидному режиму, химическому потенциалу и активности натрия и калия. Так, динамотермальный метаморфизм, по признанию даже наиболее последовательных сторонников метаморфогенного рудообразования (Я.Н. Белевцев), носит преимущественно изохимический характер. Согласно данным А.А. Маракушева он протекает при повышенном химическом потенциале и активности калия.

В зональном ряду разнофациальных метаморфических комплексов Енисейского кряжа вмещающие толщи Олимпиадинского рудного поля по минеральным парагенезисам -- кварц + биотит + гранат и кварц + мусковит + биотит + гранат в кварц-слюдистых сланцах; кварц + карбонат + (клиноцоизит) + гранат + биотит + мусковит в кварц-карбонат-слюдистых сланцах; гранат + биотит + мусковит + кварц, андалузит + мусковит + кварц и кварц + мусковит + биотит + хлоритоид в кварц-слюдисто-углеродистых сланцах - занимает промежуточное положение между амфиболитовой и зеленосланцевым зонами; уровень их метаморфизма, как установлено нашими исследованиями, соответствует преимущественно эпидот-амфиболитовой фации во внутренней части рудного поля и высокотемпературной ступени зеленосланцевой фации на периферии. О нарастании термоградиентных условий от периферии к центру зоны отмечает также А.М. Сазонов. По его данным в указанном направлении зона биотита переходит в зону развития минеральной ассоциации серицита и хлорита, которая в свою очередь сменяется зоной граната с биотитом и цоизитом. Кроме того, выделяется ассоциация хлоритоид+биотит, которая подчинена контролю литологическими границами углеродисто-глинистых отложений и проявляет четкую структурную приуроченность к ядерным и замковым частям складок.

Рудоносную зону обрамляют кварцитовые сланцы, которые сформировались в условиях эпидот-амфиболитовой фации при температурах 420-580°С и давлении, не превышающем 3 кбар. В пределах самой зоны породы преобразованы в интервале температур 360-580°С и давления 3-8 кбар. Наиболее высокотемпературные ассоциации соответствуют зоне граната.

В.Ю. Прокофьевым с соавторами (1993) была предпринята попытка оценить РТ - условия метаморфизма вмещающих пород Олимпиадинского месторождения на основе анализа индикаторных ассоциаций минералов с использованием данных Г. Винклера (1979) и расчета по уровням для биотит-гранатового геотермометра (Перчук и другие, 1983). Исходя из отсутствия в составе пород кианита, область температур и давлений, существовавших при метаморфизме, ими определяется лежащей ниже линий равновесия кианита (K_c) - андалузита (And). На основе присутствия в породах парагенезисов с силлиманитом и андалузитом температура метаморфизма оценивается не превышавшей 650°С, а давление 5-6 кбар. Температуры существования биотит-гранатового равновесия по выполненным расчетам для контактирующих биотита и граната из кварц-слюдисто-углеродистых, кварц-слюдистых и кварц-карбонат-слюдистых сланцев находятся в диапазоне 620-500°С. При этом, в указанном ряду пород отмечено закономерное снижение с 77-70 до 45-30% альмандиновой и возрастание с 10-12 до 45% гроссуляровой составляющей гранатов и падение температуры метаморфизма, которое, согласно Г. Винклеру, свидетельствует также о снижении давления. Такие данные позволили указанным исследователям высказать предположение о ретроградном характере метаморфизма в пределах Олимпиадинского месторождения, проходившего в условиях его средней ступени при падении температуры с 650 до 500°С и давлении с 5-6 до 3-4 кбар.

При совместном рассмотрении уровня регионального метаморфизма пород и распределения месторождений и рудопроявлений золота в разнофациальных метаморфических зонах Заангарья Енисейского кряжа выявляется достаточно отчетливая связь между ними, которая заключается в приуроченности преобладающего их количества к зоне зеленосланцевой фации. В зоне эпидот-амфиболитовой фации локализуется небольшое число рудных объектов. Однако среди них имеются месторождения с большими масштабами оруденения. В зоне амфиболитовой фации известны лишь единичные рудопроявления.

Такая приуроченность преобладающего большинства золоторудных объектов к зоне зеленосланцевой фации, как известно, является характерной особенностью их размещения в золотоносных провинциях. Данный факт некоторые исследователи (Я.Н. Белевцев, В.А. Буряк и др.) рассматривают, как следствие существования причинной связи между региональным метаморфизмом и рудообразованием. В зависимости от занимаемых исследователями генетических позиций, образование рудоконцентрации связывается с мобилизацией золота из подстилающих и вмещающих толщ и его отложением в прогрессивный и регрессивный этапы регионального метаморфизма или с повторным метаморфизмом.

Рассматривая в свете приведенных данных преобладающую приуроченность золоторудных объектов к зоне зеленосланцевой фации с учетом стратиграфических особенностей их размещения, представляется наиболее вероятным, что эта зона в вертикальном геологическом разрезе отвечает тому глубинному уровню по отношению к магматическим очагам, где максимально осуществлялись процессы рудоотложения и выше которого инъекция рудоносных флюидов прекращалась вследствие естественного падения внутреннего давления в системе.

О связи оруденения с гранитоидным магматизмом. Для геологической позиции месторождений и рудопроявлений Олимпиадинского рудного поля, как уже отмечалось ранее, характерным является их локализация над провесом кровли гранитоидной интрузии. Эта интрузия относится к гранит-батолитовой формации и среди разнородных гранитоидов Енисейского кряжа является единственным их типом, который по условиям образования, исходному составу расплава, геохимическому профилю и геохимической дифференциации расплава, в наибольшей степени соответствует потенциально рудоносным гранитоидам в понимании Л.В. Таусона (1977). С интрузиями гранитоидов данного типа проявляют пространственную общность все известные, более или менее значительные по масштабам месторождения золота Енисейского кряжа. В связи со сказанным, приведем краткую характеристику основных черт гранитоидов.

По условиям формирования рассматриваемые гранитоиды палингенно-анатектические, по содержанию SiO_2, равному 70-73%, глубинные мезоабиссальные, образовались на глубине 7-13 км при давлении водных флюидов в 1-2 кбар. Они относятся к типу плутонических водных гранитоидов (по Г.Б. Ферштатеру и Н.С. Бородиной, 1975) и имеют свойственные им петрохимические, минералогические и структурные особенности. Формирование их происходило в условиях все возрастающей кислотности, что приводило к внедрению все более лейкократовых гранитоидов. Геохимический их профиль соответствует палингенным известково-щелочным гранитоидам (по Л.В. Таусону, 1977) и имеет в общем свойственную им геохимическую дифференциацию петрогенных и акцессорных элементов с некоторыми не столь значительными отклонениями.

Породам интрузии свойственны высокие кремнекислотность, глиноземистость и щелочность при равных соотношениях Na и K. Своеобразный внешний облик с развитием крупных мегакристаллов решетчатого микроклина как в породах главной, так и дополнительной фаз, отличает их от других гранитоидов кряжа.

Процессы кристаллизационной дифференциации в гранитоидах не получили широкого развития, но все же можно констатировать, что в более поздних дифференциатах отмечается незначительное повышение кислотности, увеличение содержания флюидов. При этом, поздние дифференциаты обогащены P, F, B, Cl, а также Rb, Li, кристаллически связанными с калием или образующими устойчивое соединение с летучими. Поздние дифференциаты обычно затронуты процессами грейзенизации. Согласно исследованиям А.А. Маракушева и И.А. Тарарина (1966) при таком направлении кислотно-щелочной эволюции расплава процесс оруденения характеризуется выпадением ранней щелочной стадии, начинаясь с развития интенсивного кислотного метасоматоза.

По содержанию золота гранитоиды батолитовой формации существенно не отличаются от других гранитоидов Енисейского кряжа (табл. 3.9). В породах как главной, так и дополнительной фаз содержание золота довольно равномерное, близкое к кларку элемента в земной коре. Оно заметно повышается лишь в грейзенизированных разностях. Нашими исследованиями установлено, что с площадями развития грейзенизированных гранитов с высоким содержанием турмалина пространственно ассоциируют месторождения (Олимпиадинское, Аяхтинское). Хотя геохимическая специализация на золото в гранитоидах батолитовой формации не намечается, в протолочках из всех изученных массивов отмечено присутствие золота.

Таблица 3.9

Содержание золота в гранитоидах массивов Заангарской части Енисейского кряжа (в $n \cdot 10^{-7}$%)

Формация	Гранитоидный массив	Породы главной фазы, центральной части массива	Породы эндоконтактовой зоны	Породы дополнительной и жильной фазы	Измененные метасоматическими процессами породы	Характер метасоматических изменений
Мигматит-гнейсо-гранитовая	Тейский	3,8-30,0[x] 19,2 (3)	3,3-4,4 3,9 (5)		18,0	Грейзенизация
	Гаревский	3,9-15,0 10,0 (5)	1,7-22,0 7,8 (11)		16; 59; 1,0	Грейзенизация Окварцевание
Батолитовых гранитоидов	Каламинский	1,5-10,0 3,94 (12)	2,0-33,2 10,15 (12)	2,3-6,3 4,08 (8)	10-15 12,5 (2) 2,8	Альбитизация Окварцевание
	Аяхтинский	0,58-9,5 4,32 (14)	1,3-14,0 3,98 (12)	3,1-14 7,8 (6)	3,4-62,0 24,2 (6) 0,8-2,3 1,5 (2)	Грейзенизация Окварцевание
	Чиримбинский	2,8-5,0 4,33 (6)	1,1-47,0 15,77 (20)	4,6-5,5 5,0 (3)	1,1-3,6 2,2 (4)	Окварцевание
	Тырадинский (г. Высокой)	2,9-13,3 6,6, (3)	3,2-6,7 5,42 (5)		2,6-54,2 15,14 (7)	Грейзенизация
	Рязановский	23,5-90,2 56,9 (2)	2,1-13,8 7,9 (2)	2,6-6,7 4,6 (5)		
Лейкогранитовая	Гремихинский	1,4-4,8 3,6 (7)	2,3-3,7 2,9 (3)	2,2-3,7 3,0 (5)		
	Верхне-Киликейский	2,3-6,0 4,3 (5)	0,7-3,5 1,8 (7)	1,6-5,9 3,3 (11)		
	Глушихинский	1,2-2,3 1,7 (4)		1,2-1,9 1,6 (2)		
	Тырадинский	0,29-8,3 2,07 (7)		1,8-8,3 3,7 (5)	8,2-110,0 34,5 (7)	Грейзенизация

x) - в числителе - пределы колебаний; в знаменателе - среднее содержание, в скобках - количество проб.

Развитие включений самородного золота в гранитоидах наиболее вероятно связывать с различиями форм нахождения элемента в гранитном расплаве - относительно равномерно рассеянной и «избыточной», предполагавшимися Ю.Г. Щербаковым (1974) и экспериментально подтвержденными А.Г. Мироновым и Д.С. Глюком (1980). Микровключения самородного золота образовались при кристаллизации гранитных расплавов, содержащих «избыточное» золото. Важное значение при этом имели, вероятно, физико-химические условия кристаллизации расплава (кислотно-щелочной режим, температура, давление, активность хлора и проч.). Выделение золота нередко сопровождается включениями самородного свинца, молибденита, постоянно с ним ассоциирует пирит и халькопирит.

По исследованиям Н.В. Вилора (1970), В.Г. Моисеенко (1971, 1977), И.Д. Рябчикова (1974, 1975 и др.), золото генетически связано преимущественно с теми магмами, в которых в составе летучих значительная роль принадлежит хлору. В этой связи отметим, что по экспериментальным данным на начальных этапах гранитообразования в абиссальных условиях основная масса летучих растворена в силикатных расплавах, во флюидной фазе накапливается 10-20% всей массы летучих, причем основная их масса приходится на долю воды и углекислоты (Таусон, 1977). По мере кристаллизации расплава в составе газовой фазы увеличивается количество воды и накапливаются галогениды и хлориды щелочей, причем будут преобладать хлориды калия над хлоридами натрия. Видимо, с этой фазой становления гранитоидов связано образование рудных концентраций золота. Рассматриваемые гранитоиды батолитовой формации не обнаруживают повышенных содержаний хлора (обычно оно не выходит за пределы кларка), однако он довлеет над содержанием фтора и бора. При этом, если учесть, что хлор удаляется из раствора магматического расплава при становлении интрузий на ранних этапах, а фтор накапливается, захороняясь в кристаллизирующихся породах, то можно предположить, что первоначальный состав расплава был значительно более богат хлором.

Согласно В.М. Даценко (1977) концентрации золота в ореоле гранитоидных батолитов в миогеосинклинальной зоне благоприятствовал восстановительный режим, создававшийся в ее пределах.

Из приведенных данных связь образования рудных концентраций золота с гранитоидами батолитовых интрузий представляется вполне возможной. Об этой возможности свидетельствуют и фактические геологические материалы.

Проведенное нами изучение взаимоотношений золотого оруденения с гранитоидами батолитовых интрузий в промышленно золотоносной части Енисейского кряжа выявило наиболее тесную пространственную связь с ними рудных объектов, локализованных на нижних стратиграфических уровнях - в верхней части пенченгинской свиты и кординской свите. При этом, привлекает внимание то, что с удалением от гранитоидных массивов и с переходом от нижних стратиграфических уровней к верхним заметно уменьшается интенсивность метасоматических преобразований рудовмещающих пород, одни структурно-морфологические и минеральные типы оруденения сменяются другими, изменяется способ рудоотложения. Такое закономерное изменение типов оруденения - линзовидно-пластообразных залежей карбонат-кварцевых метасоматитов, пересекающихся со стороны лежачего бока преимущественно крутопадающими кварцевыми жилами в пенченгинской свите, седловидных, столбо- и колоколообразных тел метасоматитовых вкрапленных золото-сульфидных руд в кординской свите, кварц-прожилковых и жильно-прожилковых зон в горбилокской свите, и кварцевожильных зон выполнения в удерейской свите - являющееся проявлением горизонтальной и ярусной зональности, В.И. Смирнов (1982), Д.И. Горжевский и В.Н. Козеренко (1965) и другие рассматривают как свидетельство существования генетической связи оруденения с гранитоидными интрузиями, а Н.И Бородаевский (1962) парагенетической (братской) связи.

Для суждения о характере соотношений оруденения с интрузиями интересны имеющиеся радиологические данные возраста руд месторождений. На Советском месторождении возраст руд по галениту составляет 900±150 млн. лет (данные М.И. Волобуева и С.И. Зыкова), на расположенном вблизи него Григорьевском рудопроявлении (по галениту) 880±100 млн. лет (данные Л.В. Ли), месторождения Эльдорадо 780±30 млн. лет по галениту и 795±30 млн. лет по биотиту (данные А.М. Сазонова). Для Олимпиадинского месторождении ныне получены следующие значения возраста: Л.В. Ли для рудных залежей по слюдам - 754, 765, 811 млн. лет (определения калий-аргоновым методом), В.А. Лопатиным - 794,4±34 млн. лет (определения рубидий-стронциевым методом), В.А. Поперековым для слюд площади месторождения 860, 877, 842, 711 млн. лет, А.М. Сазоновым и Е.А. Звягиной - 856 -792 млн. лет (определения калий-аргоновым методом). Эти значения вполне сопоставимы со значениями радиологического возраста гранитоидов батолитовых интрузий (850±60 млн. лет). Незначительно более высокое значение возраста руд по ряду определений, по-видимому, можно объяснить присутствием контаминационного свинца из вмещающих пород.

Таким образом, изложенные материалы могут свидетельствовать о существовании связи образования рудных концентраций золота с формированием батолитовых интрузии. С позиции энергетики рудообразования такой вывод находит подкрепление в крупных размерах интрузивов, с которыми ассоциируют рудные объекты. Основываясь на результатах исследований В.И. Смирнова (1981) и В.Г. Золотарева (1982, 1984) можно полагать, что именно такие плутоны могли привносимым теплом обеспечить предварительный и одновременный с рудогенезом прогрев сферы рудоотложения и поддерживать температуру продвигающихся вверх рудоносных растворов. Крупные плутоны могли обусловить также более медленное остывание сферы рудоотложения и тем самым более длительное функционирование рудоносных растворов.

Структурные критерии. Важнейшими структурными критериями оруденения олимпиадинского типа являются:

1. Коленообразный изгиб в плане глубинного разлома, отграничивающего миктогеосинклинальную зону от эвгеосинклинальной и характеризующийся обстановкой правостороннего сдвигового растяжения;

2. Грабенообразный прогиб с породами повышенной плотности в надинтрузивной зоне апофизы массива гранитоидов в наиболее опущенном участке кровли, которому соответствует выделенный нами центральный блок;

3. Замковые и призамковые части антиклинали на участке периклинального ее замыкания и прилегающие к ним участки крыла, осложненные S-образным изгибом.

4. Зоны межпластового скольжения и узлы их пересечения диагональными и поперечными разломами; продольные разрывные нарушения, параллельные крыльям и шарнирам складок II порядка и являющиеся рудоподводящими на отдельных тектонически разрушенных участках.

Литологические критерии. По приведенными данными определяется важнейшая роль в качестве литологического критерия вкрапленного золотосульфидного оруденения олимпиадинского типа:

- Неоднородный литологический состав рудовмещающей толщи, с достаточно отчетливо обособляющимися в разрезе горизонтами терригенных, карбонатных и углеродистых пород;

- Определенное сочетание в разрезе различных литологических горизонтов (снизу) - существенно терригенного с карбонатным и карбонатного с углеродистым.

Магматические критерии. К магматическим критериям оруденения олимпиадинского типа отнесены:

- Провес кровли гранит-батолитовой интрузии, разделенный разломами на систему блоков, опущенные на разную глубину;

- Присутствие в гранитоидах интрузии микровключений самородного золота, указывающих на "избыточность его концентраций;

- Эндогенная рудная зональность разнотипного оруденения относительно гранитоидной интрузии;

- Связь масштабов рудоконцентраций с наиболее погруженными участками кровли гранитоидной интрузии.

Гидротермально-метасоматические критерии. Размещение рудного поля над провесом кровли гранитоидной интрузии определили неравномерные разнородные площадные и локальные метасоматические преобразования вмещающих пород, сопутствующие формированию оруденения. Эти преобразования проявились весьма разнообразно, будучи связанными с разнородными процессами. Можно выделить предварительно три типа комплексов гидротермально-метасоматических изменений: 1) ороговикование, скарнирование, развитие кварц-карбонат-турмалиновых пород; 2) окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, развитие вторичных кварцитов, цоизитсодержащих, кварц-цоизитовых и карбонатных метасоматитов; 3) развитие карбонатных, кальцит-пренитовых и кальцит-цеолитовых микропрожилков, кальцитового цеолита типа стильбита, микропрожилков позднего метасоматического альбита, флюорита. В целом эти генетические комплексы изменений каждого из перечисленных типов, в общем, соответствуют смене основных стадий рудного процесса, а именно: первый - ранне- или позднедорудному этапу; второй - предрудному, рудному в широком смысле и позднерудному; третий - пострудному. Комплекс изменений первого типа относится ко времени становления гранитоидной интрузии и термального ее воздействия на вмещающую среду. Он выразился в перекристаллизации пород, укрупнении минералов и очищении их от микровключений, появлений мелко- и среднезернистой роговиковой структуры и исчезновении сланцеватости, мраморизации прослоев известняков. Развиваются крупные порфиробласты граната и биотита особенно широко в кварц-карбонат-слюдистых сланцах рудовмещающего горизонта, новообразования мелкозернистого клиноцоизита и сфена, роговая обманка или актинолит, клиноцоизит в подстилающих

рудовмещающий горизонт кварц-слюдистых сланцах, порфиробласты граната, хлоритоида в кварц-слюдисто-углеродистых сланцах верхнерудного горизонта. Образуются скарны и скарноподобные метасоматиты карбонат-тремолитового состава. К комплексу ранних изменений, но к более низкотемпературной ступени относятся своеобразные метасоматиты среди кварц-слюдисто-углеродистых сланцев, в составе которых преобладающим минералом является новообразованный длиннотаблитчатый хлоритоид. Эти метасоматиты повсеместно в зонах повышенной флюидной проницаемости, интенсивно прокварцованы и сульфидизированы. В рудопроявлениях, локализованных в экзоконтактовой зоне гранитоидной интрузии, наблюдаются своеобразные кварц-карбонат-турмалиновые породы, прожилки существенно турмалинового состава и кварцевые жилы, секущие скарны с турмалином.

Комплекс изменений второго типа относится ко времени наиболее широкого развития гидротермально-метасоматических процессов, сопровождавшихся рудоотложением. В различной степени затронутые контактовыми и ранними постмагматическими процессами породы в зонах локализации оруденения подверглись преобразованиям, связанным в основном с процессами кремнекислотного выщелачивания и щелочного метасоматоза. По породам разного состава в условиях различной возможности просачивания растворов образуются разнообразные метасоматиты. Гидротермально-метасоматические процессы локализовались, в основном, в зонах межпластового скольжения на границе различных литологических горизонтов и в горизонте карбонатных пород, благодаря повышенной их реакционной способности. Вследствие нейтрализации и понижения агрессивности растворов на пути их просачивания метасоматические изменения пород были связаны не столько с процессами замещения одних минералов другими, сколько их переотложением, в связи с чем широкое развитие получили метасоматиты, состоящие из того же комплекса минералов, что и исходные породы, но отличающиеся от них более крупными размерами зерен. По данной причине метасоматически измененные породы часто бывают трудно отличимы макроскопически от неизменных, что является спецификой процесса метасоматических преобразований рудовмещающих пород на Олимпиадинском месторождении, которую следует учитывать при поисках и оценке рудных объектов. В особенности это относится к наиболее распространенным кварц-слюдисто-карбонатным метасоматитам, с которыми связаны большие рудоконцентрации золота.

Среди других метасоматитов выделяются своеобразием цоизит-содержащие с арсенопиритовой и антимонитовой минерализацией, слагающие внешнюю зону частной метасоматической колонки. В направлении к внутренней зоне колонки они сменяются вначале кварц-цоизитовыми метасоматитами, затем почти мономинеральными кварцитами. Цоизитсодержащие метасоматиты в рудных зонах также бывают часто повышенно рудоносными.

Весьма характерным, более поздним по времени образованием являются белые или осветленные метасоматиты существенно карбонатного состава, образующиеся как по мраморизованным известнякам, так и кварц-слюдисто-карбонатным сланцам. В них совместно с игольчатыми кристаллами арсенопирита наблюдаются прожилки антимонита.

Комплекс изменений последнего третьего типа относится к завершающим и конечным стадиям гидротермального процесса и связан с активным участием в минералообразовании углекислоты, что обусловило развитие микропрожилков, гнезд и линз карбоната, замещение граната и биотита карбонатом, образование кальцит-пренитовых и кальцит-цеолитовых микропрожилков. Высокая же щелочность растворов определила широкое развитие процесса хлоритизации, охватившего все породы. Завершается гидротермальный процесс развитием позднего метасоматического альбита и флюорита.

Таким образом, на общем фоне комплексов изменений разного типа, относящихся к различным стадиям рудного процесса, отчетливо проявлены гидротермально-метасоматические преобразования пород, сопряженные во времени с рудоотложением. Исходя из них, определяется следующий важнейший прогнозно-поисковый критерий вкрапленного золотосульфидного оруденения олимпиадинского типа:

Развитие комплекса гидротермально-метасоматических изменений пород, сопряженных во времени с рудоотложением, выразившихся в образовании кварц-слюдисто-карбонатных, цоизит-кварц-слюдистых и слюдисто-карбонатных метасоматитов.

Минералогические критерии. На месторождениях вкрапленных золото-сульфидных руд Олимпиадинского рудного поля рудоконцентрации золота связаны с двумя продуктивными минеральными ассоциациями: более ранней, золото-арсенопиритовой и более поздней, золото-бертьерит-антимонитовой. Главная из них золото-арсенопиритовая, являющаяся устойчиво продуктивной и пользующаяся почти повсеместным распространением в границах рудных зон. Участки повышенного ее развития соответствуют рудным телам или определяют их положение. Основные рудоконцентрации золота связаны с арсенопиритом тонкоигольчатого габитуса, имеющим размер обычно первые сотые доли миллиметра в поперечнике при длине кристаллов от первых десятых долей до 1 мм, редко более. При этом, подмечена определенная зависимость уровня содержания золота в арсенопирите от литологического состава рудовмещающих пород; более высоким уровнем золотоносности, обычно, характеризуется арсенопирит в углеродистых кварц-слюдистых сланцах по сравнению с арсенопиритом в нижележащих кварц-карбонат-слюдистых сланцах. В короткопризматической, более грубозернистой разновидности арсенопирита золото содержится на 1-2 порядка меньше, чем в игольчатой. Л.А. Николаева и другие различают еще тонкоагрегатную морфологическую разновидность арсенопирита, которая по их данным является повышенно золотоносной. Однако, имеющиеся о ней сведения весьма скудные. Изредка все три разновидности арсенопирита присутствуют вместе, но при этом достаточно отчетливо проявляется тяготение более грубозернистого короткопризматического арсенопирита к слабо золотоносным участкам рудных зон. Довольно часто арсенопирит встречается в виде микроскопических, в том числе многочисленных включений идиоморфных кристаллов в пирротине, и сложных срастаний. Вместе с арсенопиритом в его включениях отмечаются халькопирит и золото. В разновидностях пирротина, образовавшихся, по-видимому, близко одновременно или позже арсенопирита, часто присутствует в повышенных количествах золото (в среднем от 7,8 до 9,4 г/т). Имеются единичные определения с более высоким содержанием золота (до 10-30 г/т), которые В.А. Лопатин и другие связывают с присутствием в минерале включений кварца или арсенопирита, что не противоречит результатам наших атомно-абсорбционных определений, по которым содержание золота не превышает 3 г/т. Из других минералов в ранней золотосульфидной ассоциаций присутствие золота преимущественно в небольшом количестве установлено в пирите. По результатам атомно-абсорбционного и нейтронно-активационного анализов среднее его содержание по Олимпиадинскому месторождению составляет 0,7 г/т при вариации 0,03 до 78 г/т.

Более поздняя, золото-бертьерит-антимонитовая ассоциация является, по существу, переменно продуктивной, поскольку золото не обнаруживает столь устойчивой и тесной связи с сурьмяными минералами, как с арсенопиритом. Как показывают результаты технологических исследований полупромышленных проб руд ее роль в рудоконцентрации незначительна; в сочетании с антимонитом и другими минералами сурьмы обнаружено лишь 5% золота. Она имеет локальное и дифференцированное распространение, развиваясь чаще всего внутри контуров минерализаций ранней продуктивной ассоциаций и с различной интенсивностью на разных участках - наиболее низкой на Западном участке и в верхних горизонтах Восточного участка Олимпиадинского месторождения и максимально высокой - на глубоких горизонтах последнего. Лишь в границах Главного рудного тела месторождения ореолы ее распространения почти такие же широкие, как у ранней золото-мышьяковой продуктивной ассоциации. Участки совместного развития обоих минеральных ассоциаций при наибольшей интенсивности их проявления характеризуются наиболее высокой концентрацией золота.

По результатам атомно-абсорбционного и нейтронно-активационного анализов 29 мономинеральных проб содержание золота в антимоните составляет в среднем 3,1 г/т при вариации 0,05-200 г/т.

Полученные для Олимпиадинского месторождения данные о парагенетической связи преобладающей части золота с рудными минералами на ранней стадии формирования вкрапленных золото-сульфидных руд имеет важное практическое значение. Становится очевидным, что золотоносность минерализованных участков будет определяться, прежде всего, интенсивностью развития продуктивной пирит-пирротин-арсенопиритовой ассоциации, а присутствие рудных минералов данной ассоциации - пирита и пирротина и особенно тонкоигольчатого арсенопирита в минерализованных зонах является прямым указанием на вкрапленное золото-сульфидное оруденение. В зависимости от содержания и количественных соотношений этих минералов с учетом литологических особенностей того или иного участка могут быть определены перспективы развития промышленного оруденения по простиранию и падению минерализованных зон. Ведущим признаком такой прогнозной оценки является интенсивность развития тонкоигольчатого арсенопирита, но при этом необходимо учитывать и влияние вмещающих пород.

Другим важным признаком вкрапленной золотосульфидной минерализации является развитие в ее составе антимонита и других минералов сурьмы, приуроченных, как правило, к внутренним частям контуров развития ранней золото-арсенопиритовой ассоциации. Совместное развитие продуктивной золото-арсенопиритовой и убого золотоносной антимонитовой минерализации, по-видимому, является характерным для месторождения олимпиадинского типа, обусловленным эволюцией рудообразующих растворов во времени.

Наконец, важное прогнозно-поисковое значение для месторождений олимпиадинского типа может иметь проявление ртутной минерализации. При ее изучении обращает на себя внимание пространственная сопряженность и частичная совмещенность в пределах единых участков ртутной минерализации с золотосульфидной. Устойчивость данных соотношений свидетельствует о существовании между ними парагенетической связи. На то же самое указывает присутствие повышенных концентраций ртути в составе самородного золота. Исходя из всего этого, можно полагать, что концентрации обоих элементов связаны друг с другом общностью глубинного источника рудного вещества и структур восхождения глубинных флюидов.

На основании изложенных данных к важнейшим минералогическим прогнозно-поисковым критериям и признакам вкрапленного золотосульфидного оруденения олимпиадинского типа могут быть отнесены:

- Присутствие в зонах минерализации в разнопроявленных кварц-слюдисто-карбонатных и существенно карбонатных метасоматитах тонких скоплений игольчатого арсенопирита - основного концентратора золота во вкрапленных сульфидных рудах, в ассоциации с пирротином и пиритом или без них. Интенсивность развития такого арсенопирита в благоприятных для локализации оруденения породах может рассматриваться в качестве главного минералогического критерия оценки потенциальной рудоносности участка;
- Развитие убого золотоносного антимонита в зонах проявления пирит-пирротин-арсенопиритовой минерализации в качестве образования более поздней стадии;
- Развитие проявлений ртутной минерализации в тесной пространственной связи с рудными зонами вкрапленного золотосульфидного оруденения.

Геохимические критерии. По результатам геохимических исследований рудные тела, рудоносные зоны, рудное поле достаточно отчетливо проявляются во вторичных и первичных ореолах рассеяния золота и некоторых других химических элементов. Кроме того, установлены аномальные концентрации значительного числа химических элементов, имеющих закономерную пространственную связь с рудными телами и рудоносными зонами.

Ореол рудного тела проявляется высокими относительно фоновых уровнями контрастности концентрациями золота, сурьмы, мышьяка, вольфрама, свинца, серебра. Для рудоносных зон характерны относительно низкоконтрастные геохимические поля с ассоциацией элементов, включающей золото, сурьму, вольфрам (литий, бор), а рудным полям свойственны площадные относительно низкоконтрастные поля с мышьяком, серебром, сурьмой, вольфрамом (бором, литием).

Среди химических элементов, присутствующих в составе различных геохимических ассоциаций, максимальных концентраций в рудных телах достигают помимо золота - главного рудообразующего элемента, мышьяк, вольфрам, сурьма, серебро, свинец. Из этих элементов наиболее устойчивыми связями с золотом обладают серебро, мышьяк, сурьма, отчасти вольфрам и свинец, являющиеся элементами-индикаторами золотого оруденения. Ореолы мышьяка и сурьмы с наиболее высокими содержаниями, достигающими соответственно 1000-600 и 1000 г/т, отвечают рудным телам. Вольфрам фиксирует рудные тела при содержании в локальных высокоаномальных его ореолах, составляющих 300-3000 г/т. В отличие от них локальные высокоаномальные ореолы серебра и свинца тяготеют преимущественно к периферическим участкам рудных тел.

В строении эндогенных геохимических ореолов элементов-индикаторов золотого оруденения проявляется зональность, выражающаяся в последовательной смене минерально-геохимических парагенезисов в направлении от центра оруденения к периферии и снизу вверх: Au (Sb, As)→Au, As (Sb, Ag, W) → Au, Sb, W, As (Pb, Ag) → Au, Sb, Pb, Ag (As, Bi) → [Au, Hg, Sb?]. Устанавливающаяся вертикальная зональность является отражением горизонтальной зональности; она заключается в последовательной смене золотой и золото-мышьяковой рудной ассоциаций комплексной золото-сурьмяной с вольфрамом, свинцом, серебром. Отмеченная зональность оруденения находит

отражение в ореолах окисленных "коровых" руд.

Изучение по выборкам распределения содержания элементов, выполненное в целом для Олимпиадинского месторождения, показало, что в околорудной зоне происходит увеличение среднего содержания золота, вольфрама, мышьяка, сурьмы и некоторых других элементов. В рудной зоне наблюдается резкое возрастание вариаций содержания большинства элементов. Установлены значимые и положительные корреляционные связи золота с мышьяком и сурьмой.

Рассмотренные данные позволяют к важнейшим прогнозно-поисковым геохимическим критериям вкрапленного золотосульфидного оруденения олимпиадинского типа отнести:

- Развитие в рудах и ореолах высоких концентраций мышьяка, вольфрама, сурьмы, серебра, свинца, являющихся основными индикаторами оруденения;
- Значимые и положительные корреляционные связи золота с мышьяком и с сурьмой;
- Зональность в строении эндогенных геохимических ореолов элементов-индикаторов оруденения, выраженная в последовательной смене в направлении от центра к периферии и снизу вверх определенных парагенезисов золота с сурьмой, мышьяком, серебром, вольфрамом и другими.

Геофизические критерии. Рудные концентрации золота, в отличие от многих других полезных ископаемых, образующих часто сплошные рудные залежи, носят неравномерно рассредоточенный характер и не поддаются прямому выявлению геофизическими методами. В то же время аномалеобразующие факторы на золоторудных полях часто в общем такие же, как и на рудных полях других металлов и минерализованных зонах, не сопровождающихся концентрацией полезных ископаемых. По данной причине геофизические исследования при поиске золоторудных месторождений имеют не прямое, а косвенное значение; с их помощью большей частью решаются задачи геолого-структурного картирования, выявления рудоконтролирующих структур и проч. Тем не менее, геофизические методы находят достаточно эффективное применение в геолого-поисковой и разведочной практике.

На площади Олимпиадинского рудного поля проведены различные виды геофизических работ: гравиметрические, электроразведочные и магнито-разведочные. По результатам электроразведочных и магниторазведочных работ достаточно отчетливо выделились по характеру вариаций интенсивности магнитного поля (ΔZ) и кажущихся сопротивлений ($P_к$) геофизические поля трех типов: 1) слабо дифференцированное, с значительными по площади участками линейных, реже изометричных очертаний и выдержанными по простиранию зонами, в которых значения ΔZ и $P_к$ более или менее постоянны; они соответствуют участкам рудного поля с различными степенью и спецификой проявления тектонических, гидротермальных и метасоматических процессов; 2) дифференцированные с значительными вариациями интенсивности величин ΔZ и $P_к$, многочисленными локальными аномалиями (для ΔZ переменного знака) и линейными зонами высоких значений горизонтальных градиентов ($g_к$) при относительно низких абсолютных величинах ΔZ и $P_к$; 3) геофизические поля с резко отличающимися от предыдущих значениями ΔZ и $P_к$.

Все выявленные на площади рудного поля участки локализации золотого оруденения приурочены к геофизическим полям 2 и, реже, 3 типов. При этом, участки максимального развития оруденения контролируются мелкими разрывными нарушениями типа сбросов северо-западного простирания, выделяющимися линейными зонами локальных аномалий ΔZ от 100 до 1250 нТл, градиентами $P_к$ от 17 до 100 омм/м и более локальным понижением значений поля сопротивлений до 1000-2000 омм на фоне 3000-5000 Ом•м. Метасоматиты, коры выветривания и связанные с ними рудные тела находятся в высокодифференцированных геофизических полях, что в значительной степени затрудняет их выделение по магнитным и электрическим данным. Зоны распространения кор выветривания как на Олимпиадинском, так и Правобережном участках характеризуются ровными полями ΔZ и $P_к$; значения ΔZ колеблются в пределах –20 ÷ +100 нТл, редко достигают +500 нТл, $P_к$ – 250 – 1000 Ом•м.

Таким образом, участки локализации золотого оруденения на площади рудного поля характеризуется следующими геофизическими признаками:

- дифференцированным геофизическим полем с значительными вариациями интенсивности магнитного поля и кажущихся сопротивлений, локальными аномалиями и линейными зонами высоких значений горизонтальных градиентов, отражающих внутреннее строение рудолокализующих блоков;
- линейными зонами локальных аномалий ΔZ и градиентов $P_к$, фиксирующими мелкие разрывные нарушения, контролирующие участки наиболее интенсивного развития оруденения.

Рудно-формационные особенности месторождения

Месторождения вкрапленных и прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд, выделенные впервые Д.А. Тимофеевским (1971), затем Ю.П. Ивенсеном и В.И. Левиным (1975), В.Н. Сорокиным (1980), Г.П. Воларовичем и Н.А. Фогельман (1981) в золото-сульфидную формацию, обладая значительным сходством состава устойчивых минеральных парагенезисов, достаточно разнообразны по геологическим условиям формирования. Для выяснения этого разнообразия и различия рудноформационных типов месторождений нами осуществлено широкое их сопоставление по формационным признакам, собранным в результате изучения большого числа опубликованных и меньше фондовых работ (табл. 14). Не затрагивая в деталях всех признаков, рассмотрим важнейшие особенности геологической обстановки и вещественного состава руд.

Месторождения формировались в региональных геологических структурах, развивавшихся при различных тектонических режимах, что обусловило рудноформационную их неоднородность. Как видно из таблицы, преобладающее их большинство приурочено к миогеосинклинальным поясам, меньшее число - к эвгеосинклинальным зонам, отдельные - к зеленокаменным поясам (Хомстейк) и др. Обособленную тектоническую позицию занимает также Олимпиадинское месторождение, которое располагается в микогеосинклинальной зоне, в краевой ее части, вблизи границы с эвгеосинклинальной зоной. Эта особенность позиции находит отражение в связи месторождения с гранитоидным плутоном.

В современном структурном плане рудоносные региональные геологические структуры весьма разнообразны и представлены приосевой частью синклинория, переходной зоной от синклинория к антиклинорию, позднеорогенным грабеном, узлами пересечений региональных разломов и складчато-разрывных структур, тектоническим окном в зоне регионального надвига, зоной шарьяжирования, вулканотектонической депрессией и проч. Для Олимпиадинского месторождения характерным является приуроченность к присводовой части антиклинория, представленного широкой полосой складчато-разрывной деформации пород. Из такого разнообразия представляется вполне вероятным, "неизбирательность" процессов рудоконцентрации к формам региональных геологических структур. В то же время, как показывает анализ материалов, на всех рудных полях они выявляют связь с крупными разрывными структурами.

Рудовмещающий комплекс - геосинклинальный, за небольшим исключением, в которых он позднеорогенный молассовый, охватывает интервал возраста от позднего протерозоя и венда до позднего карбона и триаса. Состав комплекса разнообразный - известково-песчано-сланцевый, терригенно-карбонатный, углеродистый песчано-сланцевый, терригенно-вулканогенный, вулканогенно-терригенно-кремнистый, вулканогенно-карбонатный, конгломерато-известняково-сланцевый и проч. Характер строения рудовмещающих толщ тесно связан с палеотектоническими условиями их формирования.

Породы на большинстве месторождений слабо метаморфизованы в филлитовой и зеленосланцевой фациях, на некоторых испытали лишь диагенетические и катагенетические изменения. Только на отдельных месторождениях они подверглись более глубоким метаморфическим преобразованиям, соответствующим по минеральным парагенезисам эпидот-амфиболитовой фации. К числу их относится и Олимпиадинское месторождение.

Для геологической обстановки нахождения рассматриваемых месторождений характерно постоянное присутствие интрузивно-магматических образований различных по составу и, большей частью, тесно сопряженных по времени образования с процессами рудоконцентрации. На рудных полях одних месторождений они представлены интрузиями гранитоидов, сопровождающимися нередко группой сателлитов, на других - дайками гранит-порфиров, граносиенит-порфиров кварц-полевошпатовых и фельзитовых кварцевых порфиров или габбро-диабазов, диорит-порфиров, гранодиорит-плагиогранит-порфиров, связанных с залегающими на глубине интрузивом гранитоидов, на третьих - сложным разновозрастным комплексом интрузии основного, среднего и кислого состава и т.д. Такая устойчивая пространственная и временная общность месторождений с интрузивно-магматическими образованиями может рассматриваться как свидетельство существования между ними генетической связи. Можно полагать, что последние явились энергоносителями, которые обусловили возникновение и длительное функционирование рудообразующей системы.

Локализация золотого оруденения на месторождениях контролируется разнородными структурами - зоной межпластового скольжения или разломами в сочетании с пластами благоприятных пород, зонами повышенного смятия пород, узлами пересечений крупных разломов и разрывными нарушениями различных систем и порядков, зонами дробления, будинажа, смятия и милонитизации и горизонтами благоприятных пород, приконтактовой зоной карбонатных и вулканогенно-осадочных пород. Это многообразие рудоконтролирующих и рудовмещающих структур нашло отражение на морфологии рудных тел. Для месторождений наиболее характерны согласные и субсогласные со структурой вмещающей толщи рудные тела, представленные седловидными, пластообразными, лентo- и линзообразными и неправильными по форме залежами, а также субпластовыми и вытянутыми трубообразными телами, параллельными осям рудовмещающих складок. Рудные тела некоторых месторождений, например, Олимпиадинского, по морфологии и условиям локализации, а также способу образования характеризуются типичными чертами, свойственными в целом для стратиформного оруденения эпигенетической фации.

Руды месторождений имеют качественно близкий состав основных рудослагающих минералов и различаются большей частью количественными содержаниями тех или иных минералов. Состав нерудных минералов в рудах определяется, главным образом, кварцем, карбонатами, слюдами, часто, и углеродистым веществом, к которым иногда примешиваются полевой шпат, анатаз, барит, иллитовые глинистые минералы, куммингтонит, сидероплезит, гранат, флюорит и др. Вариации качественного состава и количественного содержания минералов связаны с разнообразием вмещающих пород и вновь образованных метасоматитов.

Среди рудных минералов наиболее значимыми (сравнительно) в количественном отношении являются пирит, пирротин, арсенопирит, находящиеся в различных количественных соотношениях между собой на разных месторождениях. Весьма характерно для рассматриваемых месторождений почти постоянное присутствие минералов сурьмы-антимонита, бертьерита, меньше джемсонита и самородной сурьмы и др. и, довольно частое, нахождение, совместно с ними, реальгара, киновари, аурипигмента. Все другие минералы относятся к группам второстепенных и редко встречающихся. В их число входят галенит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды, пентландит, шеелит, молибденит и др., большая часть которых является характерной для стандартного минерального комплекса золотых руд.

Важная вещественная особенность рассматриваемых месторождений - резкое преобладание пылевидного и тонкодисперсного золота над очень мелким, мелким и средним. Преобладающая масса золота связано и в сростках с сульфидами - пиритом, арсенопиритом, меньше пирротином, антимонитом и другими, а также тонко распылено в кварце и породе. Редко золото отмечается в карбонате, полевом шпате, шеелите. В некоторых месторождениях выделяются две или даже три генерации золота - наиболее ранняя высокопробная и поздняя низкопробная. На Олимпиадинском месторождении исследованиями установлено довольно существенное обогащение ртутью золота поздней генерации по сравнению с ее содержанием в золоте ранней генерации.

Таким образом, изучение месторождений в процессе широкого их сопоставления по формационным признакам показывает, что Олимпиадинское месторождение, отличаясь по геологическим условиям нахождения, имеет достаточно специфических черт, обособляющих его в самостоятельный рудноформационный тип – плутоногенный вкрапленный золото-сульфидный. Подчеркнем важнейшие из этих черт и некоторые другие особенности месторождения: переходная от эв- к миогеосинклинали структурно-формационная зона с поясом позднеорогенных батолитических гранитоидных интрузий, контролирующаяся краевыми глубинными разломами структурного шва; пристыковой с эвгеосинклиналью участок зоны разлома, характеризующийся коленообразным изгибом в плане и динамической обстановкой правостороннего сдвигового растяжения; пространственная и временная общность оруденения с гранитоидной интрузией и его локализация над провесом кровли; отчетливо проявленная связь рудолокализации с карбонатным и залегающими выше углеродистым интервалами разреза; определяющая контроль оруденения зонами межпластового сбросо-сдвигового нарушения в сочетании с пластами благоприятных пород; асимметричная седловидная с раздувами и ответвлениями форма рудных тел в горизонтальном сечении и столбообразная с раздувом до колоколообразной в вертикальном; широкие площадные и локальные метасоматические преобразования пород под воздействием залегающей на глубине гранитоидной интрузии и гидротермальных растворов, связанные с процессами контактового метасоматоза, скарнирования, турмалинизации, биотитизации, цоизити-

зации, окварцевания, хлоритизации, карбонатизации, сульфидизации и т.д.; разнотипный минеральный комплекс – наряду с основным золото-пирротин-арсенопиритовым шеелитовый и сурьмяный, относящиеся, по-видимому, к разным этапам минералообразования.

Развитие на месторождении наряду с первичными рудами в большом объеме окисленных руд; преобладание пылевидного золота над тонкодисперсным, развитие двух генераций золота – ранней с высокой и поздней с низкой пробами, и повышенное и высокое содержание ртути в золоте.

Модель месторождения

Несмотря на то, что Олимпиадинское месторождение подвергалось детальной разведке и по нему утверждены запасы ГКЗ сначала по окисленным рудам в 1985, затем по первичным рудам после доразведки (выполнения рекомендации ГКЗ в 1993 г.) его изученность не обеспечивает получение необходимой, достаточно полной разносторонней и объективной геологической, геофизической и геохимической информации. Информационная неполнота касается, прежде всего, деталей геологического строения рудного поля и его месторождений, глубинности геофизических работ, детальности геохимической изученности площади рудного поля и т.д. Недостаточная фактологическая обеспеченность, по существу, исключает возможность создания обоснованной на достоверных материалах объемной модели Олимпиадинского месторождения, которая позволила бы в достаточной мере раскрыть глубинные факторы рудообразования. Предпринимаемые попытки создания глубинной основы прогноза Советского и Олимпиадинского месторождений (Константинов, Аристов и др., 1998; Константинов, Данковцев и др., 1999) базируются на переинтерпретации материалов гравиметрических, сейсмических и геологических исследований, полученных в разные годы при разных разрешающих возможностях аппаратуры, а не на получении новых уточненных фактических данных. При этом, глубинно-плотностной анализ материалов проведен с использованием методов обработки геофизических данных, не всегда в достаточной степени опробированных.

Это определило разработку нами описательной модели Олимпиадинского месторождения, базирующейся на конкретных фактических материалах (табл. 3.10). Она позволяет в концентрированном виде отразить сложные взаимоотношения и связи оруденения с различными по своей сути, природе и рангу элементами геологического пространства, и нацелена на решение прогнозно-поисковых задач, что соответствует основной цели выполненного исследования. Данная модель создана на рудно-формационной основе и этим определяется содержание описаний заданных характеристик.

Олимпиадинское золоторудное месторождение относится к новому нетрадиционному геолого-промышленному типу, обладающему большим потенциалом для дальнейшего промышленного освоения. Широкое его сопоставление по формационным признакам с известными месторождениями вкрапленных и прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд России, ближнего и дальнего зарубежья показало, что оно характеризуется своеобразными чертами геологических условий формирования, морфологии и вещественного состава рудных тел и технологических свойств руд. Исходя из этого, нами было предложено, выделить данное месторождение в самостоятельный плутоногенный гидротермально-метасоматитовый формационный тип вкрапленных золото-сульфидных руд (Ли и др., 1990). Основные особенности геологического строения, условий локализации и минерального состава руд достаточно полно охарактеризованы в соответствующих главах работы. Учитывая это, здесь кратко остановимся на рассмотрении некоторых генетических аспектов формирования месторождения.

Характерной отличительной особенностью геологической позиции месторождения является его размещение над провесом кровли крупной батолитической гранитоидной интрузии, включающей по геофизическим данным кроме Чиримбинского плутона с сателлитом – Тырыдинским куполовидным выступом Каламинский и Гурахтинский гранитоидные массивы. Данная интрузия по пространственному и временному соотношению с ней золотого оруденения и метасоматических преобразований пород соответствует материнской. В этой связи отметим, что еще Т.М. Дембо (1941) рассматривал Каламинскую интрузию в качестве «продуцента» золоторудных месторождений и рудопроявлений группы Эльдорадо, а П.С. Бернштейн и Н.В. Петровская связывали формирование золотоносных кварцевых жил Советского месторождения с залегающей, предположительно, на глубине гранитоидной интрузией; небольшой ее выход на дневную поверхность, именуемый Оллоноконским массивом, ныне установлен в 6 км к северо-востоку от Советского месторождения. С массивами гранитоидов (как ультраметаморфическими, так и палингенными) в пространстве часто тесно сопряжены тела основных, редко ультраосновных пород. Такая структурная сопряженность с гранитоидными интрузиями тел основных пород обычно воспринимается ныне геологами как факт, свидетельствующий о существовании каналов связи очагов гранитизации с глубинными слоями земной коры, вероятно, и с мантией, как указание на существование связи корового гранитоидного магматизма с мантией. Это находит косвенное подтверждение в полученных в последнее время результатах глубинного плотностного анализа гравиметрических и сейсмических материалов (Константинов, Данковцев и др., 1999), по которым структура приповерхностной и верхней части разреза земной коры интерпретируется как система интрузивных апофиз гранитоидов, прорывающих ультраметаморфические гранитоиды и инъецированных дайковыми телами базитов. Верхняя и средняя его части до глубины 30-35 км интерпретируются как плутон (или первичный магматический очаг) преимущественно кислого состава, явившийся основным источником гранитоидного магматизма. Наконец, нижняя часть разреза (30-50 км, до границы Мохоровичича) рассматривается как первичный магматический очаг преимущественно основного и среднего состава, сформированный, возможно за счет мантийного диапиризма. С западной стороны в рудный район между приповерхностными гранитоидами и очагами базальтоидной магмы клином вдается линзовидное тело ультрамафитов. Примеры такого одновременного проявления в сложных морфоструктурах на одних и тех же уровнях глубинности и мантийных, и коровых, и мантийно-коровых магматических комплексов, обусловленных геодинамикой глубинных разломов и их проницаемостью для расплавов и флюидов, рассмотрены в ряде работ (Иванкин, 1991; и др.).

Как можно видеть из приведенных данных, для глубинной структуры рудного узла характерным является сложное строение, которое может быть обусловлено проявлением процессов мантийно-коровых взаимодействий. Анализ имеющихся материалов позволяет предположить, что при этих процессах происходило зарождение и развитие магматических очагов и под их воздействием в литосфере могли возникнуть линейные разрывы и зоны растяжения. Важнейшими факторами образования магматичес-

Таблица 3.10

Модель Олимпиадинского месторождения вкрапленных золото-сульфидных руд

Элементы и признаки	Краткая характеристика
1	2
Геотектоническая позиция	Миктогеосинклинальная зона байкальского складчатого пояса с корой континентального типа повышенной мощности (50-51 км) и утолщенным гранитно-метаморфическим слоем (23-25 км); краевая ее часть, примыкающая к эвгеосинклинальной зоне.
Структурно-тектоническая обстановка	Полоса складчато-разрывной деформации пород, отвечающая поясу гранит-батолитовых интрузий, по общему строению - присводовой части антиклинория; участок коленообразного изгиба Татарского глубинного (?) разлома, отграничивающего с запада Центральную структурно-формационную зону.
Рудоносный формационный комплекс	Рифейский раннегеосинклинальный метакарбонатно-терригенный.
Рудовмещающая формация	Карбонатно-песчаниково-сланцевая.
Рудовмещающая толща	Неоднородная по литологическому составу, состоящая из горизонтов: (снизу) кварц-слюдистых сланцев, кварц-карбонат-слюдистых сланцев с линзовидными телами мраморизованных известняков и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев.
Перекрывающая толща надрудного пространства	Сланцевая; сланцы кварц-биотитовые и кварц-мусковит-биотитовые, кварц-мусковитовые и кварц-хлорит-мусковитовые с гранатом, в основнии толщи-слюдисто-углеродистые и карбонат-слюдисто-углеродистые.
Подстилающая толща подрудного пространства	Существенно сланцевая, с немногочисленными прослоями и пластами мелкозернитых кварцитов в нижнем интервале разреза и линзовидными телами мраморизованных известняков - в среднем и верхнем; сланцы слюдисто-кварцевые, слюдисто-полевошпат-кварцевые, кварц-слюдистые, кварц-хлорит-мусковитовые, кварц-хлоритоид-мусковитовые углеродистые, кварц-слюдисто-хлоритоидные и кварц-слюдисто-ставролитовые с гранатом и кианитом.
Региональный метаморфизм	Эпидот-амфиболитовой фации.
Стратиграфический уровень локализации оруденения	Кординская свита сухопитской серии рифейского геосинклинального комплекса.
Магматические образования и их пространственные взаимоотношения с оруденением	Позднеорогенные гранитоиды гранит-батолитовой формации; оруденение в провесе кровли интрузии, опущенной на глубину от менее 0,5 до 1 км от дневной поверхности.
Рудоконтролирующая структура	Верхне-Чиримбинский разлом, предположительно, рассматривающееся как северо-западное ответвление Ишимбинского глубинного структурного шва, ограничивающии рудное поле с северо-востока; Медвежинский разлом (или зона разломов), протягивающийся в северо-восточном направлении вдоль юго-восточного крыла Медвежьей антиклинали, и сопрягающийся с ним Широтный разлом (зона разломов); Оленье зона разломов, протягивающаяся вдоль северо-западного крыла Иннокентьевской синклинали.
Рудовмещающие структурные элементы	Зона межпластового скольжения в сочетании с пластами (горизонтами) благоприятных для рудолокализации пород в призамковой части и крыле запрокинутой антиклинали, осложненной флексурным изгибом и мелкими лежачими складками.
Гидротермально-метасомати-ческие преобразования пород рудовмещающей толщи	Дорудные и предрудные, связанные с термальным воздействием гранитоидной интрузии, контактово-метасоматическими и ранними постмагматическими процессами: развитие крупных порфиробласт граната и биотита, новообразований мелких зерен клиноцоизита и сфена, роговой обманки или актинолита, порфиробласт хлоритоида, известковых скарноидов и скарнов нередко с турмалином, карбонат-тремолитовых скарноподобных метасоматитов, крупнопризматических кристаллов цоизита, кварц-карбонат-турмалиновых пород; околорудные, сорудные и послерудные, связанные с процессами кремнекислотного выщелачивания и щелочного метасоматоза: окварцевание, хлоритизация, карбонатизация; развитие цоизит-содержащих карбонатных метасоматитов с арсенопиритовой и антимонитовой минерализацией, вторичных мономинеральных кварцитов, карбоната, хлорита, амфибола, карбонатных метасоматитов, часто с игольчатыми кристаллами арсенопирита и прожилками антимонита, кальцитового цеолита типа стильбита, позднего метасоматического альбита, флюорита.
Морфология рудослагающих рудных минералов	Тонкая вкрапленность, редко прожилки, неравномерно распределенные в массе пластообразных тел метасоматитов.
Вещественный состав руд	Первичных неокисленных: основные рудослагающие нерудные минералы - кварц и карбонаты, значительно присутствие слюд (мусковита, серицита, биотита) и хлорита; главный рудообразующий рудный минерал - золото, возможных попутных компонентов извлечения - сурьмы (антимонит) и вольфрама (шеелит), а также серебра и ртути (киноварь); основные рудослагающие рудные минералы - арсенопирит, пирротин, второстепенные - пирит, бертьерит, примеси - сфалерит, халькопирит, галенит и др.; "коровых" окисленных: главный рудослагающий нерудный - кварц, количественно подчиненные ему - гидротизированные калиевые слюды, небольшое количество глинистых минералов (в основном гидрослюда) и гидрооксилов железа - гетит и гидрогематит.
Морфология рудных тел	В горизонтальном сечении сложная, близкая к седловидной, и пластообразная с пережимами, раздувами, расщеплениями на ветви, подчиненная структуре вмещающей толщи и зонам межпластового скольжения; в вертикальном сечении изменяется от столбообразной с раздувами в верхней части до колоколообразной.

Окончание таблицы 3.10

1	2
Характер выделения, пробность золота	В первичных рудах - каплевидная, меньше неправильная и чешуйчатая, зависит от морфологии вмещающих полостей и трещин; субмикроскопическое, связанное в основном, с арсенопиритом, меньше свободное пылевидное и ограниченно в сростках с кварцем; две генерации золота: ранняя высокопробная - 910-997 с повышенным и высоким содержанием ртути (от 0,20 до 5,48%) (резко преобладает) поздняя, низкопробная - 647-757 с очень высоким содержанием ртути (от 8,89 до 12,91%) и относительно высоким серебра (15-22%); в окисленных рудах - пылевидное и тонкодисперсное, связано, в основном, с гидрооксидами железа и с труднорастворимыми оксидами сурьмы; небольшое количество свободное более крупное, остаточное первичное и гипергенное вторичное.
Изотопная характеристика	$\delta^{18}O$ (‰) карбоната-метасоматитов: 14,4÷20,50; $\delta^{13}C$ (‰) карбонатов: -5,4÷-0,6 и метасоматитов по углеродистым сланцам: -25,4÷-28,7; $\delta^{34}S$ (‰): пирит +13,5÷+16,6; пирротин +3,1÷+17,4; арсенопирит +1,1÷+5,9; антимонит +0,5÷+5,5.
Первичные геохимические ореолы рудогенных элементов	Ореолы: рудных тел - Au, Sb, As, W, Pb, Ag, а также Zn, Cu, Mn, высококонтрастные относительно фонового уровня; рудовмещающей структуры - Au, Sb W (Li, B), относительно низкоконтрастные; рудного поля - As, Ag, Sb, W (B, Li), низкоконтрастные, характерно достаточно широкое распространение на площади рудного поля ртутной (киноварной) минерализации, первичные геохимические ореолы которой изучены крайне недостаточно.
Сопутствующее оруденение	Кварцевые жилы, короткие быстро выклинивающиеся по падению, раздутые линзы, чечевицы и желваки с биотитом, пирротином, арсенопиритом и золотом (по немногочисленным пробам).

ких очагов являются глубинные разломы, служащие зонами повышенной проницаемости, и контролируемые ими потоки интрателлурических («сквозьмагматических») флюидов. Эти очаги и связанные с ними разрывы и зоны растяжения играли, вероятно, ведущую роль в образовании масштабной рудоконцентрации Олимпиадинского месторождения. Следует отметить, что идея о ведущей роли мантийных процессов и мантийно-корового взаимодействия в образовании крупных и уникальных месторождений ныне получило широкое признание.

С внедрением магмы, образовавшей криптогенный гранитоидный батолит и вызвавшей формирование над ним купола метасоматитов, возникает магматогенно-рудная система, в которой золотое оруденение и гранитоидный батолит являются важнейшими естественными составляющими, равно как и вмещающие осадочно-метаморфические толщи, глубинные разломы и т.д. С возникновением и функционированием данной системы связано формирование Олимпиадинского месторождения и других объектов рудного поля, соответственно, возникновение и развитие рудного узла, которое, начинаясь с внедрения гранитоидной интрузии, в последующем развертывается наиболее полно как постмагматический процесс. Причем, как показывает анализ условий локализации оруденения, магматогенно-рудная система проявилась в достаточно широком разнообразии своих элементов и их взаимосвязей в наиболее благоприятных вариантах геологической структуры, вмещающей среды и эндогенных процессов, что обеспечило возникновение крупного месторождения.

Образование рудных концентраций золота, как можно полагать из приведенных данных, связано с деятельностью разноглубинных и неодинаковых по природе источников: внутрикоровых магматогенных и мантийных. Хотя количественная роль каждого из них в рудоконцентрации золота не может быть оценена (для этого отсутствуют объективные данные), по ряду признаков (активное мантийно-коровое взаимодействие и др.) с определенной долей вероятности можно высказать предположение о весьма значительной роли верхней мантии как поставщика золота для месторождения. При этом, исходя из представлений Л.Н. Овчинникова (1976) следует полагать важное значение в мобилизации и переносе золота интрателлурических растворов. Золото же рассеянное в внутрикоровом магматическом расплаве, как это вытекает из исследований Л.Н. Овчинникова, легко экстрагируется, концентрируется и выносится за его пределы нагретым водяным паром и газами, растворенными в расплаве. В связи с деятельностью мантийных интрателлурических растворов привлекают внимание данные о проявлении ртутной минерализации в рудном поле и присутствие ртути в составе золота ранней и поздней генерации, соответственно, в повышенных и высоких содержаниях. Основываясь на приведенных структурно-тектонических данных и общих геологических закономерностях распространения ртути, можно полагать, что золото и ртуть связаны друг с другом общим источником рудного вещества, поступавшим из глубинных подкоровых зон.

Важное значение для образования масштабной рудоконцентрации золота имели крупный размер и пространственное размещение гранитоидного плутона в рудном поле. Не вдаваясь в углубленное освещение этого вопроса, поскольку выше мы его касались, отметим, что В.И. Смирнов (1981) и В.Г. Золотарев (1982, 1984) в своих исследованиях убедительно показали возможность оказания крупными интрузиями решающего воздействия на возникновение месторождения. Причем, наряду с их ролью как энергоносителя, они, как было отмечено выше, при определенных условиях могли явиться также источником рудного вещества.

Изучение минеральных парагенезисов и флюидных включений, проведенное Н.Н. Барановой, З.П. Афанасьевой и другими (1997), показало, что рудообразование на месторождении происходило в два этапа. По их данным, не противоречащим в целом результатам наших более ранних исследований (Ли, Шохина, 1974, 1986, и др.), в раннерудный этап в интервале температур 380-280°С сначала шло образование тонковкрапленной пирротин-арсенопиритовой минерализации, затем при температуре ниже 320°С началось образование прожилковой и прожилково-вкрапленной полисульфидной минерализации. Здесь следует подчеркнуть важную роль углеродистого вещества в минералообразовании. Именно его наличие в породах экранирующего горизонта определяло восстановительный характер водного флюида и избыточное содержание водорода, по сравнению с кислородом, в нем, что определило развитие пирротина как главного рудного минерала. К позднерудному этапу относится образование антимонит-

бертьеритовой ассоциации; температура отложения минералов этой ассоциации оценивается, по косвенным признакам, интервалом 280-220°С.

Процесс рудообразования завершился при температуре 230-200°С формированием пострудных кварц-кальцит-амфиболовых, кварц-калишпатовых прожилков.

По результатам физико-химических исследований (Прокофьев, Афанасьева и др., 1994) минерало- и рудообразование на месторождении происходило с участием остывающих растворов, имеющих $T_{гом}$ первичных включений равную 485-205°С. Основной процесс рудоотложения протекал в интервале давления 1,4-0,6 кбар в окислительно-восстановительных условиях, отвечающих равновесию в системе CO_2-C-CH_4. Преобладающей формой нахождения золота в растворах является комплекс $Au(HS)^-_2$, сурьмы – комплекс $Sb(OH)^0_3$ и вольфрама - в виде анионов HWO^-_4 и WO_4^{2-}.

В звершение отметим, что систематизированный в ней фактический материал может быть использован в качестве основы при выборе аналогов Олимпиадинского месторождения и научнообоснованного и целеноправленного ведения поисковых работ на новых перспективных площадях.

3.1.1.2. Золото-висмут-кварцевая формация

Месторождение Титимухта

Введение

Рудное поле месторождения Титимухта протягивается от собственно месторождения Титимухта к югу на 2 км, к северу на 6 км при ширине около 6 км. Общая площадь его составляет 50 кв.км. Она охватывает верховье р. Титимухта, водораздел и бассейн р. Енашимо от руч. Благовещенского до руч. Безымянного. Рельеф довольно расчлененный, высотные отметки изменяются от 856,4 м (вершина Сопи Гора) до 496м, в долине р. Енашимо, врез составляет 300-350 м. Коренные породы обнажены лишь на вершинах. На остальной площади широко развиты коры выветривания и мощный элювиально-делювиальный покров (рис. 3.15).

Площадь месторождения Титимухта, в границах проведенных разведочных работ, составляет 0,4 км². Она находится в вершине правого верхнего притока р.Титимухта, в пределах высотных отметок 620-670 м. На месторождении ЗАО «Полюс» проведены разведочные работы, выполнен подсчет запасов.

Рудное поле сложено метаморфизованными породами кординской, горбилокской свитами верхнего протерозоя, прорванными гранитоидными интрузиями татарско-аяхтинского и глушихинского комплексов.

В геологическом строении месторождения принимают участие метаморфические породы среднекординской подсвиты, приуроченные к периклинальной части и восточному крылу Благовещенскую антиклинали. Породы в пределах месторождения деформированы в виде сложной, запрокинутой на запад антиклинальной складки, крылья которой смяты, рассланцованы, брекчированы, подвержены рудному метасоматозу.

Месторождение разведано по сети 50х50м до глубины 250-350 м. Разведочные скважины расположены на девяти разведочных линиях (РЛ), заданных в широтном направлении.

Стратиграфия

В пределах рудного поля месторождения развиты отложения рифея, мезокайнозоя, кайнозоя.

Рифей

Кординская свита (R_1kd)

Свита делится на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю. В целом, для их первичного литологического состава характерно уменьшение параметров обломочного материала снизу вверх от псефитовой и псаммитовой до алевритовой и пелитовой размерности.

Нижнекординская подсвита (R_1kd_1) распространена в западной половине рудного поля, в бассейне р. Титимухта. По данным предшественников, за пределами рудного поля, на р. Еруда, породы свиты залегают несогласно на мраморах пенченгинской свиты. В пределах рудного поля она представлена, в основном, метапесчаниками, кварцитовидными сланцами светло-серого, зеленовато-серого, зеленоватого цветов бластопсаммитовой и неяснослоистой текстуры. По составу они кварцевые, с примесью полевых шпатов, цемент слюдисто-кварцевый, поровый, иногда коррозионный. Возможно, к ним можно отнести кварцитовидные светлые сланцы, вскрытые в нижней части разреза месторождения Титимухта скважиной 0109 (РЛ.36,0) на глубине около 600 м. По преобладанию псефитовой и псаммитовой примеси нижнекординскую подсвиту можно условно разделить соответственно на две пачки: нижнюю - песчаниковую ($R_1kd_1^1$) и верхнюю - песчано-алевритовую ($R_1kd_1^2$).

В бассейне р. Титимухта породы подсвиты подверглись локальному динамотермальному метаморфизму, гранитизированы, превращены в роговики, мигматиты, подвергнуты скарнированию и метасоматозу. Общая мощность подсвиты около 500м.

Среднекординская подсвита (R_1kd_2). Нижняя пачка($R_1kd_2^1$). Отложения, развитые в пределах месторождения, принадлежат нижней и средней пачкам среднекординской подсвиты. Породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой-начальной ступени эпидот-амфиболитовой фаций, ороговикованы, изменены процессами метасоматоза, окварцевания, осложнены многостадийными пликативными и дизъюнктивными дислокациями. В результате петрографического исследования шлифов составлена литолого-петрографическая характеристика четырех опорных разрезов; в пределах нижней и средней пачек среднекординской подсвиты выделено семь подпачек.

В нижней пачке($R_1kd_2^1$) мощностью около 300 м преобладают: сланцы мусковит-биотит-кварцевые, гранат-биотит-мусковит-кварцевые, двуслюдисто-кварцевые, слюдисто-альбит-кварцевые, биотитовые кварциты, альбит-кварцевые породы, иногда с гранатом. Маркирующей (опорной) является 4 подпачка, представленная преимущественно биотит-кварцевыми сланцами. Для прослеживания подпачек в плоскости разреза использовались как визуальные, так и петрографические методы с учетом слоистости пород по керну скважин.

Первая подпачка ($R_1kd_2^{1-1}$) выделена на опорных разрезах: РЛ. 35,5 (скв. 034-инт. 295-450 м), РЛ.36,5 (скв.067 - инт. 300-348м; скв. 068 - инт.305-343м; скв. 0109 -инт.575-643 м) в центральной, наиболее погруженной части антиклинальной структуры. Породы представлены слюдисто-альбит-кварцевыми сланцами с прослоями биотит-хлорит-мусковит-кварцевых и мусковит-биотит-кварцевых сланцев. Породы темно-серого цвета, плотные, тонкополосчатые. В них отмечаются согласные со слоистостью и секущие кварцевые прожилки и согласные зонки метасоматитов, пиритизация, золото-висмутовая минерализация (скв.0109, гл.600 м, скв. 034, гл. 300-320 м). Мощность до 120 м.

Вторая подпачка ($R_1kd_2^{1-2}$) выделена на опорных разрезах: РЛ.34,5 (скв.020,021,022), РЛ.35,5(скв.032-035), РЛ.36,5 (скв.066-069). Представлена преимущественно мусковит-биотит – кварцевыми сланцами, реже биотит-мусковит- кварцевыми, альбит-биотит-кварцевыми, мусковит-кварц-альбитовыми. Отмечаются две системы кварцевых прожилков мощностью 10-12 мм: более темные-

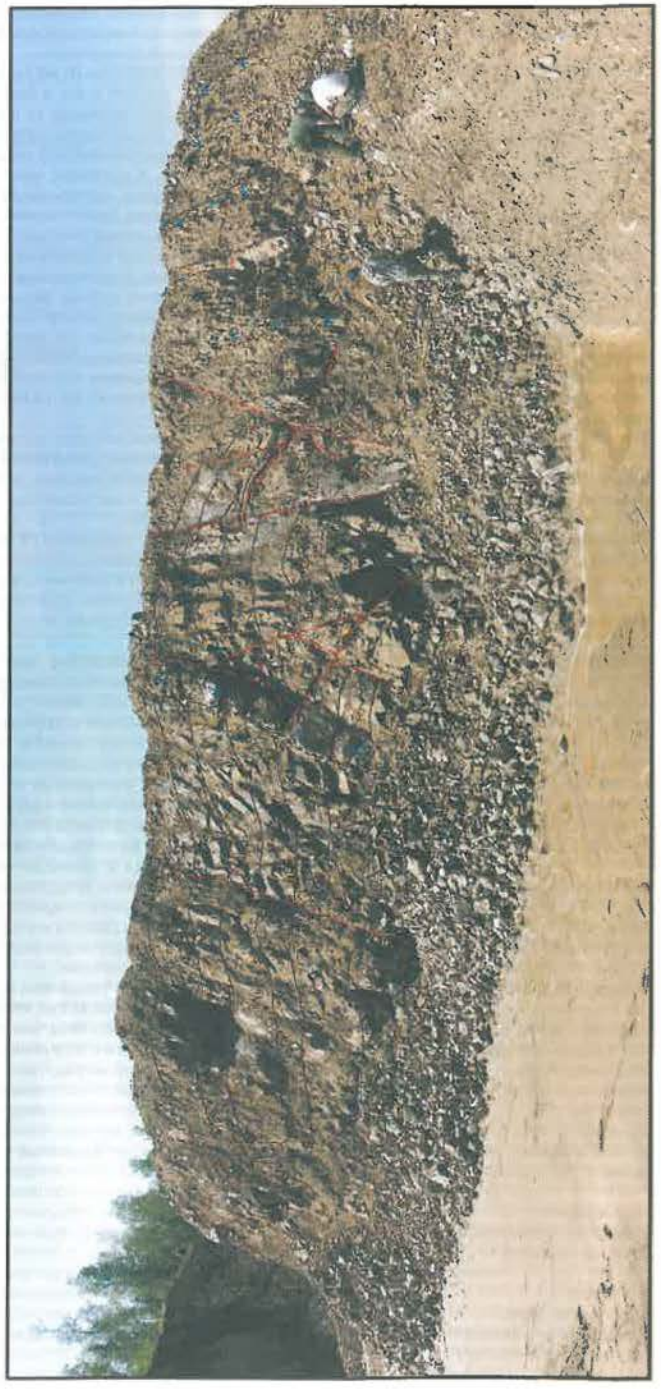


Рис. 3.15. Карьер месторождения Титимухта. Западный борт. (Фото А.И. Зверева)
1 - линии слоистости метаалевролитов пятой подпачки , 2 - разрывные нарушения, 3 - кварцевые жилы, 4 - проявления метасоматитов, 5 - точки отбора образцов пород, шлифов и аншлифов (цифры - расстояние в м от северной начальной точки обнажения)

согласные слоистости, и светлые - секущие. Вдоль контактов развита точечная вкрапленность сульфидов. В зонах разрывных нарушений, пересекающих подпачку, встречается редкая вкрапленность граната. Мощность до 80 м.

Третья подпачка ($R_1kd_2^{1-3}$) выделена на всех опорных разрезах по РЛ 33,0, 34,5, 35,5, 36,5. Породы представлены в основном двуслюдисто-кварцевыми сланцами с переменным количеством биотита и мусковита, с прослоями, в восточной части разреза, биотит-альбит-кварцевых сланцев, кварцитов, в западной части – слюдисто-альбит-кварцевых сланцев с существенным содержанием хлорита. В зонах разрывных нарушений развиты прожилки кальцита и пиритизация. Мощность до 70 м.

Четвертая подпачка ($R_1kd_2^{1-4}$) представлена преимущественно биотит-кварцевыми сланцами: мусковит-биотит-кварцевыми, хлорит-биотит-кварцевыми; биотитовыми кварцитами серыми, буровато-серыми тонкополосчатыми с прослоями двуслюдисто-кварцевых и отдельных тел биотит-альбит-кварцевых пород с редкой вкрапленностью граната. Подпачка при построении разрезов служила маркирующим горизонтом. Она хорошо выделяется на всех опорных разрезах не только по шлифам, но и визуально по наличию большого количества биотита. По-видимому, подпачка отражает железистый состав первичных пород (железистых метаалевролитов), которые способствовали образованию в процессе метаморфизма биотитовых сланцев. Мощность 35-40 м.

Пятая подпачка ($R_1kd_2^{1-5}$) представлена двуслюдисто-кварцевыми темно-серыми, полосчато-волнистыми сланцами с вкрапленностью граната. Породы имеют переменное количество мусковита и биотита, более высокое содержание граната, хлорита, повышенную пиритизацию. Они интенсивно смяты, катаклазированы, окварцованы и испытали метасоматические процессы. Золото-висмутовая минерализация установлена в пределах этой подпачки на РЛ.34.5, 35.5, 36,5 (скв. 021, 034, 036, 0108). Мощность 70-80 м.

Необходимо отметить, что подпачки третья, четвертая и пятая в пределах месторождения являются наиболее продуктивными. Причем, если в западной части месторождения оруденение занимает наиболее низкие уровни разреза, то в восточной части поднимается до средней пачки. Возможно, это связано с большей раздробленностью пород восточного крыла складки, широким развитием сколовых трещин, которые явились путями миграции и аккумуляции золото-висмутовых рудогенных растворов.

Среднекординская подсвита. Средняя пачка ($R_1kd_2^2$). В средней пачке мощностью более 200 м преобладают кварцево-слюдистые сланцы с гранатом, эпидотом, цоизитом. Породы этой пачки хорошо диагностируются визуально в обнажениях и скважинах. Породы средней пачки представлены гранат-слюдисто-кварцевыми тонкорассланцеванными сланцами зеленовато-серого цвета, бластопелитовой структуры. Необходимо отметить, что породы средней пачки, в основном, слабо золотоносны и, видимо, играли роль «экрана» на пути золотоносных гидротермально-пневматолитовых растворов. Породы средней пачки расчленены на две подпачки:

Первая подпачка ($R_1kd_2^{2-1}$). Нижняя граница подпачки очень четко выделяется визуально на основании появления гранат-слюдисто-кварцевых тонкорассланцевынных, плойчатых, бластомилонитовых пород зеленовато-серой окраски. Сланцы преимущественно биотит-мусковит-кварцевые с высоким содержанием граната, хлорит-альбит-мусковит-кварцевые. В нижней части отмечается высокая турмалинизация, кальцитизация и альбитизация, хотя золотоносность этих пород слабая. Мощность пачки до 100 м.

Вторая подпачка ($R_1kd_2^{2-2}$) представлена узловатыми мусковит-кварцевыми сланцами с порфиробластами граната. В отличие от первой подпачки в сланцах появляются эпидот и цоизит. В этой подпачке также отмечается интенсивная турмалинизация, карбонатизация и альбитизация пород, но признаки промышленного золотого оруденения отсутствуют. Мощность пачки более 100 м.

Метаморфические сланцы месторождения, в целом, хорошо сопоставляются с породами среднекординской подсвиты Титимухтинского рудного поля, и в целом, Верхне-Енашиминского рудного узла, которые охарактеризованы за пределами месторождения (Стороженко, 1997 г).

Верхняя пачка ($R_1kd_2^3$) развита в верховьях руч. Благовещенского и изучена очень слабо. Породы представлены сланцами углеродисто-слюдисто-кварцевыми, хлорит-серицит-кварцевыми, микрослоистыми сланцами, включающими прослои метапелитов, углеродистых метапелитов. Слоистость обусловлена тонким чередованием алевритовых, слюдистых, слюдисто-карбонатных слойков с биотит-серицитовым цементом. Видимая мощность пачки составляет около 150-200 м.

Верхнекординская подсвита (R_1kd_3). Подсвита распространена в юго-восточной части Титимухтинского рудного поля, в бассейне руч. Благовещенского. Породы представлены микрослоистыми метаалевролитами (без примеси карбоната), включающими прослои мощностью до десятков метров алевритистых метапелитов. Метаморфическими процессами они превращены в сланцы гранат-кварц-хлорит-серицитовые, гранат-хлорит-биотит-серицит-кварцевые, в роговики-андалузит-кварц-биотит-мусковитовые. Породы глиноземистые. Для них характерно наличие ритмически построенных прослоев (10-20 см) и горизонтов (10-30 м) темно-серых метаалевролитов или метапелитов, содержащих тонкие частые прослои алевро-псамитового состава. Мощность подсвиты составляет 500-600 м.

Горбилокская свита (R_2gr)

Горбилокская свита занимает северо-восточную часть рудного поля в районе руч. Безымянного и р. Енашимо. Свита сложена хлорит-серицит-кварцевыми сланцами зеленовато-серого, зеленого, серого цветов с лепидобластовой, порфиробластовой структурами и сланцеватой текстурой. Алевритовый материал составляет 5-15% объема породы, образует пунктирно-нитевидные прослои и представлен кварцем. В сланцах присутствуют пирит, ильменит, магнетит (до 1-3%), изредка гранат, циркон, эпидот. На участках проявления динамотермального метаморфизма появляются порфиробласты биотита и крупного граната, реже ставролита и андалузита. Мощность 600 м.

Лопатинская свита (R_2lp)

Отложения свиты развиты на левобережье р. Енашимо у руч. Коноваловского. В основании разреза залегают красноцветные конгломераты мощностью до 5 м, выше - песчаники красноватые, зеленые полимиктовые средне- и крупнозернистые, иногда косослоистые. Полуокатанные и окатанные зерна представлены кварцем и обломками пород. Цемент базальный, поровый, песчано-глинистый, каолинитовый с примесью гематита. Вскрытая мощность составляет около 200-250 м.

Коры выветривания. (Мел-палеоген)

Процессы латеритного химического выветривания на Енисейском кряже имели широкое развитие в мезо-кайнозое, начиная с триаса. Кора выветривания изучена в процессе разведочных работ на месторождении Титимухта. Линейная кора выветривания прослеживается до про-

явления Титимухта-1 и в верховье руч. Благовещенского. В профиле коры выветривания по скв. 018 выделены три зоны глинизированных материнских пород (сверху вниз): глинистая (глины красноцветные, темно-бурые вязкие плотные с редкими обломками глинизированных сланцев и дресвы кварца), дезинтеграции (обломки выветрелых сланцев, дресва и щебень кварца в глинистом буром матриксе), структурная (сланцы слюдисто-кварцевые с прожилками кварца в значительной степени выветрелые, иногда до глинистого состояния, с сохранившейся реликтовой структурой). Общая мощность около 60-70 м.

Четвертичная система

Отложения четвертичной системы выделены в пределах долины р. Енашимо и ее притоков -Титимухта, Безымянный, Благовещенский. Среди них выделяются отложения верхнего и современного звеньев: аллювиальные, пролювиально-делювиальные и техногенные. С аллювиальными отложениями связаны месторождения россыпного золота, которые являются прямым поисковым признаком золотого оруденения в пределах рудного поля.

Верхнечетвертичное-современное звено (Q_{III-IV}). К этому подразделению отнесены террасовые отложения, развитые в верховьях руч. Титимухта и Благовещенский. Основу разреза составляют пески и суглинки, а также галечники и линзы валунов, сцементированные зеленовато-серыми, бурыми, серыми реже черными супесями, суглинками, илами. Галька и валуны представлены хорошо окатанными кварцем, сланцами, гранитами, амфиболитами. Песок разнозернистый, полимиктовый, приурочен, чаще всего, к нижним горизонтам. Практически повсеместно аллювий первых надпойменных террас золотоносен, содержание золота в нем достигает промышленных концентраций. Мощность 4-8 м.

Пролювиально-делювиальные отложения развиты в пределах логов и занимают иногда значительные площади. В разрезе преобладают щебнистые отложения, слабо сцементированные зеленовато-серыми, буровато-серыми, темно-серыми суглинками. Мощность 4-6 м.

Современное звено (Q_{IV}). К современным образованиям относятся аллювиальные и переработанные в процессе добычи золота техногенные (в долине р. Енашимо) отложения, а также образования склонов и водоразделов.

Современные пойменные и русловые аллювиальные отложения распространены в долинах водотоков. Мощность и состав руслового аллювия зависит от мощности водотока и крутизны продольного профиля долины. Мощность аллювия в ручьях колеблется от 1 до 5 м, в реках от 2 до 5-6 м (максимальная до 15 м).

Интрузивные образования

Интрузивные образования представлены татарско-аяхтинским гранитоидным, глушихинским субщелочногранитным и захребетнинским дайковым комплексами. Формирование золотого оруденения связано с татарско-аяхтинским комплексом, который преобладает в пределах Титимухтинского рудного поля.

Основной объем татарско-аяхтинского комплекса составляют породы диоритового ряда (гранодиориты, кварцевые диориты, диориты) первой фазы внедрения. Вторая фаза представлена гранитоидами. Они выходят в бассейне р. Енашимо - на востоке, р. Титимухта - на западе.

Диоритовые образования первой фазы представляют собой среднезернистые породы темно-серого, желтовато-темно-серого цвета, сложенные кварцем – 5-15 %, андезином – 70-75 %, микроклином – 0-5 %, амфиболом – 10-15 % и биотитом – 0-5 %.

В гранитоидах второй фазы преобладают светло-серые средне-крупнозернистые, порфировидные (до 20-25 %) граниты. Минеральный состав: кварц – 15-30 %, ортоклаз – 25-35 %, микроклин – 20-25 %, биотит – 5-10 %, амфибол – 0-10 %; акцессорные минералы – гранат, сфен, циркон, апатит, пирит, турмалин, рутил.

Вмещающие породы вблизи интрузий скарнированы, пропилитизированы, ороговикованы. На контакте с диоритовыми массивами развит ореол метасоматических альбитизированных пород.

В верховьях руч. Безымянного, в райне высоты 787,3, электроразведочными работами (ДЭП) выделена локальная аномалия интенсивностью до 15 000-30 000 Ом.м., природа которой интерпретируется как близкая к поверхности гранитоидная интрузия. Она сопровождается контактовыми роговиками, кварцевыми жилами, прожилковыми кварцевыми зонами (штокверкового типа), которые весьма благоприятны для формирования золотого оруденения.

Петрографическая характеристика вмещающих пород

Основными породообразующими минералами сланцевых пород месторождения являются биотит, мусковит и кварц. На треугольных диаграммах, составленных по этим минеральным формам (рис. 3.16, 3.17), видно, что в составе пород преобладает кварц, а биотит и мусковит имеют переменные содержания. Весьма непостоянное содержания имеют гранат, турмалин, альбит, хлорит, кальцит. Тем не менее, их наличие в разрезах отражает комплекс термодинамических и метасоматических процессов, которые обусловили формирование золотого оруденения. В целом, породы месторождения представлены тремя основными группами: слюдисто-кварцевыми сланцами, жильным кварцем и метасоматитами, петрографический состав которых изучен Г.И. Лавровой.

Метаморфические сланцы

Сланцы в основном слюдисто-кварцевые сланцеватой, линзовидно-полосчатой текстуры, лепидогранобластовой, псевдоморфной, порфиробластовой структуры.

Биотитовые сланцы. Представляют собой полосчатые, редко плойчатые породы, гранолепидобластовые, иногда порфиробластовые, состоящие из агрегата кварца, редко альбита, зерна которых имеют изометричную, иногда уплощенную форму с неровными бластическими ограничениями, размером 0.03-0.06мм.

Кварц чистый, иногда встречаются мелкие включения циркона, слюды. Альбит почти всегда серицитизирован в разной степени, часто до полных псевдоморфоз.

Бурый биотит, иногда густо окрашенный в красновато-бурый цвет и бесцветный мусковит образуют отдельные тонкие идиоморфные чешуйчатые зерна длиной от 0.05 до 0.1мм, чаще всего формируют сегрегационные или кристаллизационные полосчатые скопления мощностью от 0.03 до 0.2мм, параллельные сланцеватости. Чешуйчатые минералы вместе с альбитом и кварцем образуют основную ткань породы, на фоне которой биотит, реже мусковит выделяются в виде более крупных пластинчатых порфиробластов (0.1-0.2мм), составляя до 15 % от общего состава породы. Внутри порфиробластов чешуйчатых минералов заметны мелкие включения минералов основной ткани породы (кварца, альбита). Биотит часто гидротизируется, в результате чего приобретает мелкочешуйчатый облик, более светлую окраску и немного меньшее преломление и двупреломление. Встречаются участки частичного псевдоморфного замещения биотита зеленоватым хлоритом. Кристаллооптические константы биотита: Nm= 1.610, плеох-

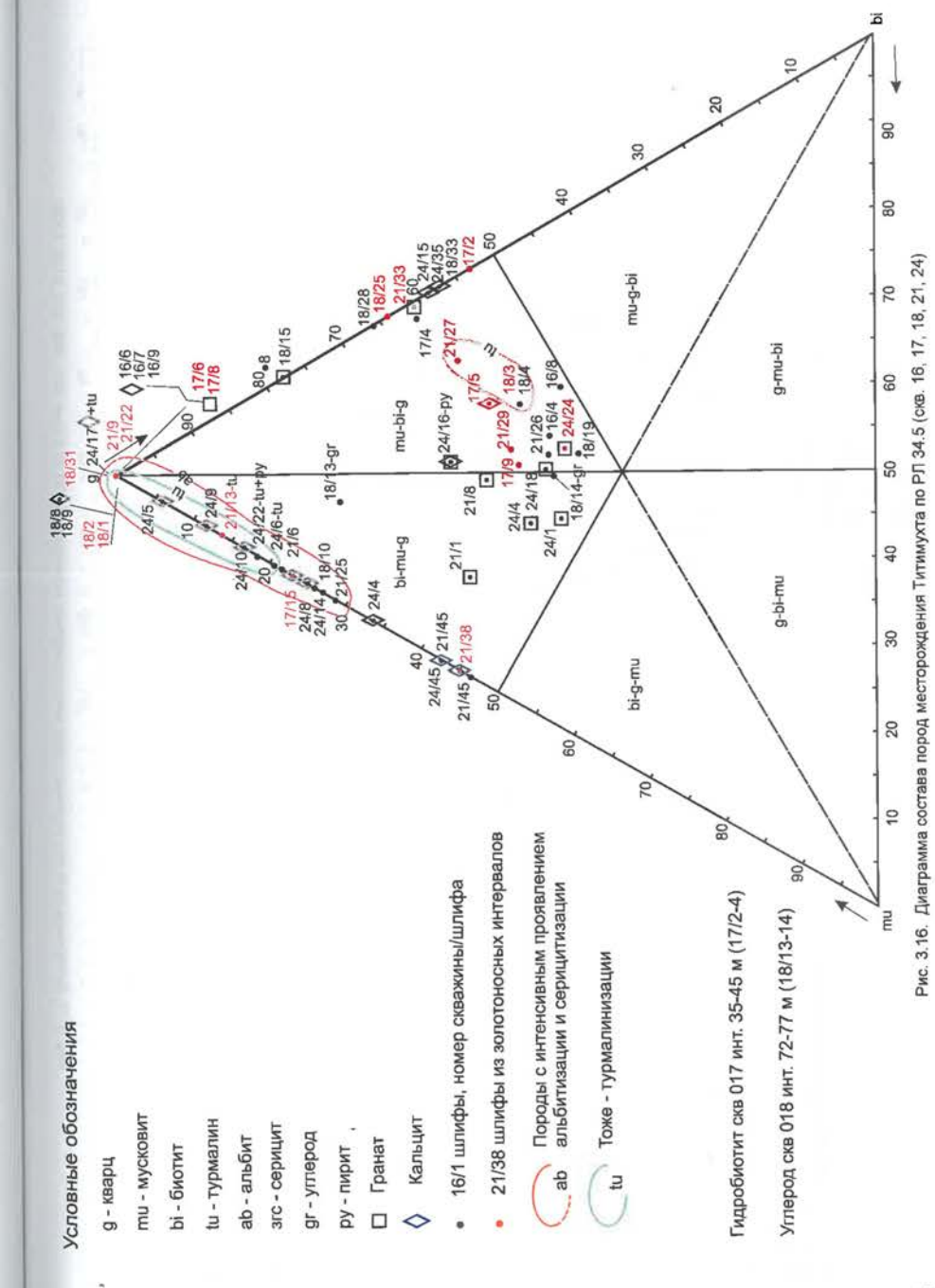


Рис. 3.16. Диаграмма состава пород месторождения Титимухта по РП 34.5 (скв. 16, 17, 18, 21, 24)

Рис. 3.17. Диаграмма (g-bi-mu) состава пород месторождения Титимухта по РЛ 36 5 (скв. 067, 068, 069, 0108, 0109)

роизм в желтовато-бурых тонах, в густо окрашенных разновидностях – резкий, угол 2V(- 25 градусов).

Из поздних метасоматических минералов иногда встречаются идиоморфные, короткопризматические кристаллы коричневого турмалина (до 2%) размером до 0.1 мм.

Из акцессорных минералов встречается сфен, циркон, турмалин (зеленый).

Содержание пирита в некоторых участках достигает 5 % Среди сланцев этой группы по содержанию основных породообразующих минералов выделены:

1. кварц-биотитовые сланцы(кварц22-38%, биотит-20-63%).

2. мусковит-кварц-биотитовые сланцы (кварц 21-30 %, мусковит 5-26 %, биотит 27-45 %).

3. кварц-мусковит-биотитовые сланцы (кварц 18-27%, мусковит 20-30 %, биотит 30-44%).

4. альбит-кварц-мусковит-биотитовые сланцы (альбит 4-5%, кварц 19-20 %, мусковит 21-30 %, биотит 35-38%).

5. альбит-мусковит-кварц-биотитовые сланцы (альбит3-5 %, мусковит 12-32%, кварц 21-32%, биотит 25-51%).

6. мусковит-альбит-кварц-биотитовые сланцы (мусковит 10-15%, альбит 15-17%, кварц 21-25%, биотит-25-45%).

Кварц-биотит-мусковитовые сланцы. Они встречены только в карьере. Под микроскопом они обнаруживают сланцеватую, волнистую, параллельную текстуру; лепидобластовую пойкилобластовую структуру.

Основные минералы представлены гранобластовыми агрегатами изометричного чистого кварца с волнистыми бластическими ограничениями, размером 0.05-0.1 мм, чешуйчатых кристаллов мусковита и, в меньшей мере, биотита, образующие волнистые полосчатые сегрегационные скопления мощностью до 0.1мм. Биотит часто содержит мелкие пойкилобластовые включения идиоморфных кристаллов сфена и турмалина. Из акцессорных минералов отмечаются: сфен, циркон, турмалин.

Кварцевые сланцы. Они имеют сланцеватые, параллельные, линзовидно-полосчатые, иногда плойчатые текстуры; лепидобластовые, порфиробластовые, пойкилобластовые структуры. Основная ткань породы состоит из мелкозернистого гранобластового агрегата кварца с неровными бластическими ограничениями, размером от 0 .03 до 0.07 мм. Мусковит и биотит основной ткани породы кристаллизуется в тонких идиоморфных чешуйках длиной от 0.05 до 0.1мм, образуя параллельную сланцеватую текстуру. Часто биотит псевдоморфно замещается хлоритом, иногда до полных псевдоморфоз. Часто встречаются крупные идиоморфные изометричной или ромбододекаэдрической формы кристаллы граната -10%, размером до 0,7мм. Гранат, большей частью, хлоритизирован, иногда до полных псевдоморфоз. Кремниевый метасоматоз в породах проявился в виде отдельных купных (0,2мм) порфиробластов кварца. Поздняя кальциевая минерализация проявилась в виде самостоятельных ксеноморфных выделений кальцита (скв. 034, 024, 017). Щелочной метасоматоз проявился в виде тонких альбитовых прожилков мелкозернистого гранобластового, реже гребенчатого агрегата альбита. Из акцессорных минералов в породах встречаются циркон, апатит, турмалин и сфен. Сульфидная минерализация в этих породах пространственно тяготеет к кварцевым прожилкам, особенно заметны ее проявления совместно с турмалином кальцитом, альбитом и хлоритом, где она достигает 7 %. Среди этой группы пород по соотношению породообразующих минералов можно выделить следующие разновидности:

1. Мусковит-кварцевые сланцы (кварц 32-57%, мусковит 24-30 %, биотит- 0-5 %). Встречаются в основном в третьей и пятой подпачках нижней пачки.

2. Биотит-кварцевые сланцы (кварц 40-65 %, биотит 25-40 %). Слагают, в основном, четвертую подпачку нижней пачки.

3. Мусковит-биотит-кварцевые сланцы (кварц 27-60 %, биотит 14-40 %, мусковит 10-24 %). Встречаются, в основном, в пятой подпачке нижней пачки и первой подпачке-средней пачки, слагая отдельные прослои практически по всему разрезу.

4. Биотит-мусковит-кварцевые сланцы (кварц 29-45 %, мусковит-18-23%, биотит 5-17 %.). Встречаются по всему разрезу, но преобладают в пятой подпачке нижней пачки и первой подпачке - средней пачки.

Мусковит-биотит-кварц-альбитовые сланцы. Текстура пород обусловлена линейной, параллельной ориентировкой тонкочешуйчатых минералов мусковита и биотита, образующих агрегатные срастания. Совместно с ними в основную ткань породы входят кварц и альбит. Альбит образует линзовидные обособления, состоящие из овальных или уплощенных вытянутых зерен неправильной формы, в гранобластовых агрегатных сростках. Такие же линзовидные выделения характерны и для кварца. Кроме того, кварц образует отдельные овальные уплощенные зерна среди слюдистых минералов. Линзы кварца и альбита разобщены волнистыми зонками из тонких чешуй мусковита и биотита. Эти сегрегационные скопления чешуйчатых минералов вместе с кварцем и альбитом придают породе полосчатый рисунок.

Кварц слагает изометричные, овальные уплощенные зерна с неровными бластическими ограничениями – в агрегатных срастаниях. Одиночные изолированные зерна – уплощенной формы с полигональными линиями ограничения, трещиноваты, по трещинам развивается тонкочешуйчатый гидробиотит и серицит.

Альбит (альбит-олигоклаз) образует зерна неправильной уплощенной формы, реже – уплощенные таблицы, серицитизирован в разной степени. Иногда серицит образует полные псевдоморфозы. Единичные зерна обнаруживают зональность, которая подчеркивается альбитовой каемкой в краевых частях зерен и серицитовым ядром внутри. Размер зерен 0,05-0,2 мм.

Мусковит и биотит слагают чешуйчатые кристаллы длиной от 0,1 до 0,4 мм. Гидробиотит тонкочешуйчатый, желтоватого цвета. Лимонит дает редкую тонкую вкрапленность размером 0,04 мм. Высокие содержания пирита отмечены в скв. 034 (инт. 173 м-10%), 037 (инт.451 м-10%).

Среди пород этой группы, в зависимости от вариаций основных породообразующих минералов, выделяются следующие разновидности.

1. Мусковит-кварц-альбитовые сланцы (альбит 20-38%, кварц 22-35 %, мусковит 10-19%.). Приурочены в основном к пятой подпачке нижней пачки.

2. Мусковит-биотит-кварц - альбитовые сланцы (альбит 23-37%, кварц 20-35%, биотит 7-20 %, мусковит 6-17 %). В основном, отмечаются во - второй и третьей подпачках нижней пачки.

3. Мусковит-альбит-биотит-кварцевые сланцы (кварц 25-35 %, биотит 17-25 %, альбит 10- 20 %, мусковит 4-20 %). Отмечены в первой подпачке средней пачки.

4. Биотит-альбит-кварцевые сланцы. (кварц 32-36 %, альбит 24-28%, биотит 14-21%). Характерны для четвертой и пятой подпачек нижней пачки.

5. Альбит-мусковит-кварцевые сланцы (кварц 39-40%, мусковит 17-33%, альбит 10-15%).

6. Альбит-мусковит-биотит-кварцевые сланцы. (кварц 33-38%, биотит 25-34%, мусковит 15-18 %, альбит 10 -20 %).

Турмалин-серицит-хлорит-альбитовые породы Текстура породы пятнистая, гнейсовидная, прожилковая,

структура нематогранобластовая, порфиробластовая, псевдоморфная. Основная ткань породы представлена округлыми или овальными зернами альбита с подчиненным количеством кварца. Альбит псевдоморфно замещается мелкими агрегатами серицита с образованием ситовидного внутреннего строения его зерен. На фоне основной массы выделяется равномерная сыпь мелких идиоморфных порфиробластов турмалина. Кристаллы турмалина ориентированы в направлениях, параллельных контактам кварцевого прожилка, формируя нематобластовую структуру. Хлорит, пирит и кальцит раздельно образуют порфиробласты, гнездовые скопления и мелкие прерывистые прожилки. Непосредственно в контакте с жилой кварца кристаллизуются крупные таблитчатые, овальные кристаллы везувиана размером от 0,5 до 1 мм. Кроме того, повсеместно отмечается тонкая вкрапленность, нитевидные скопления мелких кристаллов сфена, часто лейкоксенизированных.

Везувиан образует изометричные, короткостолбчатые кристаллы, трещиноватые по спайности, имеет низкое двупреломление, прямое угасание. Турмалин дает в плоскости шлифа два типа ориентировки кристаллов. Первая лежит в плоскости шлифа параллельными длинными призматическими сечениями. Вторая – короткими, базальными сечениями. Длина кристаллов 0,1 мм, диаметр – 0,06 мм. Текстура породы пятнистая, гнейсовидная, прожилковая, структура нематогранобластовая, порфиробластовая, псевдоморфная, ситовидная, прожилковая. Состав: альбит + серицит 40%, турмалин 20%, кварц 10%, хлорит 15%, кальцит 10%, везувиан 2%, пирит 3%, сфен, лейкоксен (скв. 024, гл. 135,5 м).

Гранат-биотит-мусковит-кварцевые сланцы выделяются по преобладанию мусковита над биотитом (скв.029 гл.11.0, скв.037 гл.90.7м). Текстура пород сланцеватая, линзовидно-полосчатая, структура лепидогранобластовая, порфиробластовая. Кварц, мусковит и биотит образуют сегрегационные скопления, формируя линзовидно-полосчатую, параллельную текстуру. Мощность линзочек этих минералов составляет 0,3 мм. Линейно-параллельная ориентировка кристаллов мусковита и биотита определяют сланцеватую текстуру. На фоне этих минералов выделяются порфиробласты округлых зерен граната размером 0,2 мм, иногда краевая их часть хлоритизирована. В породе отмечается хлоритизация, в виде гнездовых скоплений сноповидных кристаллов длиной 0,4 мм. Размер гнезд до 1 мм. Кварц кристаллизуется в виде изометричных кристаллов с полигональными формами ограничения размером 0,06 мм. Ильменит образует равномерную вкрапленность таблитчатых зерен до 0,05 мм. Лимонит пигментирует минералы, прилегающие к ильмениту, размером 0,6 мм, а также в прожилках мощностью до 0,04 мм. Основные минералы: кварц – 33 %, мусковит – 24 %, биотит – 16 %, гранат – 14 %. Вторичные минералы: хлорит – 10 %. Рудные минералы: ильменит – 2 %, лимонит – 1 %. Акцессорные минералы: турмалин, сфен.

Кальцит-хлорит-серицит-кварцевые породы серовато-темно-зеленого цвета, текстура массивная, сланцеватая, пятнистая, структура лепидогранобластовая, пойкилобластовая, порфиробластовая, псевдоморфная. Порода представляет собой равномерную мозаику, состоящую из изометричных зерен кварца, между которыми располагается агрегат из смеси минералов: тонкочешуйчатого серицита, кальцита, хлорита. Эта агрегатная смесь минералов имеет полигональные или ксеноморфные формы выделений. Скорее всего, это агрегатные псевдоморфозы по полевым шпатам, вероятно, первичной породой был мусковит-кварц-полевошпатовый сланец. Основную массу дополняет чешуйчатый мусковит, придавая породе сланцеватый облик. На фоне основной массы выделяются крупные порфиробласты мусковита и альбита с пойкилобластовыми включениями кварца и более раннего чешуйчатого мусковита. Хлорит и кальцит образуют выделения неправильной формы, в результате создается пятнистая текстура, а также заполняют прожилки мощностью до 0,2 мм. Кварц кристаллизуется в изометричных или слегка уплощенных зернах, с неровными бластическими ограничениями размером 0,05 мм, содержит мельчайшие черные включения рудной пыли. Мусковит дает две генерации. Ранний – идиоморфные чешуйчатые кристаллы, вместе с кварцем слагают основную массу породы. Второй - образует крупночешуйчатые порфиробласты (примерно 5 % от объема породы) размером до 2 мм с пойкилобластовыми включениями кварца и мусковита основной массы. Альбит кристаллизуется в отдельных ксеноморфных зернах, их сростках, образуя гнездовые скопления размером до 1 мм, размер зерен 0,04-0,06 мм. Хлорит выделяется отдельными чешуйчатыми кристаллами и мелкочешуйчатыми агрегатными скоплениями, длина кристаллов 0,1-0,01 мм. В прожилках он кристаллизуется раньше кальцита, распределяясь по стенкам трещин. Кальцит встречается в мелких порфиробластах (0,03-0,05 мм), скорее всего, это псевдоморфозы по сфену. Основные минералы: кварц 30 %, мусковит 10-15 %, псевдоморфозы по полевому шпату 10 %. Вторичные минералы: серицит 22 %, мусковит 15 %, хлорит 10%, кальцит 8%, альбит 5%, лейкоксен, сфен (шлиф 024/14, скв. 024, гл. 100,8 м).

Филлониты– породы, для которых характерна линзовидно-сланцеватая текстура, кристаллокластовая, псевдоморфная, лепидогранобластовая структура.

Они состоят из дробленных разлинзованных зерен кварца и альбита длиной до 1 мм, замещенных тонким агрегатом кальцита и серицита, линейно и параллельно ориентированных относительно друг друга. Между линзами также линейно и параллельно кристаллизуется чешуйчатый агрегат хлорита с единичными тонкопластинчатыми кристаллами мусковита. Размер чешуек мусковита и хлорита равен 0,1 мм. В некоторых участках сохранились реликты кварца кристаллобластовой структуры с полигональными ограничениями размером до 0,1 мм. Реликтовый кварц трещиноватый, с включениями лейкоксена, блочным типом угасания, с газово-жидкими включениями в плоскостях Бема. Отмечаются крупные до 1,5 мм изометричные порфиробласты граната, псевдоморфно замещенные хлоритом. Состав: серицит 31%, кальцит 29%, кварц 15%, хлорит 18%, мусковит 5%, лейкоксен 2% (скв. 024, гл. 76,4 м).

Типы кварцево-прожилковых систем

Среди жильного кварца на месторождении можно выделить четыре типа, отражающие разновозрастные этапы его формирования:

1. Первый тип кварцевых прожилков развит повсеместно. Представлен он мелкозернистыми агрегатами изометричных, с бластическими ограничениями, зерен кварца размером 0.05-0.1 мм. Мелкозернистый кварц локализуется в тонких прожилках, гнездах и линзах и развит среди различных по составу сланцев.

Кварц в большинстве чистый, редко единичные зерна содержат в параллельных плоскостях Бема мелкие газово-жидкие включения, также редко проявляют волнистое или блочное угасание.

2. Второй тип кварцевых прожилков является наиболее представительным на площади месторождения. Он отмечен в траншее 465, в западном борту карьера, скв. 03, 05, 06, 017, 018, 021, 024, 031, 034, 037.

Кварцевые породы массивной, реже пятнистой текстуры, гетерогранобластовой, участками гипидиоморфной структуры. Вещественный состав представлен разнозернистым, большей частью среднезернистым кварцем, изометричной, неправильной формы, размером 0.01- 0.2мм, преобладают зерна размером 1-2мм. Кварц часто трещинноват, содержит обильные газово-жидкие включения в плоскостях Бема, несет следы пластических деформаций в виде блочного, линейного, реже волнистого угасания. В зальбандах жил, параллельно контакту, в виде прерывистых полос, мощностью до 3мм, почти во всех случаях наблюдается альбитовая зона. Она сложена среднезернистым, идиоморфным или изометричным альбитом, размером от 0.07 до 2мм, среди которого выделяются две разновидности. Первая имеет округлые, изометричные зерна, реже таблитчатые, без двойников, псевдоморфно, нацело серицитизированы; вторая разновидность представлена таблитчатыми зернами с полисинтетическим или шахматным типом двойникования, не измененные или слабо серицитизированы. Из новообразованных бластических минералов встречаются чешуйчатые биотит и мусковит, турмалин, мелкочешуйчатый серицит, вкрапленные или гнездовые проявления пирита (скв.0108 гл.215.6). Порода часто рассекается тонкими трещинками кальцита, мелкозернистого кварца, хлорита. Новообразованные минералы не превышают в сумме 3 % и локализуются ближе к контакту жил.

3. Третий тип (альбит-кварцевые прожилки). Наложенные прожилковые системы катаклазированного среднезернистого кварца с альбитом, расположенные , в основном, в зальбандах жил. Он отмечен в траншее 465, скв. 018 (инт.131.7; 189.6 м), скв. 024 (инт.135.5 м), (скв.34 (инт.387.5 м), скв. 37 (инт. 437.8 м).

Микроскопически в этих породах наблюдаются брекчиевидные, полосчатые, пятнистые текстуры, катакластические цементные, порфирокластовые, гранокластовые, гранулитовые структуры. Часто порода состоит из крупного дробленного угловатого порфирокластового кварца и альбита и, того же по составу, перетертого мелкозернистого бластически перекристаллизованного материала, являющегося цементом. В слабо раздробленных участках сохраняется первоначальная среднезернистая гипидиоморфная структура таблитчатого альбита и изометричного кварца.

Основная ткань (цемент) представлена мелкозернистым (0.02 - 0.07 мм) гранобластовым, редко гранулированным кварцем и альбитом. Часто по цементу развиваются новообразованные бластические минералы: мусковит, биотит, турмалин, кальцит, хлорит, гранат. При значительном их содержании породы отнесены к разряду метасоматитов.

Новообразованные минералы: серицит, мусковит и биотит первоначально кристаллизуются между зернами, затем замещают их, иногда полностью. Количество их различно от единичных зерен до 5-10 %. Рудная сульфидная минерализация (до 5%) проявляется ближе к контакту, имеет вкрапленную, гнездовую, прожилковую локализацию.

4. Четвертый, поздний тип, представлен системой кварцевых тонких прожилков, секущих все породы месторождения, в том числе руды. Кварц мелкозернистый (0.03-0.05мм), гранобластовый, чистый, прозрачный.

Типоморфные разновидности кварца и его связь с оруденением

По типоморфным признакам на месторождении выделяются шесть разновидностей кварца: метасоматический, дымчатый, дымчатый гранулированный, светло-серый, белый крупнозернистый , белый тонкозернистый.

Метасоматический кварц образуется путем замещения кварцем отдельных прослоев вмещающей породы. Прослеживается постепенное замещение кварцем 80-90% исходной породы согласными кварцевыми прожилками и жилками, которые содержат до 10 % фрагментов исходных пород, приуроченных в основном к зальбандам.

Дымчатый кварц имеет серый цвет различной интенсивности от серого до темно-серого, голубоватого. Наблюдается грануляция дымчатого кварца, обособление его в округлые зерна размером до 1-2 мм. Здесь же образуются зерна светло-серого кварца, что приводит к возникновению гранулированной «смеси» дымчатого и светло-серого кварца, которая выделяется как отдельный тип кварца «гранулированный дымчатый кварц».

Светло-серый кварц - наиболее распространенный кварц месторождения. Он образует как отдельные жилы и прожилки, так и встречается участками в дымчатом и метасоматическом кварце.

Белый крупнозернистый кварц встречается редко, всего в нескольких случаях. Отдельные зерна кварца имеют неясно выраженный более темный цвет.

Белый тонкозернистый кварц встречается в агрегатах гранулированного дымчатого кварца и светло-серого кварца в виде гнезд размером 2-3 мм.

Изучение кварца разных типов выявляет постепенный переход кварца одного типа в другой в процессе эволюции флюидов. Выделенные типы кварца не являются различными генерациями кварца, образование которых разделено значительными промежутками времени, а отражают постепенное изменение термодинамических условий.

Наиболее ранним типом является метасоматический кварц, замещающий прослои осадочных пород, признаком чего является согласное залегание, насыщенность пылевидными частицами самих жилок в зальбандах более крупных прожилков и жил.

Следующим по времени образования является дымчатый кварц, который слагает как мономинеральные агрегаты, так и агрегаты совместно со светло-серым кварцем. Постепенное замещение дымчатого кварца светло-серым происходит при грануляции дымчатого кварца и образовании гранул светло-серого кварца, количество которых постепенно увеличивается до полного вытеснения гранул дымчатого кварца и появления мономинеральных агрегатов гранулированного светло-серого кварца.

Дальнейшее преобразование светло-серого кварца выражается в увеличении крупности зерен с последующим образованием белого тонкозернистого кварца, который замещает по периферии зерен дымчатый и светло-серый.

Наиболее золотоносными типами кварца являются светло-серый и гранулированный дымчатый. По РЛ. 34,5 отмечается, что в крайней в разрезе безрудной скв. 016 развиты только гранулированный дымчатый и светло-серый кварцы. С увеличением золотоносности на восток появляются дымчатые и белые крупнозернистые кварцы. Выявлено постепенное увеличение дымчатого кварца на восток относительно других типов кварца. Рудоконтролирующего значения дымчатый кварц не имеет.

Увеличение количества дымчатого кварца к восточному флангу месторождения может указывать на возможность выявления золотооруденения восточнее, так как ареалы дымчатого кварца отвечают каналам поступления высокотемпературных растворов, которые предшествовали золотоносным. Оруденение связано с осветлением и грануляцией дымчатого кварца, превращение которого происходят поэтапно: 1. дымчатый кварц; 2. грануляция дымчатого кварца; 3. появление кварца смешанного состава, состоящего из зерен темно-серого (дымчатого) и светло-серого цветов. Дальнейшее изменение кварца зак-

лючается в полном замещении дымчатого кварца светло-серым, увеличении крупности зерен от мелкозернистых до среднезернистых, что приводит к появлению крупнозернистого серовато-белого кварца.

Описанная грануляция и осветление происходит при высоких температурах золотоносных флюидов. На заключительной стадии рудообразования (при понижении температуры) образуется мелкозернистый кварц, связанный, вероятно, с отложениями последних порций золота.

Кварц метасоматического типа наиболее интенсивно развит в центральной части рудной зоны и рудоконтролирующего значения не имеет.

Анализ распределения типов кварца по р. л. 36,5 выявляет более интенсивное развитие жил метасоматического кварца в западной части разреза, их количество на востоке заметно снижается. Золотоносность к востоку тоже снижается - от 9-11% до отсутствия золота вообще.

Дымчатый кварц максимально развит на востоке профиля, золотоносность его постепенно падает. Гранулированный дымчатый кварц максимально развит на западе, составляя 45% от всех типов кварца. По скв.068 его количество падает до 6%, затем начинает расти до 25% на востоке. Золотоносность этой генерации кварца максимальна на крайнем западе и крайнем востоке (54% и 40%) и резко падает в центральной части разведочной линии.

Светло-серый кварц, продукт полной переработки (грануляции) дымчатого кварца, минимально развит в западной части разреза. Его количество резко увеличивается в центральной части разведочной линии. Золотоносность светло-серого кварца наибольшая в центральной части разреза, увеличиваясь от западного фланга до центра.

Типоморфным свойством кварца является его зернистость, отражающая степень грануляции. По размеру зерен кварц разделяется на мелкозернистый (> 1 мм), среднезернистый (1-2 мм), крупнозернистый (более 2 мм), сливной. Для различных типов кварца определенной размерности зерен не существует, только метасоматический и поздний гранулированный кварц всегда мелкозернистый.

Намечается зональность в распределении кварца по зернистости. По геологическому разрезу РЛ. 34,5 выявляется значительное количество в центральной части крупнозернистого кварца, который на флангах развит незначительно. В центральной части кварц к/з рудоносен, на флангах безрудный.

По геологическому разрезу РЛ 36,5 выявляется постепенное увеличение зернистости кварца с запада на восток, количество м/з кварца меняется от 60-75% до 40%. Заметно меняется золотоносность агрегатов кварца, на западе наиболее золотоносны мелкозернистые разности, на востоке средне- и крупнозернистые типы кварца. Если золотоносность крупнозернистых разностей соответствует осевой части рудной зоны, как по РЛ 34,5, то по РЛ 36,5, возможно, прослеживание оруденения восточнее скв. 0108.

К типоморфным свойствам кварца относится его цвет, обусловленный «запыленностью» зерен. Она порождается включениями пылевидного углеродистого и рудного вещества, слюды, циркона, турмалина, которые снижают прозрачность кварца и придают ему синеватый оттенок. На прозрачность кварца влияют и газово-жидкие включения по плоскостям Бема. В процессе осветления, грануляции и роста зерен происходит очищение кварца от пылевидных частиц, исчезновение газово-жидких включений.

Прослеживание по РЛ 34,5 отмечается увеличение объема мало запыленного кварца с запада на восток с 60% по скв. 016 до 90% по скв. 024. Грануляция и осветление зернистых агрегатов кварца связаны с высокими температурами и давлением в рудообразующих растворах. Поэтому предполагается, что восточный фланг месторождения формировался в зоне более высоких температур и давления, чем западный фланг месторождения, что может быть связано с влиянием мощного разлома или с близостью гранитоидной интрузии. Более высокие температуры рудного процесса в восточной части месторождения предполагаются и по увеличению доли дымчатого кварца среди кварцевых образований, который среди генераций кварца самый высокотемпературный.

Изучение кварца по РЛ 36,5 также выявляет увеличение объема мало запыленного кварца от 50% до 90% с запада на восток. В этом же направлении увеличивается его золотоносность.

Одним из типоморфных признаков кварца является наличие в контактах его с вмещающими породами оторочек турмалина. На месторождении широко проявлен процесс турмалинизации, затронувший кварцевые жилы и измененные породы. Для выяснения генезиса месторождения проведен анализ связи оторочек турмалина в кварцевых жилах с золотоносностью кварцевых жил. Данные по р. л. 34,5 показывают, что на западном фланге (скв. 16) в контактовых частях безрудных кварцевых жил оторочки турмалина отсутствуют. Восточнее (скв. 17) в рудных кварцах оторочки присутствуют в 50% проб. Далее выявлено, что оторочки развиты в 60% рудных кварцев, безрудные кварцы с оторочками - в 30% случаев. Еще восточнее 100% рудных кварцев имеют оторочку турмалина (скв. 21). На крайнем восточном фланге 100% безрудных и 30% рудных кварцев имеют турмалиновую оторочку.

Анализ распространенности турмалиновых оторочек выявляет усиление турмалинизации контактов кварцевых жил в поперечном разрезе с запада на восток. Если на западном фланге в кварцевых жилах оторочек нет совсем, то по мере продвижения на восток количество рудных жил с оторочками возрастает до 50% (скв. 17), 60% (скв. 18), 80% (скв. 21), 100% (скв. 24, безрудный кварц). Большая часть оторочек в контактах гранулированного дымчатого и светло-серого кварца, небольшая часть их, до 10%, в контактах дымчатого кварца. На восточном фланге турмалинизация достигает наибольшей интенсивности, 100% в безрудных кварцах.

По разведочной линии 36,5 сравнивалась золотоносность кварцевых жил в зависимости от наличия оторочек турмалина. Прослеживается увеличение количества рудного кварца с оторочками с запада на восток от 50% (скв. 066) до 56% (скв. 0108), аналогично данным по РЛ 34,5. Уровень золотоносности кварца с оторочками составляет 53-55%, что меньше, чем по РЛ. 34,5, где он составляет от 60% до 100%.

По наличию оторочек турмалина выявляется поперечная зональность месторождения, которая выражается в более высокой турмалинизации на восточном фланге и повышении золотоносности в этом же направлении. Выявляется генетическая связь золотого оруденения с процессом турмалинизации.

К типоморфным свойствам кварца следует отнести характер контактов кварцевых жил и сланцеватости (слоистости) вмещающих пород. Изучение контактов кварцевых жил по РЛ 34,5 выявляет изменчивость характера залегания жил к сланцеватости. На западном фланге залегание безрудных жил согласное со сланцеватостью вмещающих пород (скв. 16), далее на восток (скв. 17) выявляется согласное залегание рудного кварца. Еще дальше на восток (скв. 18) выявляется, что 60% рудных жил и 100% безрудных являются секущими. Еще восточнее выявляется, что рудные жилы в 90% являются секущими (скв. 21). На крайнем фланге (скв. 24) выявлено, что согласные и секущие жилы находятся примерно в равных количествах

по 50%. Изменчивость соотношения согласных и секущих кварцевых жил отражает, вероятно, приуроченность оруденения к различным участкам антиклинальной структуры, приуроченность секущих жил штокверкового типа к ее осевой части, согласных жил - к крыльям структуры.

Предполагается, что согласные жилы светло-серого кварца возникли при преобразовании метасоматических образований кварца, путем выноса пылевидной примеси, очищения кварца, грануляции кварца с образованием мелко- и крупно зернистых текстур. Золотоносность согласных жил кварца, вероятно, зависит от глубины преобразования метасоматического кварца. Если в пробах с участием метасоматического кварца золота вообще нет или его содержат 10% проб, то в пробах с замещающими его светло-сером кварце количество проб с золотом достигает 50-70%.

Изучение контактов кварцевых жил по РЛ 36,5 показывает, что соотношение согласных и секущих кварцевых жил по разрезу меняется закономерно. Согласное залегание кварцевых жил отмечается на флангах разреза: : 55% (скв. 067) западный фланг, 57% (скв. 0108) восточный фланг. В центральной части разреза согласных жил 14% (скв. 068) и 18% (скв. 069). Золотоносность согласных жил постепенно нарастает с запада на восток от 20% (скв. 067), 44% (скв. 068), 40% (скв. 069) до 62% (скв. 0108). Для секущих жил выявляется обратная зональность, их количество возрастает до 84% в центральной части, снижается до 44% на флангах разреза. Значительно различаются по золотоносности секущие жилы на флангах и в центре разведочной линии, золотоносность на флангах достигает 82%, а в центре снижается до 25%.

Как и по РЛ 34,5 намечается приуроченность секущих кварцевых жил к осевой части антиклинальной структуры, а согласных жил – к крыльям структуры.

К типоморфным признакам кварца следует отнести морфологию жил, которые он слагает. Морфологически кварцевые жилы подразделяются на прямолинейные и сложноскладчатые (плойчатые), что отражает их структурную приуроченность и, возможно, последовательность образования.

Прослеживание морфологии кварцевых жил по РЛ 34,5 с запада на восток выявляет, что на западе (скв. 16) кварцевые агрегаты имеют линзовидную форму, мощность до десятка сантиметров. Восточнее (скв. 17) рудные жилы прямолинейны, далее к востоку среди рудных и безрудных жил 75% прямолинейных и 25% плойчатых (скв. 18). Еще восточнее (скв. 21) каждый тип жил составляет 50%. Для прямолинейных жил характерно содержание золота 3,1 г/т и больше. Максимальные содержания 12,7 г/т, 14,6 г/т приурочены к плойчатым жилам. Кварцевые жилы на восточном фланге (скв. 24) представлены на 50% прямолинейными и плойчатыми жилами.

Прослеживание морфологии кварцевых жил по РЛ 36,5 с запада на восток выявляет значительные колебания в соотношениях прямолинейных и плойчатых жил. В западной части разреза (скв. 066, 067) преобладают прямолинейные жилы, которые составляют до 80% от всех типов жил. Восточнее (скв. 068) оба типа жил развиты в равных отношениях по 50%, еще восточнее (скв. 069), прямолинейные жилы составляют 80%, на крайнем восточном фланге оба типа жил развиты в равной пропорции - по 50%.

Анализ полученных данных показывает, что прямолинейные жилы наиболее развиты в западной и центральной частях РЛ 34,6 и 36,5. Участок их развития совпадает, вероятно, с замком антиклинали.

Метасоматические образования

Среди метасоматически измененных пород можно выделить несколько типов:

Метасоматически измененные сланцы. В них проявился площадной тип метасоматоза, который выразился в псевдоморфном замещении альбита мелкозернистым серицитом, биотита – гидробиотитом и хлоритом. Большая часть чешуйчатых минералов явно носит полигенный характер, но точно с ним невозможно определиться, так как нет уверенных признаков. С достаточной степенью уверенности можно сказать о времени образования порфиробластов мусковита и биотита. Они содержат включения минералов основной массы сланцев, значит они образовались после их формирования, т.е. после процессов регионального метаморфизма или на заключительных его этапах. С другой стороны вокруг порфиробластов образуются свилеватые, флазерные текстуры, что говорит о их кристаллизации до пластических деформаций или во время их проявления. В это же время происходила кристаллизация идиоморфного порфиробластового граната, для него характерны те же признаки, что для мусковита и биотита (скв.024 гл.100.8м).

Метасоматиты зон дробления и катаклаза. Они выделены по траншее 465, скв. 06, 016, 024, 034, 037 преимущественно в породах верхней части разреза (5 подпачка нижней пачки и 1-2 подпачки средней пачки)

Это кварц-альбитовые среднезернистые породы, возможно ранние кварц-альбитовые жилы. В некоторых шлифах в них отчетливо видны реликты брекчиевых структур с крупными кристаллокластами (0.5-1мм) и мелкозернистой (0.05мм) перетертой, позднее перекристаллизованной гранобластовой основной тканью (бластоцементные структуры). Крупные угловатые кристаллокласты представлены альбитом и кварцем. Среди альбитов выявлено две разновидности: без двойников, нацело серицитизированный; с полисинтетическими и шахматными двойниками, чистый или слабо серицитизированный. Кварц содержит обильные включения газово-жидких пузырьков в плоскостях Бема, несет следы пластических деформаций (блочное, волнистое , линейное угасание). Мелкозернистая основная ткань иногда гранулирована, чаще всего бластически перекристаллизована. На катаклазиты накладывается бластическая минерализация - крупные порфиробласты граната, мусковита, биотита, с включениями мелкого кварца исходной породы. Удалось наблюдать внутри порфиробластов граната S- образную и спиралевидную структуру включений кварца, которая характеризует одновременность процессов деформаций и кристаллизацию граната. В случаях большей интенсивности этого процесса обломки полностью замещаются серицитом, в условиях одностороннего давления форма их зерен уплощается, разлинзовывается и порода приобретает филлонитоподобный облик. Наблюдаются самостоятельные гнездовые и прожилковые скопления чешуйчатого хлорита, порфиробласты и прожилки кальцита и турмалина. Обычно к этим участкам приурочена наиболее значительная сульфидная минерализация, где пирит образует сплошные зернистые массы, гнезда прожилки и вкрапленность отдельных кристаллов от 2 до 13% (скв.024 гл.52.0м).

Метасоматиты в экзоконтакте кварцевых жил. Метасоматиты этого типа выделены в скв. 03, 05, 06, 016, 018,021, 024, 029, 031,037, в пределах всего месторождения. Эти метосаматиты выполняет околожильное пространство. В зальбанде жил кристаллизуется среднезернистый идиоморфный альбит, описанный в кварцевых жилах. Вслед за альбитовой зоной, но уже в экзоконтакте, иногда, продолжается альбитовая зона мощностью от 0.2 до 0.7мм. Сложена она мелкозернистым гранобластовым альбитом. В ней иногда наблюдается сульфидная минерализация, вкрапленная или прожилковая, не превышаю-

щая 2-3 %. Чаще всего сразу в экзоконтакте наблюдается кварц-турмалиновая зона, в которой коричневый идиоморфный, призматический турмалин (0.05-0.5мм) кристаллизуется в сплошных зернистых массах или в виде вкрапленности в кварцевом, кварцево- слюдистом или слюдисто-кварц-альбитовом материале с переменным количеством слагающих ее минералов. К ней часто приурочены повышенные содержания сульфидов до 30 %, вкрапленность, прожилки, гнезда. По мере удаления от контакта содержание турмалина уменьшается и исчезает совсем. Далее турмалиновая зона переходит в метасоматически измененные сланцы, хлоритизированные, карбонатизированные с удлиненными кристаллами метасоматической слюды (биотитом и мусковитом), иногда деформированная в плойчатые кливажные складки, направленные перпендикулярно к контакту. В некоторых случаях турмалиновая зона с обеих сторон соседствует с карбонатными и хлоритовыми зонами, маломощными до 0.3мм, также простирающимися параллельно контакту жилы. Часто эти хлоритовые и кальцитовые зоны оказываются наиболее насыщенными сульфидами (сплошные зернистые массы, прожилки, гнезда, вкрапленность) до 25 %. В 05 скважине на границе кварцевой жилы и метасоматически измененного сланца обнаружено несколько зерен скаполита, который вместе с альбитом указывают на локальную смену кремнекислых гидротермальных растворов на щелочные, содержащие хлор. Турмалиновые метасоматиты говорят о борном метасоматозе (скв.0108 гл.215.6м).

Кварц-альбитовые метасоматиты выделены в скв. 016, 017, 029, 037, в пределах 4,5 подпачек нижней пачки и 1 подпачки средней пачки разреза. Они имеют полосчатые, гнездовые, слабо выраженные сланцеватые текстуры, гранобластовые, лепидобластовые, порфиробластовые, пойкилобластовые и нематобластовые структуры. Минералогический состав представлен мозаичным агрегатом кварца, альбита (0.02-.03мм). Альбит псевдоморфно серицитизирован, деформирован с образованием волнисто угасающих зерен. Кварц содержит мельчайшие включения углистой пыли, мелкие кристаллы циркона, рутила, с краев серицитизируется.

Кальцит кристаллизуется в порфиробластовых зернах неправильной формы. Цоизит и хлорит образуют скопления чешуйчатых и призматических кристаллов, локализуясь в коротких прерывистых полосах, подчеркивающих сланцеватость. Зернистые массы пирита слагают прожилки и гнезда. Количество пирита не превышает 4 %.

Карбонатные метасоматические породы выделены по скв. 024 (инт.265,8 м), скв. 029 (150,0 м). Это линзовиднополосчатые породы, преимущественно сложенные гетерогранобластовым агрегатом кальцита (0.6-2мм), иногда в нем отмечаются пойкилобласты серицита и гидробиотита. Среди кальцита, в виде гнезд и вытянутых линз выделяется чешуйчатый хлорит (0.1мм). Пирит составляет 20 % породы в шлифе, вкрапленный, локализуется в виде полос мощностью до 0.2мм.

Минералогические особенности вмещающих пород

По результатам анализа пород Титимухтинского месторождения сформировалось следующее представление о минералогических особенностях пород и порядке их выделения.

Метаморфические породы месторождения формируются в условиях фации зеленых сланцев, биотитовой и альмандиновой зон начала эпидот-амфиболитовой фации. Реликтов исходных пород не обнаружено, сохранились минералы более низкой хлоритовой зоны метаморфизма: мусковит, кварц, альбит. При нарастании интенсивности метаморфизма в биотитовой зоне хлорит становится неустойчивым и псевдоморфно замещается биотитом, порода превращается в мусковит-биотит-альбит-кварцевые сланцы с параллельной сланцеватой, реже полосчатой текстурой, лепидогранобластовой структурой.

Постепенное нарастание метаморфизма в пределах биотитовой зоны и переход к альмандиновой зоне вызывает увеличение количества и размеров зерен биотита, образуются более крупные, пластинчатые порфиробласты, иногда с включениями минералов основной ткани породы - кварца и биотита.

Альмандиновая, более высокая ступень метаморфизма вызывает кристаллизацию крупных порфиробластов граната, часто содержащего пойкилобластовые включения минералов основной ткани породы - кварца и альбита, иногда мусковита. В это время или близко к нему породы претерпевают катакластический или динамический метаморфизм, выразившийся в формировании кливажа, плойчатости. При этом кристаллы граната интенсивно растрескиваются без смещений, с сохранением первоначальных контуров. В некоторых местах в зернах граната наблюдаются S – образные и спиралеобразные структуры включений кварца, которые указывают на одновременность процессов деформации породы и кристаллизации граната. В породе формируются порфиробластовые и пойкилобластовые структуры, плойчатые и свилеватые текстуры. Позднее гранат псевдоморфно хлоритизируется.

Гидротермальный процесс подразделяется на несколько этапов: **а.** собственно гидротермальный, в который кварц- сульфидная минерализация заполняет трещины, пустоты; **б.** гидротермально- метасоматический; **в.** кремне-щелочной; **г.** борный; **д.** диффузионно-фильтрационный, в который формируются псевдоморфозы по всем более ранним парагенезисам. Образуется околожильная метасоматическая зональность (табл. 3.11)

Структура рудного поля

В структурном плане метаморфические породы кординской свиты в пределах месторождения формируют синклиналеподобный провис кровли в надинтрузивной зоне гранитоидных массивов татарско-аяхтинского комплекса: Коноваловского(с запада) и Верхне-Енашиминского (с востока). На восточной границе за пределами рудного поля обнажается блок наиболее древних архейских пород малогаревской толщи и гранитов гаревского комплекса, ограниченный тектоническими разломами. Тектоническое нарушение выделяется восточнее месторождения. Зона прослеживается от вершины руч. Благовещенского на юге, до руч. Безымянного - на севере. Она фиксируется динамосланцами, углеродистыми сланцами, зонами дробления, выклиниванием и резкими изменениями мощности пород. В ее пределах развиты линейные коры выветривания. Основной структурой месторождения является Благовещенская антиклиналь. Она представляет собой наклонную, местами лежачую антиклинальную складку, осложненную более мелкими складками и тектоническими нарушениями с падением на восток, юго-восток (рис. 3.18-3.22). На западном фланге падение пород от слабо - до крутопадающего. На восточном фланге угол падения пород увеличивается и приближается к вертикальному. Отмечается погружение шарнира антиклинали на северо-восток под углом 15-25° и, вероятно, в юго-западном направлении под более пологим углом. Кроме того, отмечаются зоны линейных складок, флексурообразных изгибов, с размахом крыльев от десятков метров до первых метров и плойчатости.

Сравнительный анализ месторождения Титимухта с аналогичными месторождениями Дальнего Востока указывает на наиболее вероятный коллизионный тип его формирования, что подтверждается широким развитием милонитов, катаклазитов, брекчий, тонко рассланцованных пород. Значительная роль отводится покровно-складчатой тектоники, обусловленной подвижками глубинного характера.

В пределах месторождения такие подвижки обусловили появление рудоконтролирующего разлома восточного падения (50°), который ограничивает нижнюю границу промышленного оруденения. На всех разрезах в зоне разлома отмечаются зоны дробления, катаклаза, милонитизации, указывающие на перемещение верхней пластины по плоскости разлома. Породы в результате движения собраны в антиклинальную складку. Антиклинальная складка имеет общее северо-восточное простирание. На РЛ.33,0 и 34,5 она сжата и запрокинута на запад. На РЛ. 35,5 и 36,5 заметно погружение ее на северо-восток. Складка в свою очередь осложнены более мелкими складками- второго порядка, что можно наблюдать в западном борту карьера. Складка, имея общее падение на восток, разбита трещинами, которые выполнены будинированными кварцевыми жилами и метасоматически измененными породами. По нарушениям северо-западного направления породы месторождения расчленены на три блока: южный, центральный и северный, ступенчато опущенные с юга на север. Амплитуда погружения северного блока по сравнению с южным составляет более 200 м. Гидротермально-пневматолитовые рудогенные растворы, по-видимому, мигрировали от приконтактовой гранитоидной зоны (с востока), используя нарушение как канал, и аккумулировались в пределах антиклинальной складки, заполняя пустоты в зонах брекчирования, дробления и трещинах скола.

Морфология и строение рудных тел

На месторождении по бортовому содержанию золота 0,6 г/т, на РЛ. 34.5, 35.5, 36.5 выделяется единое главное рудное тело, которое на РЛ. 33.0 распадается на ряд мелких. В целом форма главного рудного тела приближается к седловидно-линзовидной с падением на северо-восток. Золото-кварцевое оруденение морфологически представляет собой линейный мегаштокверк протяженностью 750 м, шириной до 360 м, приуроченный к сводовой части антиклинали, интерпретируемой как зона относительного растяжения, формирующаяся в складках продольного изгиба (Сердюк, 1984).

По проекции на горизонтальную плоскость протяженность главного рудного тела в пределах разведочного контура составляет 570 м, ширина-до 400 м, при мощности – 330 м. В вертикальном сечении максимальные размеры рудного тела выявлены по РЛ- 35,5. Морфологически оно, в целом, представляет собой седловидное тело, «составленное» из двух, соединенных в верхней части линзовидных тел, расположенных субвертикально. Размеры линз по падению 320 м, по мощности 160-180 м. В северо-восточном направлении рудное тело склоняется под углом 15-25 градусов, сохраняет двухлинзовидное, а точнее, седловидное строение, при общем уменьшении размеров по падению до 160-330 м, по мощности до 80-150 м (РЛ-36,5). В юго-западном направлении (РЛ-34,5) рудное тело выходит на поверхность, явно сохраняя седловидное строение с размерами по падению до 300 м, по мощности 150-180 м. Далее к югу (РЛ-33,0) главное рудное тело расщепляется на множество мелких тел. В южном направлении возможно продолжение главного рудного тела, но пока этот фланг месторождения практически не изучен.

Оруденение месторождения отнесено к штокверковому типу (Головачев, 2001 г). Оно локализовано в основном в третьей-пятой подпачках нижней пачки среднекординской подсвиты, сложенных слюдисто-кварцевыми породами (метаалевролитами). В пределах промышленного контура выделяются рудные интервалы с высоким содержанием золота - более 5г/т (рис. 3.18). На РЛ. 33,0 их практически нет. На РЛ.34,5 они приурочены к верхней части сжатой антиклинали и к ее восточному крылу (подпачки 3-4). На РЛ. 35,5 они приурочены к подпачкам 3-5, повторяя их пространственное положение. На РЛ. 36,5 руды с высоким содержанием приурочены к подпачкам 2-4. Они встречаются в интервале глубин 300-450 м. По скв. 069 они находятся в интервале 340-380 м. Создается впечатление,

Таблица 3.11

Схема последовательности минералообразования основных породообразующих минералов

Эпоха	Гипогенная					Гипергенная
Этап	Региональный прогрессивный метаморфизм		Динамометаморфизм	Гидротермальный	Гидротермально-метасоматический	
Фация	Фация зеленых сланцев.	Переходная к амфиболитовой				
Зона	Биотитовая	Гранатовая				
Кварц	—			—	—	
Альбит	—				—	
Мусковит	—	—	—		—	
Биотит		—	—		—	
Серицит	—				—	
Гранат		—	—			
Эпидот					—	
Анкерит + сидерит						
Кальцит					—	
Хлорит	—		—		—	
Сфен			—			
Турмалин					—	
Везувиан					—	
Гидробиотит						
Пирит				—	—	
Х/пирит						
Ильменит	—					
Магнетит			—		—	
Лейкоксен			—		—	
Лимонит						—

что скв.0108, пробуренная восточнее, не достигла этого рудного интервала. В целом, размещение на разрезах руд с высоким содержанием характеризуется тесной связью с висмутовой минерализацией и приуроченностью к сводовой части сжатой антиклинали.

Анализ ореолов распределения золота и кварценосности выявляет внутреннее строение мегаштокверка, которое представляет комбинацию вертикальных, крутонаклонных, горизонтальных и субгоризонтальных тел, сложенных кварцевожильно-прожилковым материалом с вкрапленностью сульфидной минерализации.

Наблюдается пространственное совпадение ореолов золота и кварца. Ореолы золота по изоконцентрате 5 г/т и выше отмечены аномальными ореолами кварценосности по изоконцентрате 20 % и выше. Выделяется также ряд небольших ореолов кварца, которым соответствуют низкие или невысокие значения ореолов золота (скв. 020, 021), что, вероятно, связано с участками развития первичного метаморфогенного кварца. Выделяются также ореолы золотоносности на уровне 0,5-1,0 г/т, где визуально не выявлены ореолы кварценосности, что, может быть, связано с участками развития золото-сульфидной минерализации.

Оценивая в целом особенности размещения золотого оруденения, следует отметить, что территория, прилегающая к месторождению с севера и юга, является потенциально перспективной для увеличения ресурсов золоторудного сырья месторождения Титимухта.

Вещественный состав руд

Вещественный состав руд изучен Н.С. Курбатовой по результатам иссследования 170 полированных шлифов, отобранных по канавам, траншеям и скважинам, пройденным на месторождении. Для наблюдения оптических свойств рудных минералов использовался рудный микроскоп «Leika», бинокулярный микроскоп МБС – 9. Для определения некоторых элементов (Bi, Te, As, Pb) в составе рудных минералов применялся стандартный набор химических реактивов.

Свойства рудых минералов, этапность их образования морфологические особенности, и их количество обобщены в таблице 3.12. Главные рудные минералы и их морфологические особенности несколько подробнее описаны ниже.

Наиболее часто в аншлифах отмечается **пирротин.** Он встречается в кварце и во вмещающей породе и имеет некоторые морфологические различия. Во вмещающей породе пирротин чаще всего образует неправильной формы интерстициальные выделения обычно размером менее 1,0мм. Выделения представляют собой гипидиоморфнозернистые агрегатные срастания, вкрапления единичных, неправильной формы зерен. Очень часто вкрапления пирротина ориентированны, располагаются по плоскостям рассланцевания вмещающей породы. В кварце пирротин часто имеет идиоморфные формы выделения, размеры отдельных зерен могут достигать 3-5 мм. Структуры перекристаллизации, отмеченные в некоторых аншлифах в пирротине, характерны именно для пирротина в кварце. Срастания пирротина с халькопиритом отмечаются, как во вмещающей породе, так и в кварце. Замещение пирротина полезными рудными компонентами (Au, Bi-Te соединения и др.) наблюдается непосредственно на контакте кварца и вмещающей породы. Крайне редко в пирротине присутствуют единичные тончайшие пластинки **пентландита**, как продукты распада твердых растворов.

Халькопирит второй по распространенности минерал, но количество его очень редко достигает первых процентов. Он встречается, как в срастании с пирротином, так и образует самостоятельные вкрапления. Границы срастаний халькопирита и пирротина ровные, плавно-извилистые, что говорит об их одновременном образовании. Замещение халькопирита полезными рудными компонентами (Au, Bi-Te соединения и др.) происходит также, как и пирротина.

Сфалерит, галенит редкие минералы, образуют единичные вкрапления зерен обычно неправильной формы. Иногда отмечаются срастания сфалерита и халькопирита, очень редко наблюдаются эмульсионные структуры распада халькопирита в сфалерите.

Арсенопирит образует редкие единичные вкрапления идиоморфных зерен во вмещающей породе и на контакте с кварцем. Здесь зерна арсенопирита раздроблены и замещаются по трещинам и краям соединениями Bi и Te.

Висмутин, сульфосоли Bi, висмут самородный, соединения Bi и Te наблюдаются исключительно на контакте кварца и вмещающей породы, формы выделения чаще всего интерстициальные, реже встречаются идиоморфные зерна. Часто эти минералы можно наблюдать в срастании друг с другом, а также характерны замещения ими более ранних сульфидов: пирротина, халькопирита, сфалерита, арсенопирита, отмечаются замещения висмутина самородным висмутом в срастании с золотом.

Золото имеет интерстициальные формы выделения на контакте кварца и вмещающей породы, как правило, встречается в ассоциации с выше упомянутыми минералами висмута, также в совместном срастании с ними, наблюдаются замещения золотом более ранних сульфидов: пирротина, халькопирита, сфалерита. Формы выделений золота различные, чаще неправильные, интерстициальные, угловатые, иногда с ответвлениями, короткие просечки, а также округло-овальные, удлиненно-пластинчатые. Золото, выделяясь по краям срастаний минералов Bi и Te, имеет неправильные формы, внутри срастаний минералов Bi и Te золотины имеют округлую форму.

Самостоятельные мономинеральные выделения золота имеют несколько меньшие размеры, соотношение таких выделений золота и золота в срастании с другими упомянутыми сульфидами ~ 1:1. При отсутствии минералов висмута единичные вкрапления золота в аншлифе наблюдаются в ассоциации с гидроокислами железа. Количество знаков золота в аншлифах изменяется от 1 до 250. Размер выделений золота от 0,0012мм (на пределе разрешающей способности микроскопа) до 0,1мм, преобладают размеры зерен от 0,01мм до 0,05мм.

Пирит встречается чаще других сульфидов после пирротина. Его образование происходит за счет дисульфидизации пирротина при привносе дополнительных растворов, обогащенных серой, на глубоких горизонтах. Выделения пирита часто идиоморфные, метазернистые. Дисульфиды железа, марказит являются промежуточными продуктами дисульфидизации пирротина в приповерхностных областях, где этот процесс заканчивается образованием гидроокислов железа .

Гидроокислы железа образуют псевдоморфозы по зернам сульфидов, наблюдаются в виде пленочных, рыхлых, землистых образований в трещинах кварца, межзерновых пространствах, иногда с незначительной примесью гидроокислов Mn. Внутреннее строение псевдоморфоз зонально-ритмическое. По оптическим свойствам и цвету внутренних рефлексов предположительно можно гидроокислы Fe разделить на два минеральных вида: лепидокрокит и гетит. Содержание гидроокислов Fe редко превышает 10% в аншлифах. Глубину окисления определить не удалось из-за отсутствия нужной первичной документации.

Графит отмечен повсеместно, содержание его при описании аншлифов, возможно, несколько занижено, от

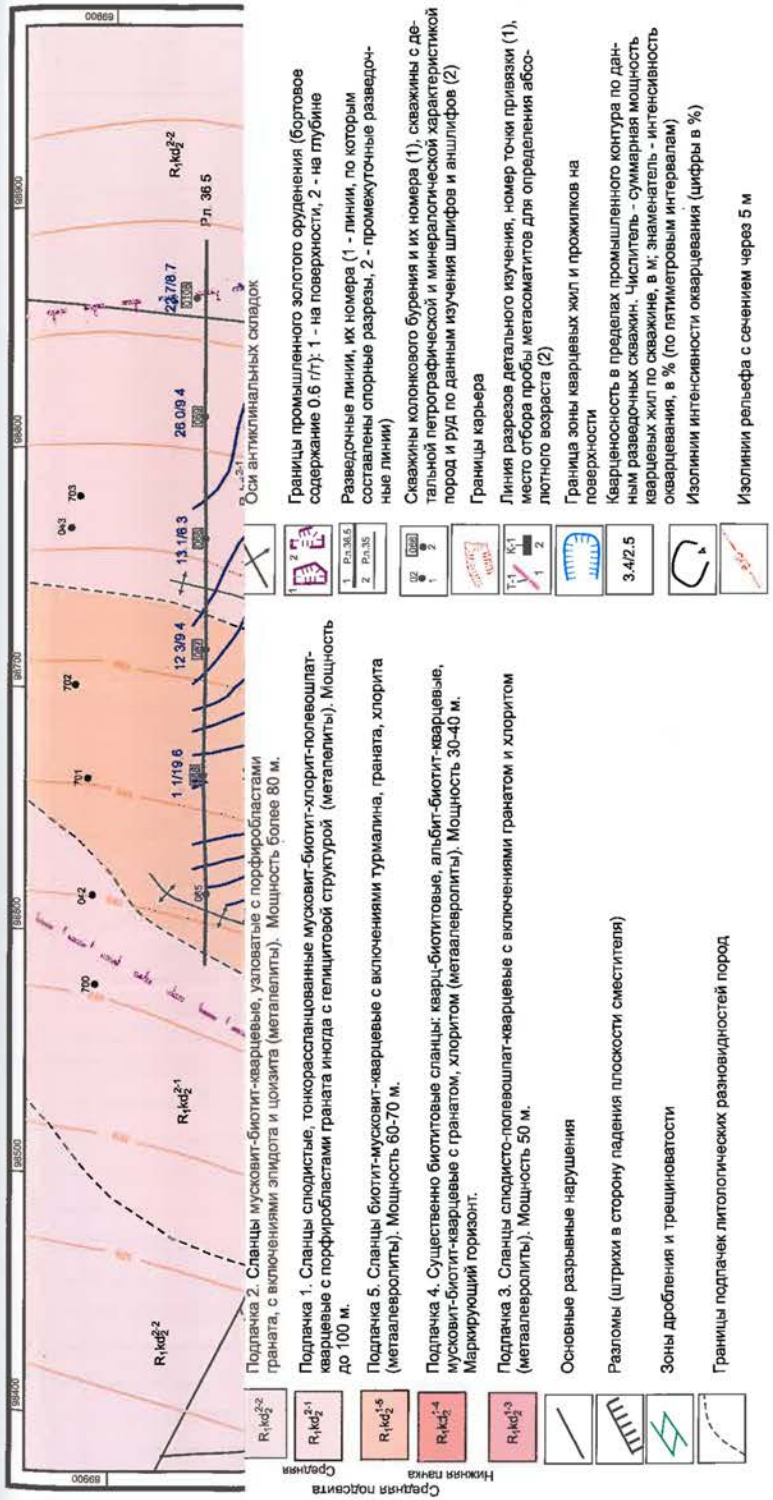
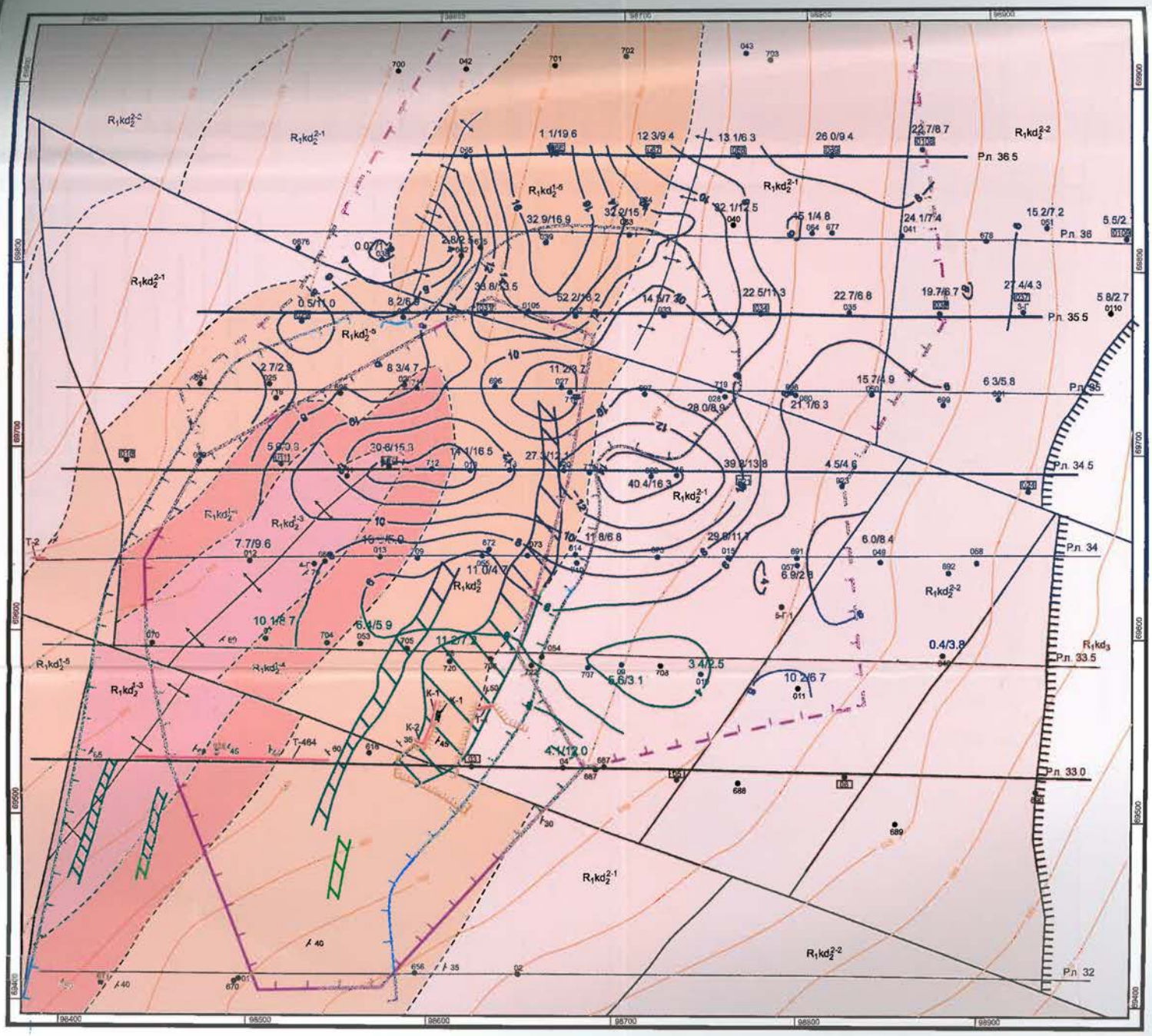


Рис. 3.18. Геолого-разведочный план месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")



Условные обозначения

Кординская свита

- R_1kd_3 — Верхняя подсвита. Сланцы гранат-биотит-серицит-кварцевые
- Средняя подсвита
  - $R_1kd_2^{2-2}$ — Подпачка 2. Сланцы мусковит-биотит-кварцевые, узловатые с порфиробластами граната, с включениями эпидота и цоизита (метапелиты). Мощность более 80 м.
  - $R_1kd_2^{2-1}$ — Подпачка 1. Сланцы слюдистые, тонкорассланцованные мусковит-биотит-хлорит-полевошпат-кварцевые с порфиробластами граната иногда с гелицитовой структурой (метапелиты). Мощность до 100 м.
  - $R_1kd_2^{1-5}$ — Подпачка 5. Сланцы биотит-мусковит-кварцевые с включениями турмалина, граната, хлорита (метаалевролиты). Мощность 60-70 м.
  - $R_1kd_2^{1-4}$ — Подпачка 4. Существенно биотитовые сланцы: кварц-биотитовые, альбит-биотит-кварцевые, мусковит-биотит-кварцевые с гранатом, хлоритом (метаалевролиты). Мощность 30-40 м. Маркирующий горизонт.
- Нижняя пачка
  - $R_1kd_2^{1-3}$ — Подпачка 3. Сланцы слюдисто-полевошпат-кварцевые с включениями гранатом и хлоритэм (метаалевролиты). Мощность 50 м.

- Основные разрывные нарушения
- Разломы (штрихи в сторону падения плоскости сместителя)
- Зоны дробления и трещиноватости
- Границы подпачек литологических разновидностей пород

- 40 — Элементы залегания пород
- Оси антиклинальных складок
- 1 2 — Границы промышленного золотого оруденения (бортовое содержание 0.6 г/т): 1 - на поверхности, 2 - на глубине
- 1 Рл.36.5 / 2 Рл.36 — Разведочные линии, их номера (1 - линии, по которым составлены опорные разрезы, 2 - промежуточные разведочные линии)
- 02 / 1 — Скважины колонкового бурения и их номера (1), скважины с детальной петрографической и минералогической характеристикой пород и руд по данным изучения шлифов и аншлифов (2)
- Границы карьера
- T-1 / 1 — Линия разрезов детального изучения, номер точки привязки (1), место отбора пробы метасоматитов для определения абсолютного возраста (2)
- Граница зоны кварцевых жил и прожилков на поверхности
- 3.4/2.5 — Кварценосность в пределах промышленного контура по данным разведочных скважин. Числитель - суммарная мощность кварцевых жил по скважине, в м; знаменатель - интенсивность окварцевания, в % (по пятиметровым интервалам)
- Изолинии интенсивности окварцевания (цифры в %)
- 625 — Изолинии рельефа с сечением через 5 м

Рис. 3.18. Геолого-разведочный план месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

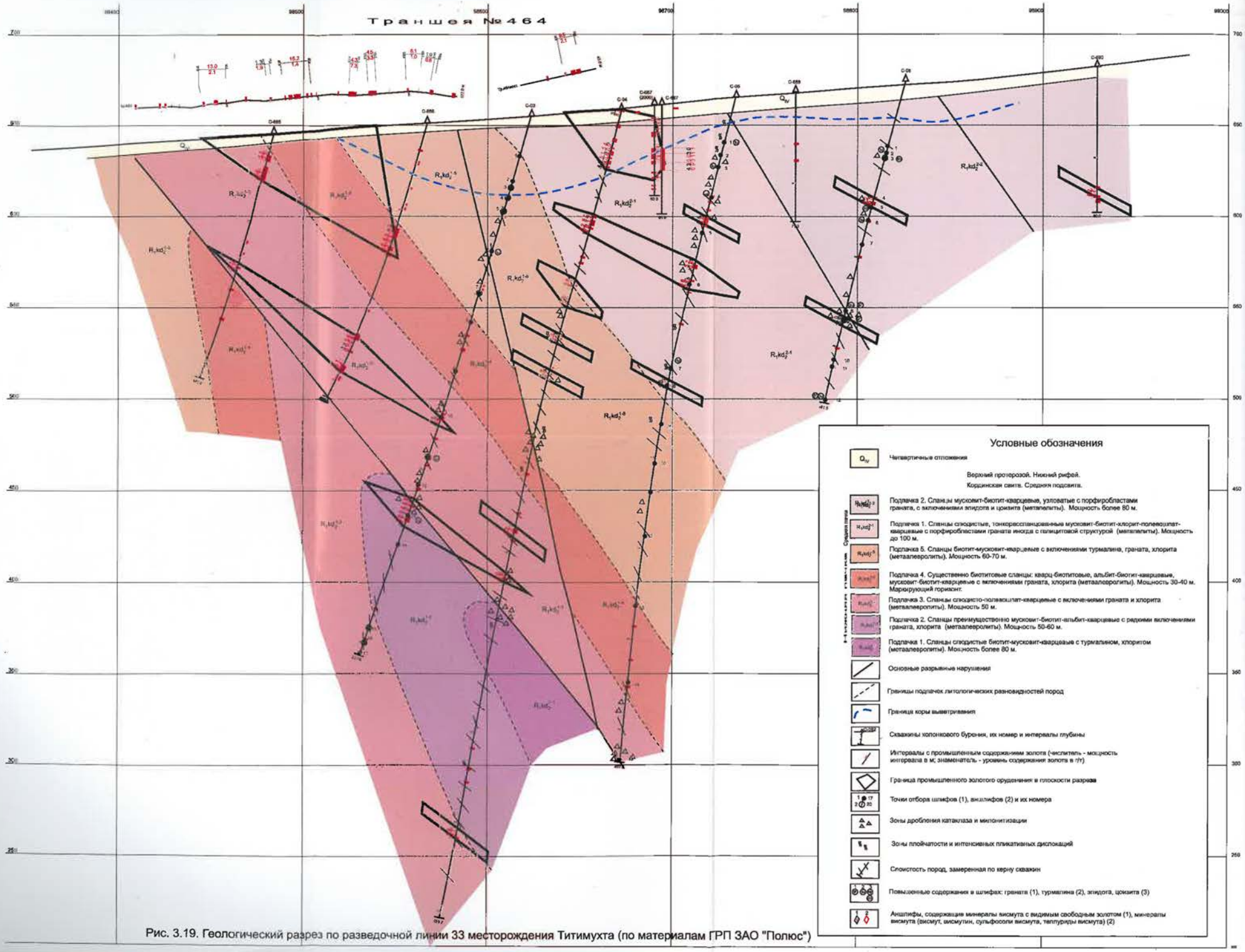


Рис. 3.19. Геологический разрез по разведочной линии 33 месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

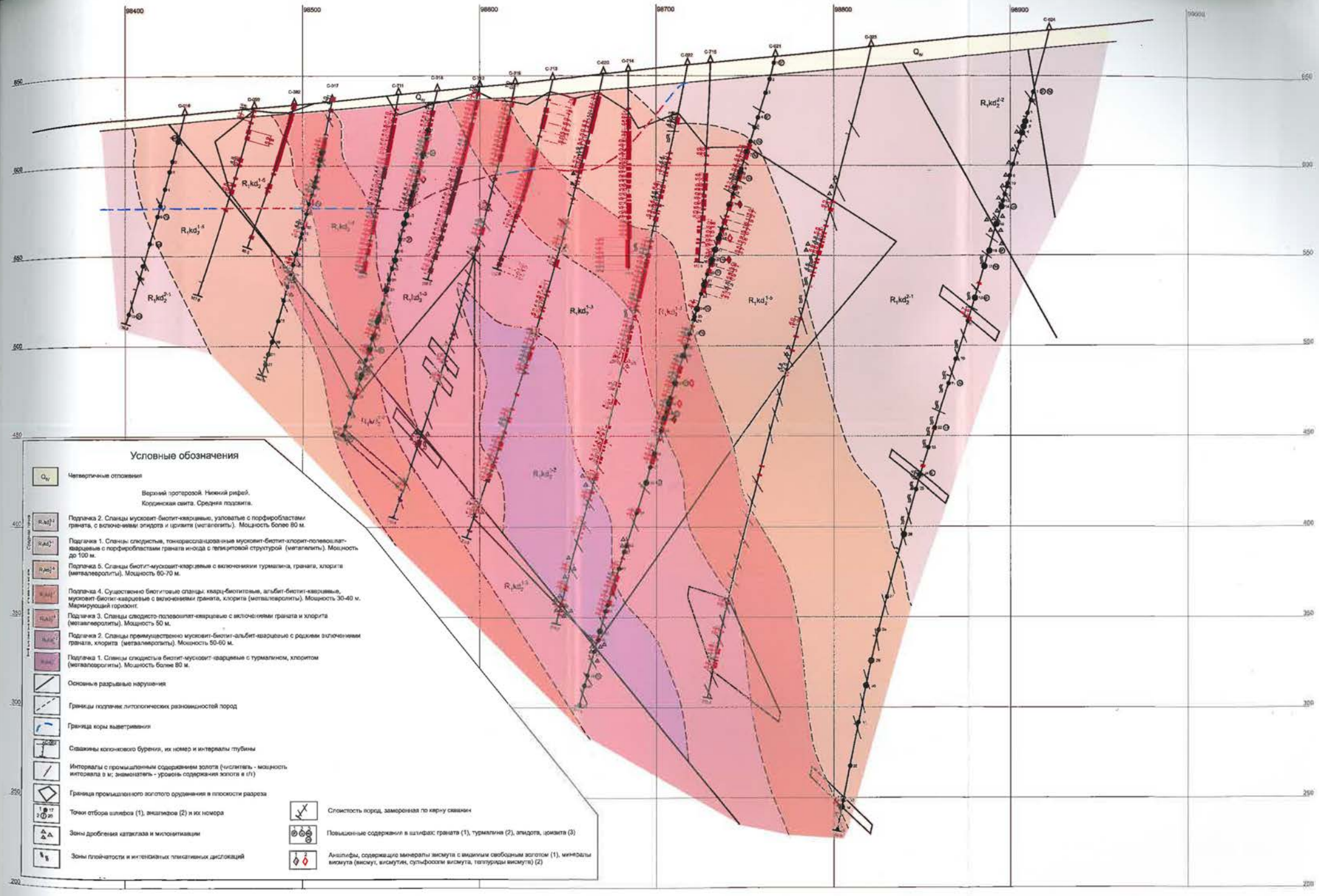


Рис. 3.20. Геологический разрез по разведочной линии 34.5 золоторудного месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

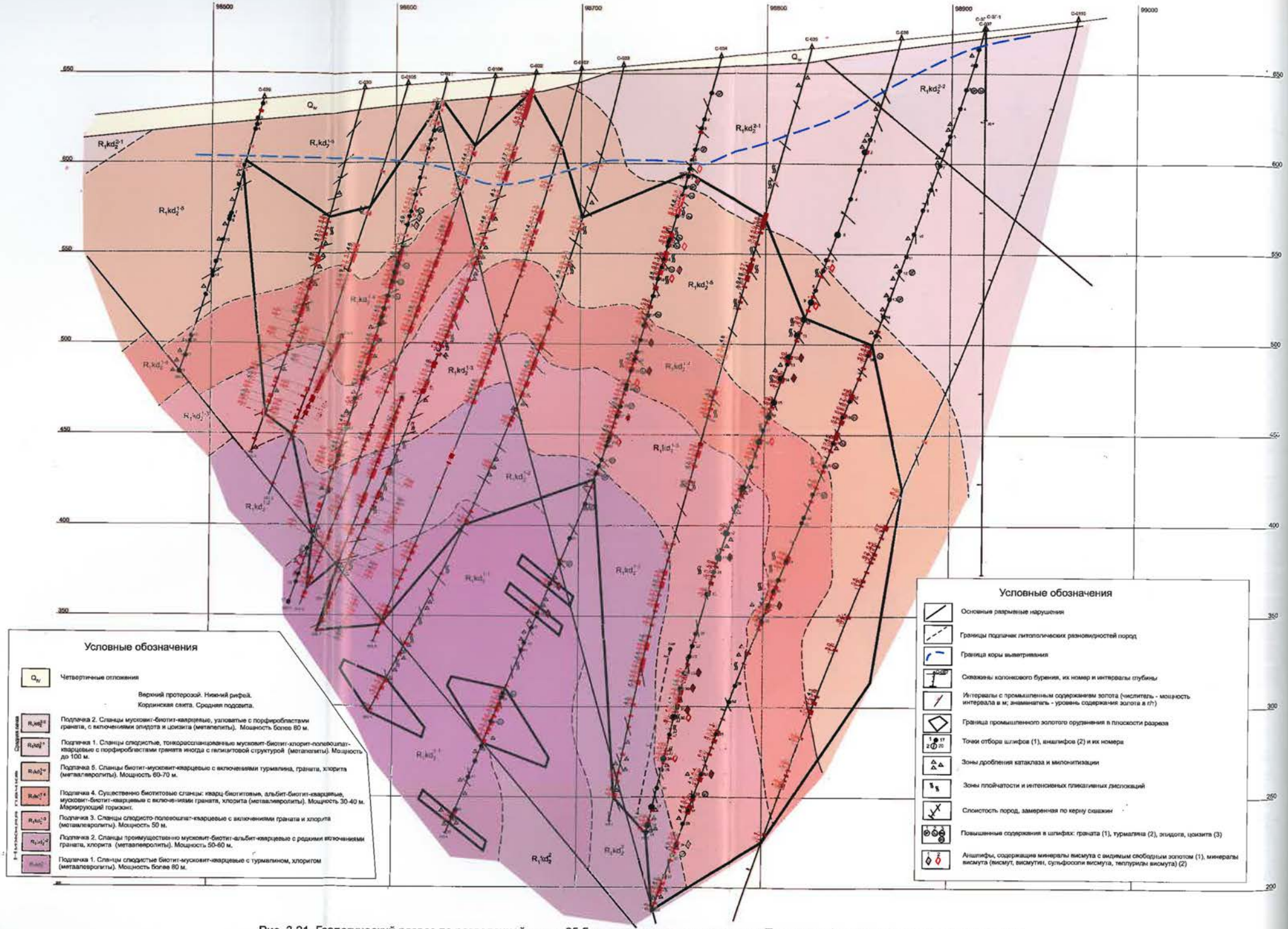


Рис. 3.21. Геологический разрез по разведочной линии 35.5 золоторудного месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

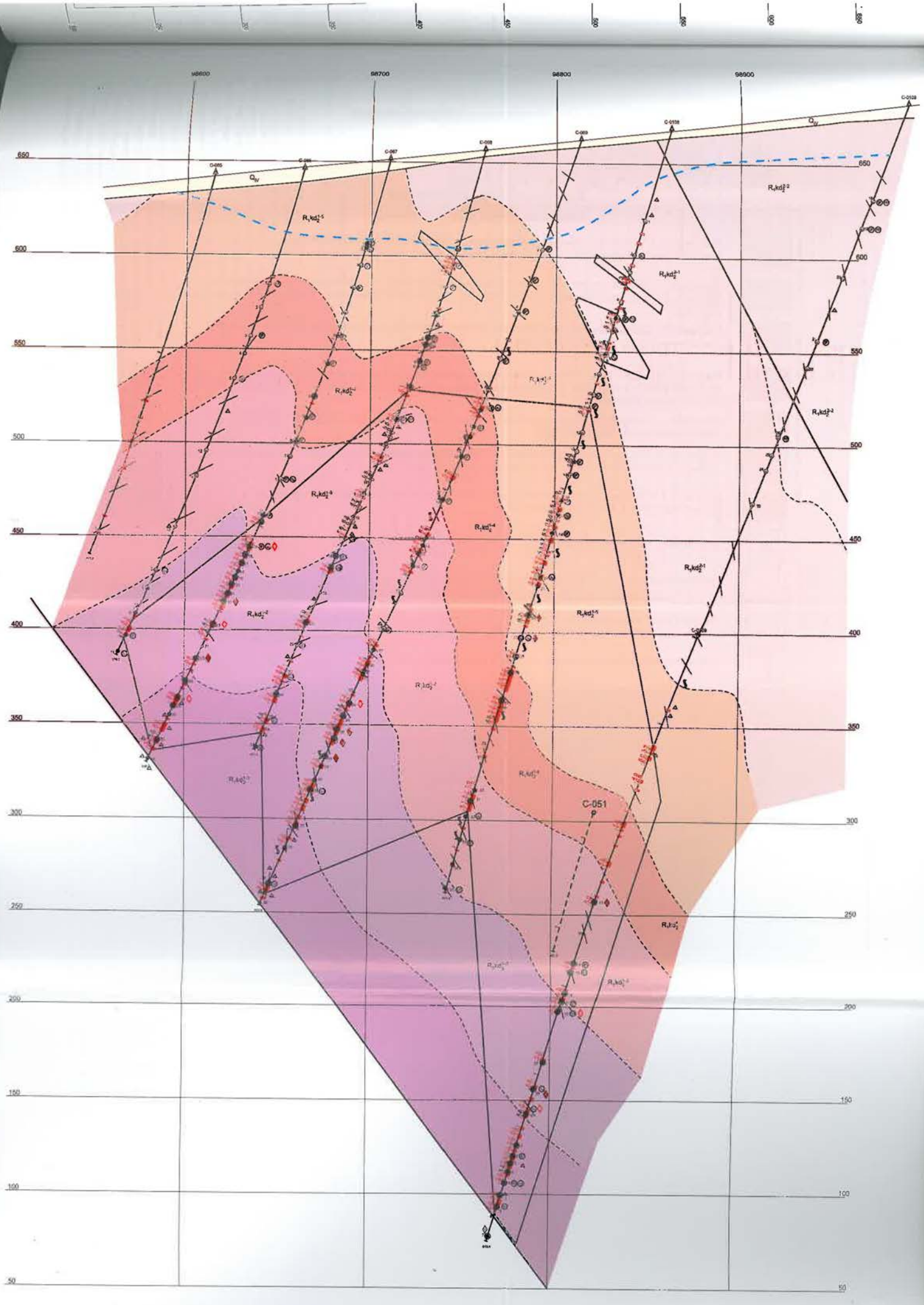


Рис. 3.22. Геологический разрез по разведочной линии 36.5 золоторудного месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

Условные обозначения

Q_{IV} — Четвертичные отложения

Верхний протерозой. Нижний рифей.

Кординская свита. Средняя подсвита.

Средняя пачка

$R_1kd_2^{2-2}$ — Подпачка 2. Сланцы мусковит-биотит-кварцевые, узловатые с порфиробластами граната, с включениями эпидота и цоизита (метапелиты). Мощность более 80 м.

$R_1kd_2^{2-1}$ — Подпачка 1. Сланцы слюдистые, тонкорассланцованные мусковит-биотит-хлорит-полевошпат-кварцевые с порфиробластами граната иногда с гелицитовой структурой (метапелиты). Мощность до 100 м.

Нижняя пачка

$R_1kd_2^{1-5}$ — Подпачка 5. Сланцы биотит-мусковит-кварцевые с включениями турмалина, граната, хлорита (метаалевролиты). Мощность 60-70 м.

$R_1kd_2^{1-4}$ — Подпачка 4. Существенно биотитовые сланцы: кварц-биотитовые, альбит-биотит-кварцевые, мусковит-биотит-кварцевые с включениями граната, хлорита (метаалевролиты). Мощность 30-40 м. Маркирующий горизонт.

$R_1kd_2^{1-3}$ — Подпачка 3. Сланцы слюдисто-полевошпат-кварцевые с включениями граната и хлорита (метаалевролиты). Мощность 50 м.

$R_1kd_2^{1-2}$ — Подпачка 2. Сланцы преимущественно мусковит-биотит-альбит-кварцевые с редкими включениями граната, хлорита (метаалевролиты). Мощность 50-60 м.

$R_1kd_2^{1-1}$ — Подпачка 1. Сланцы слюдистые биотит-мусковит-кварцевые с турмалином, хлоритом (метаалевролиты). Мощность более 80 м.

Основные разрывные нарушения

Границы подпачек литологических разновидностей пород

Граница коры выветривания

С-082 — Скважины колонкового бурения, их номер и интервалы глубины

Интервалы с промышленным содержанием золота (числитель - мощность интервала в м; знаменатель - уровень содержания золота в г/т)

Граница промышленного золотого оруденения в плоскости разреза

1 17 2 20 — Точки отбора шлифов (1), аншлифов (2) и их номера

Зоны дробления катаклаза и милонитизации

Зоны плойчатости и интенсивных пликативных дислокаций

Слоистость пород, замеренная по керну скважин

1 2 3 gr tu ep zo — Повышенные содержания в шлифах: граната (1), турмалина (2), эпидота, цоизита (3)

1 2 — Аншлифы, содержащие минералы висмута с видимым свободным золотом (1), минералы висмута (висмут, висмутин, сульфосоли висмута, теллуриды висмута) (2)

Условные обозначения

Четвертичные отложения

Верхний протерозой. Нижний рифей.

Кординская свита. Средняя подсвита.

Средняя пачка

Q_{IV}

$R_1kd_2^{2-2}$ Подпачка 2. Сланцы мусковит-биотит-кварцевые, узловатые с порфиробластами граната, с включениями эпидота и цоизита (метапелиты). Мощность более 80 м.

$R_1kd_2^{2-1}$ Подпачка 1. Сланцы слюдистые, тонкорассланцованные мусковит-биотит-хлорит-полевошпат-кварцевые с порфиробластами граната иногда с гелицитовой структурой (метапелиты). Мощность до 100 м.

$R_1kd_2^{1-5}$ Подпачка 5. Сланцы биотит-мусковит-кварцевые с включениями турмалина, граната, хлорита (метаалевролиты). Мощность 60-70 м.

$R_1kd_2^{1-4}$ Подпачка 4. Существенно биотитовые сланцы: кварц-биотитовые, альбит-биотит-кварцевые, мусковит-биотит-кварцевые с включениями граната, хлорита (метаалевролиты). Мощность 30-40 м. Маркирующий горизонт.

$R_1kd_2^{1-3}$ Подпачка 3. Сланцы слюдисто-полевошпат-кварцевые с включениями граната и хлорита (метаалевролиты). Мощность 50 м.

$R_1kd_2^{1-2}$ Подпачка 2. Сланцы преимущественно мусковит-биотит-альбит-кварцевые с редкими включениями граната, хлорита (метаалевролиты). Мощность 50-60 м.

$R_1kd_2^{1-1}$ Подпачка 1. Сланцы слюдистые биотит-мусковит-кварцевые с турмалином, хлоритом (метаалевролиты). Мощность более 80 м.

Основные разрывные нарушения

Границы подпачек литологических разновидностей пород

Нижняя пачка

Таблица 3.12

Схема последовательности образования рудных минералов месторождения Титимухта

	Этап	Эпимагматический					Выветривания
	Стадия	Гидротермально-метаморфическая	Гидротермально-метасоматическая				Дисульфидизации и окисления
		Минеральная ассоциация					
	Минерал	Пирротиновая	Кварц-пиритовая	Полиметаллическая	Золото-висмутовая	Кварц-карбонатная	Гетит-лимонитовая
1	Пирротин	▬	▬	▬			
2	Кварц		▬	▬		▬	
3	Пирит		▬				
4	Пентландит	·····	▬				
5	Халькопирит	▬	▬	▬	·····		
6	Сфалерит		▬	▬			
7	Галенит			·····			
8	Арсенопирит			▬			
9	Молибденит			·····			
10	Блеклая руда			·····			
11	Висмутин			▬	▬		
12	Сульфосоли Bi				▬		
13	Хедлейит? Bi-Te?				▬		
14	Висмут						
15	Станнин				·····		
16	Золото				▬		
17	Карбонат					▬	
18	Валлериит						
19	Дисульфиды Fe						·····
20	Марказит						·····
21	Малахит						·····
22	Гидроокислы Fe						▬
23	Гидроокислы Mn						·····
Текстуры руд		Вкрапленная, прожилково-вкрапленная, мелкозернистая, ориентированно-зернистая, тонко неравномерно рассеянная				Прожилково-вкрапленные, мелкозернистые, землистые, пленочные	
Структуры руд		Интерстициальные, идиоморфнометазернистая, гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, распада твердых растворов, замещения				Унаследованные, замещения, радиально-лучистые, зонально-ритмические	

▬ 1 ▬ 2 ▬ ▬ ▬ 3 ····· 4 ····· 5

Минералы: 1-главные; 2-распространенные; 3-малораспространенные; 4-редкие; 5-очень редкие

ед.з. до 20%. В аншлифах наблюдается в виде агрегатных скоплений тонкочешуйчатых зерен неправильной формы, гнездовых вкраплений, удлиненной формы зерен. Значительная часть графитовых выделений часто сосредоточена на контакте кварца и вмещающей породы в виде прерывистых, плохо выраженных прожилков. Графит, вероятно, в результате динамометаморфизма пород типа углистосодержащих сланцев, с последующим перераспределением графита в породе при последующих гидротермальных процессах.

Вмещающие породы месторождения Титимухта – метасоматиты и прокварцованные полосчатые сланцы с многочисленными, различно ориентированными кварцевыми, кварц-карбонатными прожилками. Карбонат представлен **кальцитом, сидеритом** в несколько меньшем количестве. Карбонаты определены методом окрашивания по Штеренбергу. Основными рудными минералами являются **пирротин, халькопирит, пирит.** Основными полезным рудным минералом является **самородное золото** в тесной ассоциации с **минералами висмута.** Общее содержание сульфидов по аншлифам незначительное, редко превышает 2% - 3%. Руды месторождения Титимухта локализованы в метасоматически измененных породах, в полосчатых сланцах. Метасоматические изменения вмещающих пород представлены окварцеванием, графитизацией, карбонатизацией. Измененные ориентированнозернистые вмещающие породы содержат многочисленные прожилковоподобные и линзовидные образования кварцевого состава, расположенные согласно общей текстуре рассланцованных пород.

Значительная часть пирротина, иногда в срастании с халькопиритом, реже сфалеритом, образовалась в стадию гидротермального метаморфизма. В гидротермально-метасоматическую стадию при изменении физико-химических условий среды с образованием ранних выделений кварца, согласных с общей текстурой рассланцевания пород, ранее выделившиеся сульфиды (пирротин с халькопиритом и сфалеритом) были перекристаллизованны. В кварце и на контакте с вмещающими породами, в участках окварцевания, пирротин, пирит, выделившиеся совместно с

кварцем, имеют идиморфные метазернистые формы выделения, размер которых значительно больше, чем интерстициального, ориентированозернистого пирротина во вмещающей породе.

Рудное вещество полиметаллической и золотовисмутовой ассоциаций отлагается непосредственно на контакте кварцевых образований и измененных вмещающих пород. В полиметаллической ассоциации гидротермально-метасоматическоой стадии выделяются пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда, молибденит, возможно, часть висмутина. В следующей ассоциации гидротермально-метасоматической стадии выделялись висмутин, хедлейит? (соединения Bi и Te), сульфосоли висмута, висмут самородный, золото. Золото образует как самостоятельные мономинеральные выделения, так и срастания с минералами этой ассоциации.

Многочисленные кварц-карбонатные прожилки различно ориентированы, являются секущими по отношению к более ранним выделениям кварца и вмещающей породе. Характерны незначительные замещения карбонатом более ранних рудных минералов ассоциаций гидротермально-метасоматической стадии.

Химический состав руд месторождения изучен в процессе отбора и изучения лабораторных и технологических проб (Головачев, 2001 г). Содержания химических компонентов установлено следующее, в %: SiO_2 68,84-69,19, Al_2O_3 13,22-13,34, Fe_2O_3 5,66-6,37, FeO 2,46-4,37, MnO 0,08-0,15, MgO 1,13-1,54, CaO 0,94-0,97, Na_2O 0,87-1,61, K_2O 2,82-2,93, P_2O_5 0.10-0,12, H_2O 0,25, CO_2 0.06-0.52, S общ. 0,19-0,30, ппп 2,52-2,80. Таким образом, в рудах преобладает кремнистая составляющая, окись железа, калий, с существенным содержанием кальция и низким содержанием сульфидов.

Руды месторождения Титимухта, по сравнению с другими месторождениями района, характеризуются ярко выраженной индивидуальностью, отсутствием вредных примесей, высокой технологичностью. Пробность золота составляет 860 (Головачев, 2001 г).

В результате процессов выветривания в приповерхностых горизонтах происходит окисление сульфидов с постепенным превращением их в гидроокислы железа. Часть их по оптическим свойствам определена как лепидокрокит и гетит, большая часть гидроокислов железа без дополнительных анализов более детальному определению не поддается. Малахит редок, образовался в результате окисления халькопирита. Окисленные руды выделяются в приповерхностной части, до глубины 30 реже 100 м. При сохранении своих технологических параметров они характеризуются более низким значением объемного веса (1,9 т/м3 вместо 2,7 т/м³ в первичных рудах).

Все выше сказанное позволяет сделать следующие краткие выводы:

- рудная минерализация локализована в приконтактовых зонах кварцевых выделений. Рудное вещество отлагается непосредственно на контакте кварца и вмещающей породы, приурочено к интерстициям нерудных минералов;
- золото является основным полезным компонентом;
- основные текстуры руд – мелкозернистые, вкрапленные, тонко- и неравномерно рассеянные;
- главные структуры руд – интерстициальные (заполнения межзерновых пространств).

Месторождение Титимухта – гидротермально-метасоматическое, золото-висмутовое кварцевожильно-прожилковое (штокверковое) малосульфидное.

Геохимические особенности руд

На месторождении Титимухта все отобранные геохимические, бороздовые и керновые пробы были проанализированы спектральным полуколичественным методом на 24 элемента: мышьяк, бор, барий, бериллий, висмут, хром, ниобий, серебро, свинец, цинк, медь, кобальт, никель, вольфрам, олово, сурьма, марганец, молибден, титан, ванадий (материалы ГРП ЗАО "Полюс").

Главный жильный минерал – кварц, очень тесно связан с золотом, что показывают результаты анализа этой связи по всем изученным геологическим разрезам. Для выяснения закономерностей геохимического поля нами был выполнен корреляционный и кластерный анализы, определены основные статистические параметры опорных геологических разрезов: РЛ-33.0, 34.5, 35.5,36.5 (рис. 3.23, 3.24).

Следует отметить, что задача кластер-анализа сводится к разбиению множества элементов корреляционной матрицы признаков на группы таким образом, чтобы в них объединялись объекты с наивысшими значениями характеристик сходства, а разобщенные группы оставались бы при этом максимально изолированными по данному признаку. В качестве меры сходства могут использоваться непосредственно парные коэффициенты корреляции или другие дистанционные коэффициенты. Результаты кластер-анализа изображаются в виде древовидного графа - дендрограммы.

Таким образом, были построены дендрограммы ассоциаций элементов по первичным ореолам по разведочным линиям 33, 34.5 , 35.5, 36.5, а также сводная дендрограмма ассоциаций по этим линиям (рис. 3.23). Анализ полученных дендрограмм показал высокую стабильность выделения геохимических ассоциаций элементов, наиболее характерными из которых является группа: Au (probir,spectr)-Bi-Ag - непосредственно связанная с золотом. Эта ассоциация элементов отчетливо выделяется на дендрограммах по всем разведочным линиям, включая сводную дендрограмму. Определены также ассоциации элементов Mn-Be-As и Pb-Sn-Mo-B, которые имеют тесную связь с ассоциацией Au (probir,spectr)-Bi-Ag (рис. 3.23). Выделенные геохимические ассоциации элементов были подтверждены высокими парными коэффициентам корреляции по опорным разведочным линиям и составили для висмута 0,75 и 0,65 для серебра.

Изучение равномерности распределения элементов показывает, что выявляется их неравномерное распределение. Средние значения элементов по разрезам ведут себя по-разному. Отмечается существенная разница в значениях золота (по данным пробирного анализа), а также висмута и сурьмы. На разрезах по линиям 34,5 и 35,5 среднее содержание золота составляет больше 1 г/т, а по разрезу 33 оно заметно отличается и составляет 0,37 г/т.

Среднее значение висмута также неравномерно. По РЛ 34,5 и 35,5 среднее значение висмута составляет 4,63 и 4,85 %, а по РЛ 33,0 значение уменьшается до 0,92 %. Аналогично ведет себя и сурьма, где наблюдается уменьшение средних значений по РЛ 33,0. Такое снижение значений химических элементов подтверждается и уменьшением интенсивности золотого оруденения.

Наблюдаются резкие отличия в коэффициенте вариации по этим же разведочным линиям. Существенная разница в коэффициенте вариации наблюдается у золота, мышьяка, висмута. Здесь происходит резкий скачок значений к южной части месторождения, на РЛ 33,0. Вероятно, это может говорить о крайне неравномерном распределении содержании золота в рудах.

Можно предположить, что необходимо произвести на фланге месторождения валовое опробование с целью определения среднего содержания золота.

По разрезам были построены аномалии геохимических ореолов по золоту (пробирный анализ) и по висмуту, а

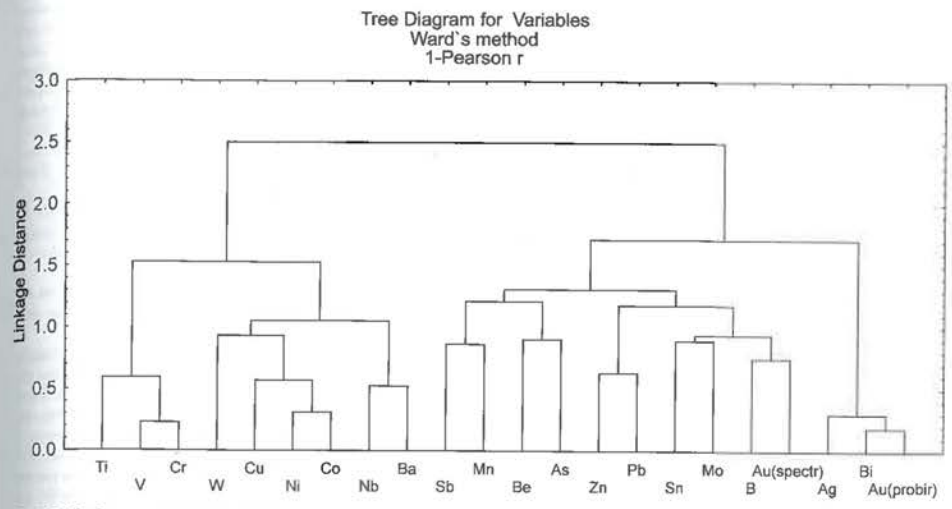


Рис. 3.23. Сводная дендрограмма ассоциаций элементов по литогеохимическим пробам месторождения Титимухта. Разведочные линии 33, 34.5, 35.5, 36.5

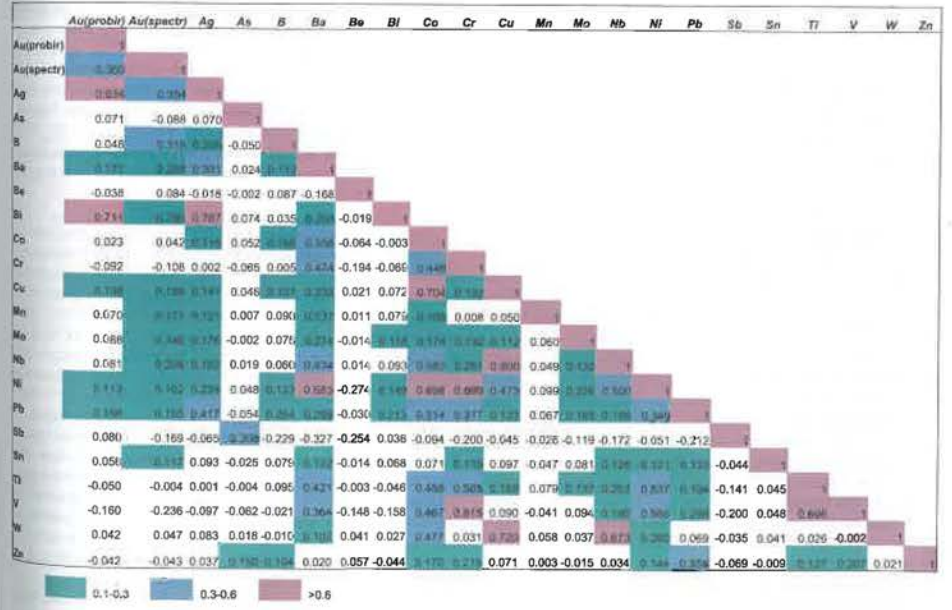


Рис. 3.24. Сводная диаграмма коэффициентов парной корреляции геохимических элементов по результатам спектрального и пробирного анализов по РЛ 33, 34.5, 65.5 и 36.5 месторождения Титимухта

также изолинии кварценосности с осреднением по пятиметровым интервалам. Обработка материалов проведена в программе Surfer методом Kriging. Анализ геохимических материалов и их основные закономерности распределения элементов в пространстве показали высокую корреляцию содержаний золота, висмута и кварценосности, что выражается в соответствии высоких содержаний золота, висмута и высокими значениями кварценосности.

Из вышеизложенного видно, что месторождение Титимухта, по особенностям строения геохимического поля, отличается от большинства рудных объектов золото-кварцевой формации Енисейского кряжа, прежде всего, высокими корреляционными связями группы элементов золота, висмута, серебра.

Таким образом, выявленные геохимические и минералогические особенности месторождения Титимухта позволяют выделить его в качестве золото-висмут-кварцевого типа (висмут-сульфотеллуридно-кварцевого подтипа) золото-кварцевой формации, ранее не известного на Енисейском кряже, но установленного на Северо-Востоке России (Горячев, 2006).

Анализ распределения золота и элементов-спутников (Bi, As, B) по разведочным линиям 33.0, 34.5, 35.5, 36.5. В целях анализа закономерностей распределения элементов-спутников и золота на геологические разрезы по разведочным линиям 33.0, 34.5, 35.5, 36.5 вынесены содержания этих элементов в изолиниях (рис. 3.25-3.28).

Аномалии содержаний различных элементов сопоставлялись между собой, что позволяет выяснить закономерности золотого оруденения.

Выявлена сильная корреляционная связь (около 1) Au, Bi и концентраций жильного кварца между собой. Эпицентры аномалий совпадают, что подтверждает приуроченность наиболее интенсивного оруденения к участкам максимального развития кварца. Обнаружена корреляция элементов As-Au, значение которой меняется от р.л. 33.0 до р.л. 36.5. По р.л. 33.0 аномалий As практически нет, здесь происходит выклинивание золотого оруденения и, в связи с этим, исчезновение As. По р.л. 34.5 обнаружена сильная корреляционная связь As-Au, в верхней части разреза коэффициент корреляции равен 1, в нижней части разреза – 0,5.

Отмечается нарастание содержаний As к восточной части разреза, содержания Bi и кварца здесь не увеличиваются. Это может указывать на возможность появления в восточной части месторождения вкрапленных золото-сульфидных руд олимпиадинского типа, в которых As играет большую роль.

По скв. 023 и 019, в пределах контура руды подсчетного блока, выделяются участки, где нет содержаний кварца, As, Bi, что может указывать на первично-осадочный характер золотого оруденения.

По РЛ 35.5 выявлена сильная корреляция кварца, Au, Bi, а также концентрация Au и Bi в полого падающих на восток линейных аномалиях, которые, возможно, отражают структуры связанные с надвигами. По аномальным концентрациям Bi видно, что восточный фланг месторождения не оконтурен и возможно продолжение золотого оруденения месторождения Титимухты на восток. Аномальные значения бора, которые связываются с присутствием турмалина, к востоку также не оконтурены. Определяется рудоконтролирующее значение подпачек, выделенных в стратиграфическом разрезе месторождения.

Подпачки 1-3 и 1-4 контролируют золотое оруденение, слагая антиклинальную складку. Высокая кварценосность приурочена к подпачкам 1-3, высокие содержания Bi приурочены к подпачкам 1-3, 1-4.

По РЛ 36,5 выявлена большая по площади разреза аномалия As, которая не коррелируется с содержаниями Au и Bi. На большинстве золоторудных месторождений Северо-Енисейского золоторудного района известна сильная прямая корреляция Au-As. Здесь же такая корреляция отсутствует, что может быть связано с зональностью распределения арсенопирита, когда по периферии месторождения развит ранний арсенопирит, слабо золотоносный. По РЛ 36,5 выявлена сильная прямая корреляция кварца, Au и Bi. Золотое оруденение приурочено к подпачкам 1-2, здесь же расположен максимум содержаний кварца.

В свете анализа распределения элементов Au, Bi, As и кварца выявляется продолжение золоторудного оруденения к востоку, где вероятно обнаружение промышленных руд золота.

Анализ распределения химических элементов, не являющихся спутниками золота, выявляет следующие особенности геохимического поля:

По РЛ.33,0 отдельные пробы с повышенными содержаниями W располагаются бессистемно, не образуя полей с аномальными содержаниями, которые можно было бы анализировать. Полоса аномальных значений Nb, вероятно, фиксирует гидротермальную зону, связанную с близко расположенными гранитоидами на глубине или западном фланге месторождения. В нижней части разреза РЛ. 33,0 появляются аномальные значения Nb и W, что связано также с наличием на глубине гранитоидов. С золотым оруденением они связи не имеют.

Геохимическое поле As не содержит аномальных значений выше 0,02-0.1%. На площади этого поля выделяется ряд аномалий Ni, Cr, Ti,V, которые обусловлены концентрацией их в арсенопирите. В арсенопирите месторождения Олимпиада, по данным Л.В. Ли (2003), отмечается значительное содержание Pb, Sb, Ni, Co, Ti, Cr, V, Nb.

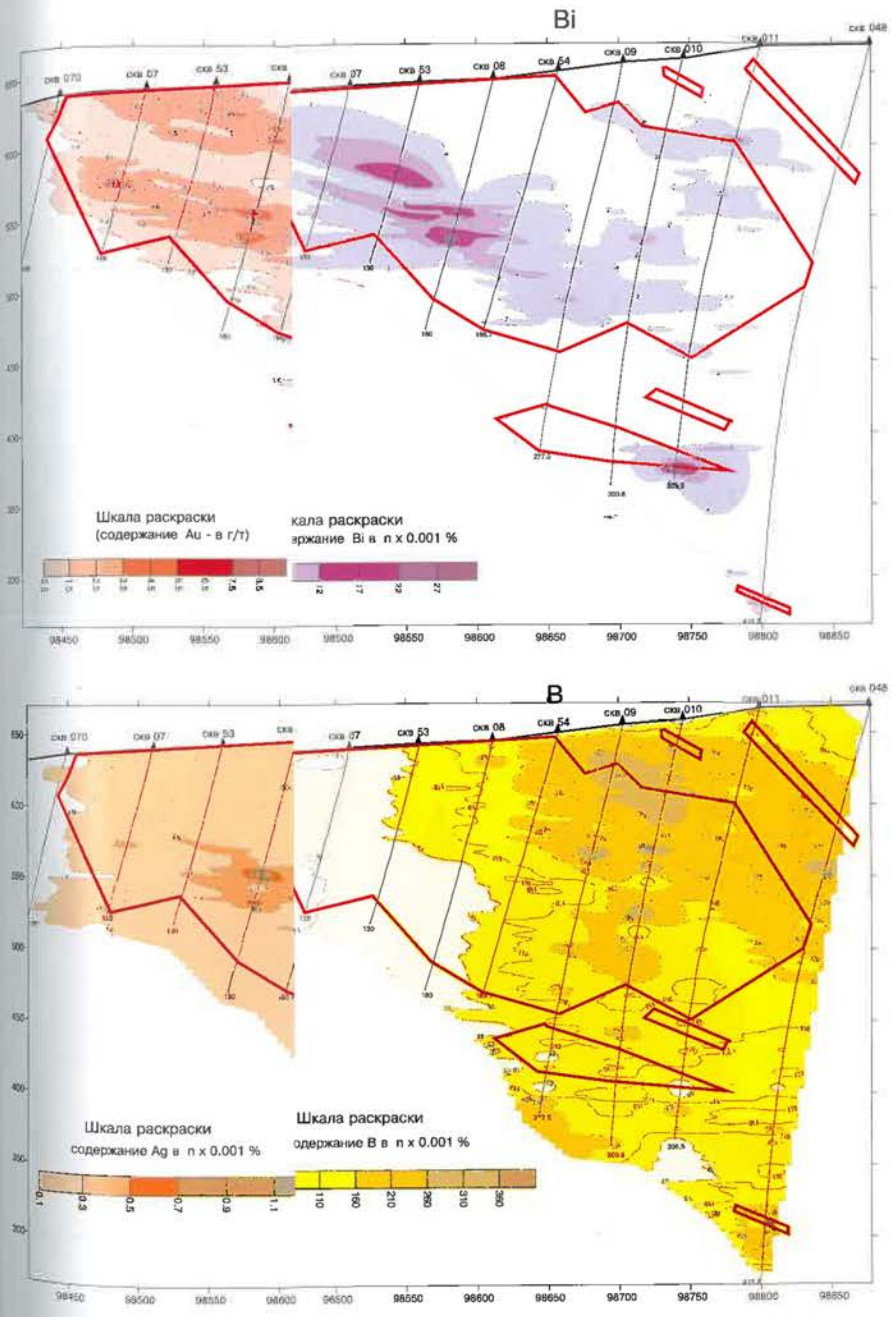
На РЛ.34,5, 35,5, 36,5 в западной части также отмечаются повышенные содержания W, Nb, связанные с гранитоидами и V, Ni, Cr, Ti, связанные с арсенопиритом. Корреляционная связь золота и мышьяка отмечается на РЛ.34,5, 35,5, в западной части, что может служить показателем возможного наличия в этой части территории месторождений золото-сульфидного типа.

Результаты интерпретации геофизических данных

Для подтверждения мысли о наличии на глубине погребенных гранитных массивов в районе месторождения Титимухта было проведено моделирование по гравитационному полю с использованием программы "SPRUT". Физические характеристики вмещающих осадочных толщ и интрузивных пород, представленных в основной массе гранитами татарско-аяхтинского комплекса, взяты по данным Б.А. Жураковского (1981 г): плотность первых – 2,75 г/см³, вторых – 2,6 г/см³. Результаты моделирования однозначно подтверждают присутствие на глубине погребенных гранитоидных массивов. В изолиниях показано поведение глубин залегания их кровли. Погрешность расчета последних составляет порядка 20-25% и зависит от ряда факторов: недостаточности знаний о плотностных характеристиках изучаемых объектов, отсутствии реперных точек, в которых были бы известны глубины залегания кровли массивов. В приведенных цифрах учтен процент погрешности.

Глубина залегания кровли в районе месторождения Титимухта порядка 1,2 км. Следует отметить, что по расчетным данным мощность Коноваловского массива составляет 3 км, Тырадинского – 4 км.

Месторождение Титимухта расположено на узловом сопряжении северо-западного (продолжение Верхне-Чиримбинского) и субмеридионального разрывных нарушений. На продолжении последнего к северу находится ру-



Р1ю материалам ГРП ЗАО "Полюс")

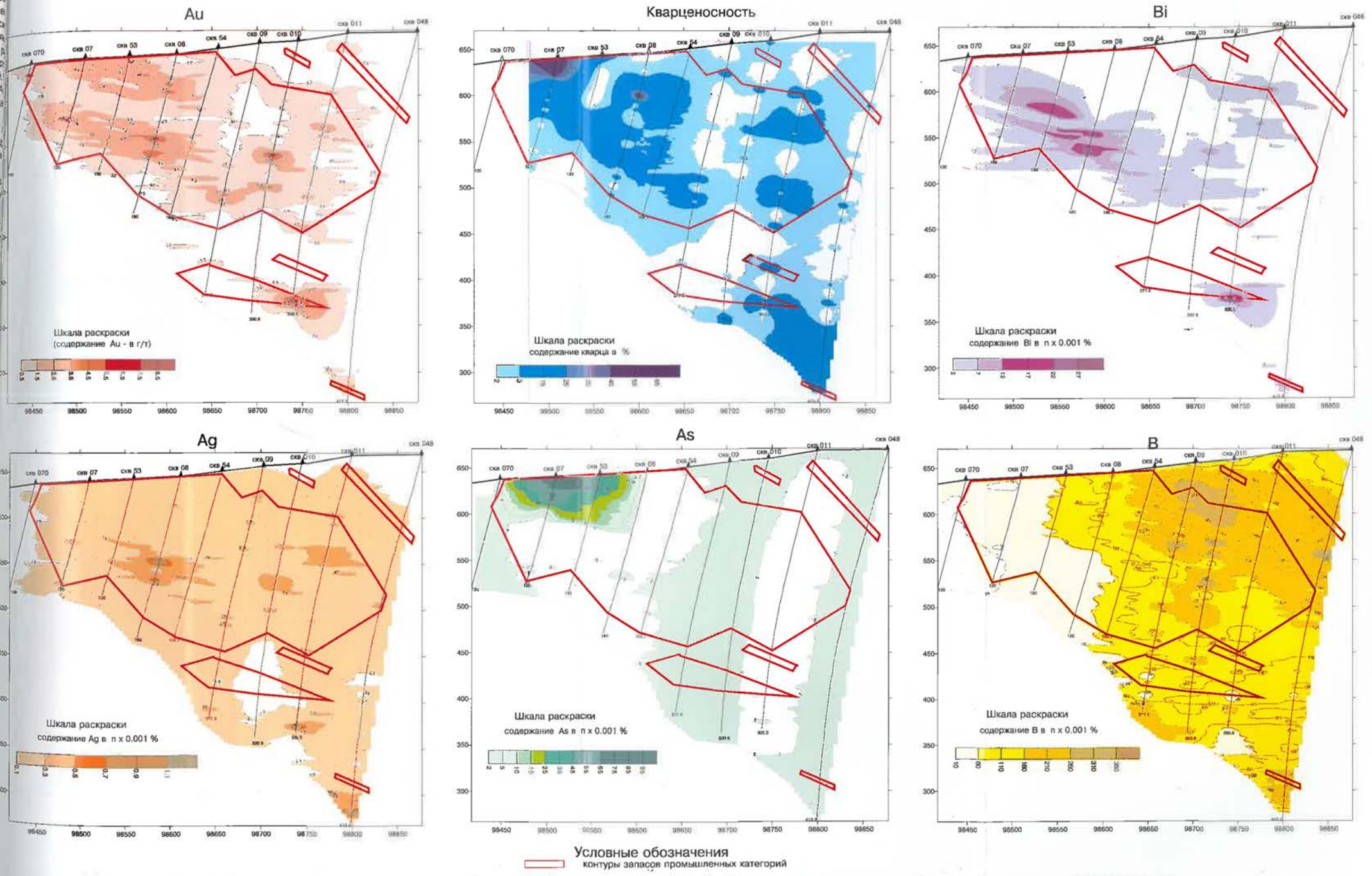
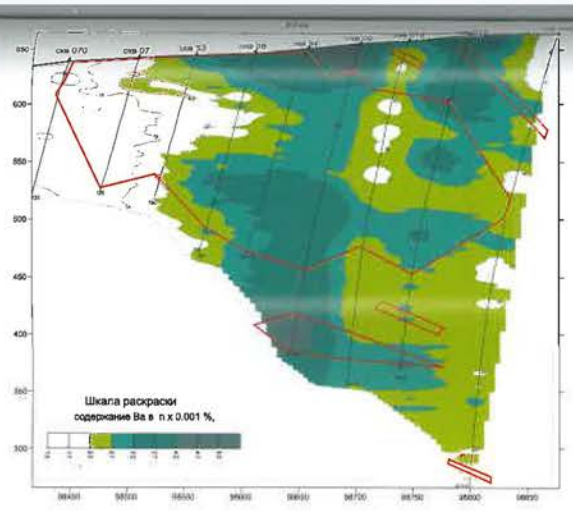
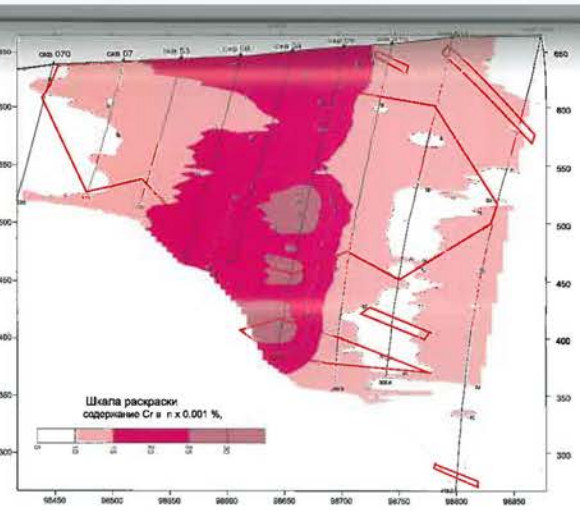
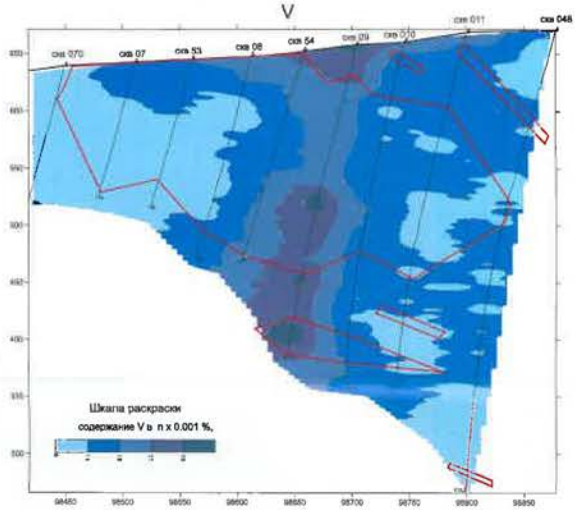


Рис. 3.25. Литогеохимические разрезы по разведочной линии 33.5 (Au, кварценосность, Bi, Ag, As, B) золоторудного месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

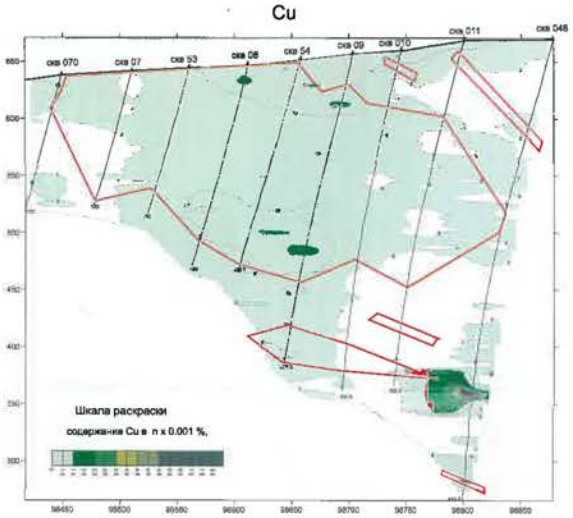

скв 070
скв 07
Шкала раскраски
содержание Ba в n x 0.001 %,


скв 070
скв 07
Шкала раскраски
содержание Cr в n x 0.001 %,

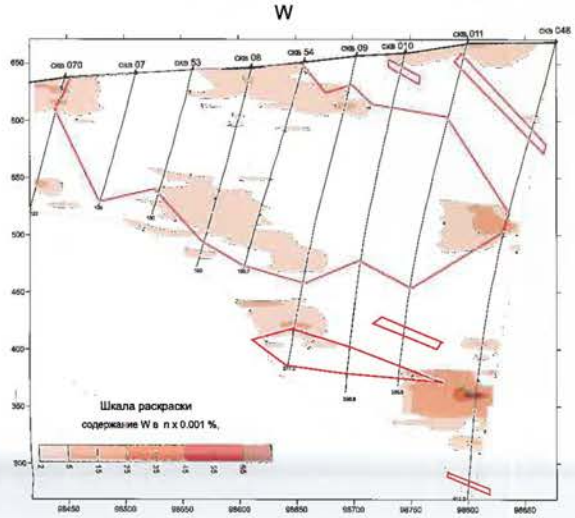
V


скв 070
скв 07
скв 53
скв 08
скв 54
скв 09
скв 010
скв 011
скв 048
Шкала раскраски
содержание V в n x 0.001 %,

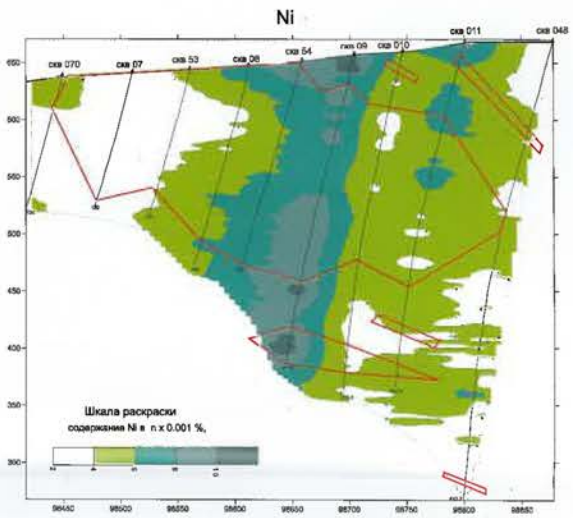
Cu


скв 070
скв 07
скв 53
скв 08
скв 54
скв 09
скв 010
скв 011
скв 048
Шкала раскраски
содержание Cu в n x 0.001 %,

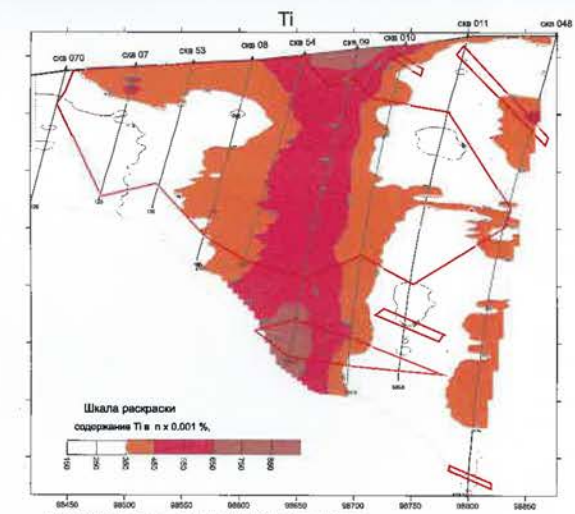
W


скв 070
скв 07
скв 53
скв 08
скв 54
скв 09
скв 010
скв 011
скв 048
Шкала раскраски
содержание W в n x 0.001 %,

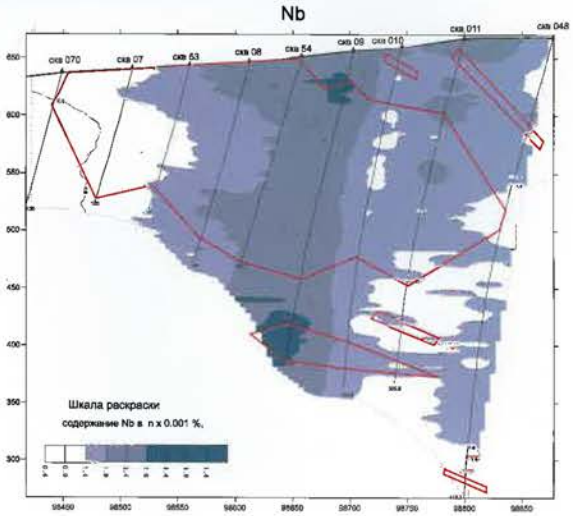
Ni


скв 070
скв 07
скв 53
скв 08
скв 54
скв 09
скв 010
скв 011
скв 048
Шкала раскраски
содержание Ni в n x 0.001 %,

Ti


скв 070
скв 07
скв 53
скв 08
скв 54
скв 09
скв 010
скв 011
скв 048
Шкала раскраски
содержание Ti в n x 0.001 %,

Nb


скв 070
скв 07
скв 53
скв 08
скв 54
скв 09
скв 010
скв 011
скв 048
Шкала раскраски
содержание Nb в n x 0.001 %,

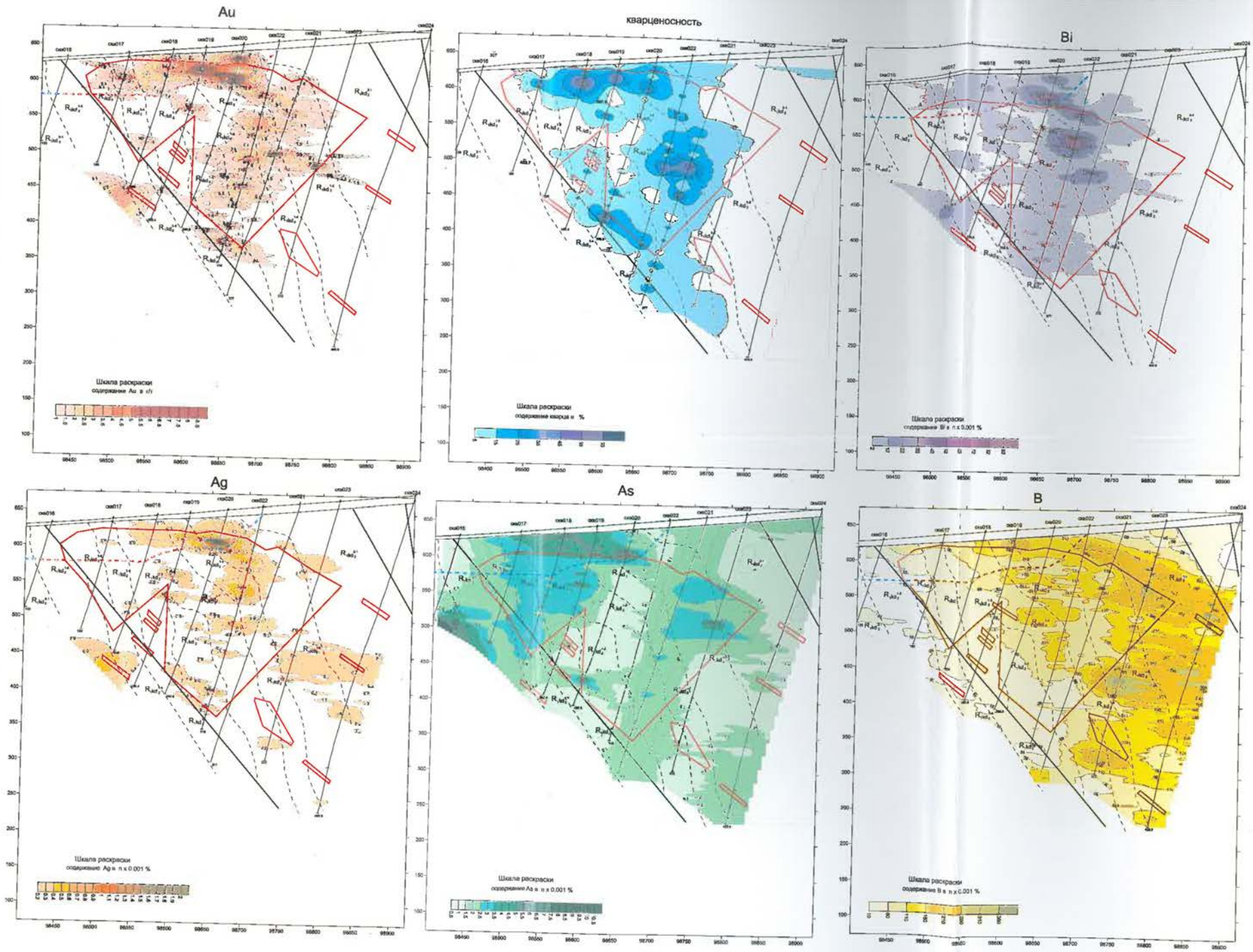
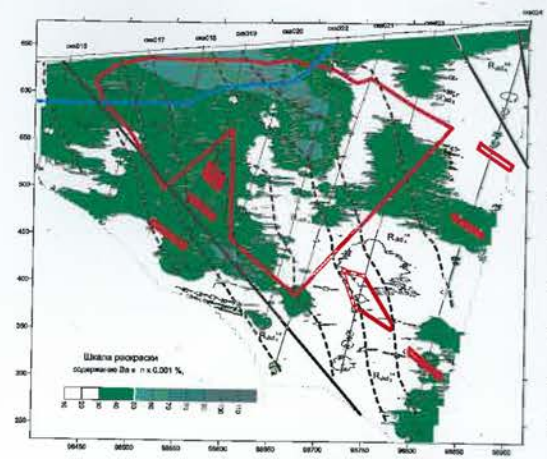
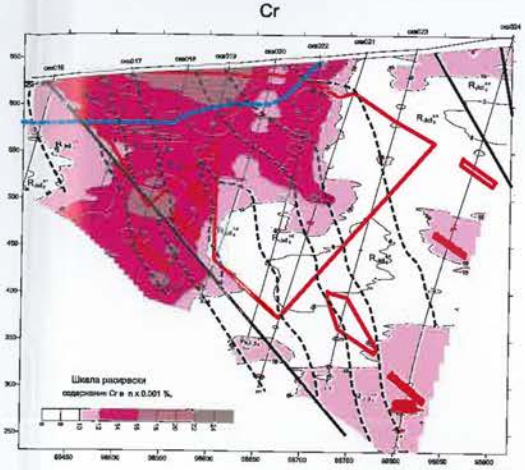


Рис. 3.26. Геолого-литогеохимические разрезы по разведочной линии 34.5 (Au, кварценосность, Bi, Ag, As, B) золоторудного месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

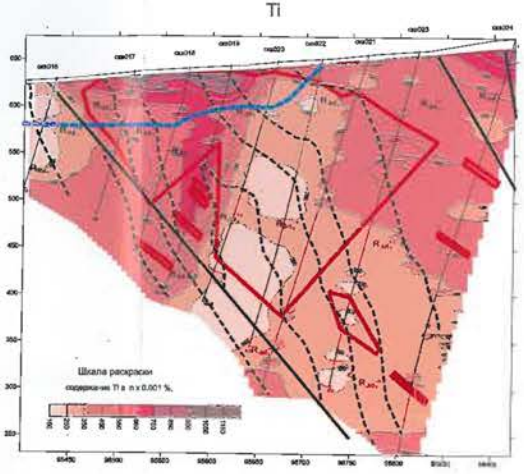
Ba



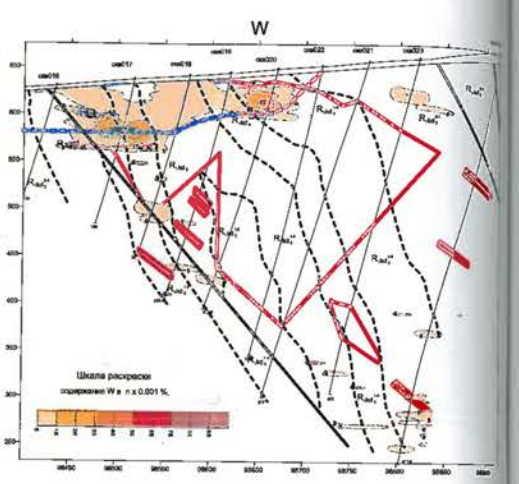
Cr



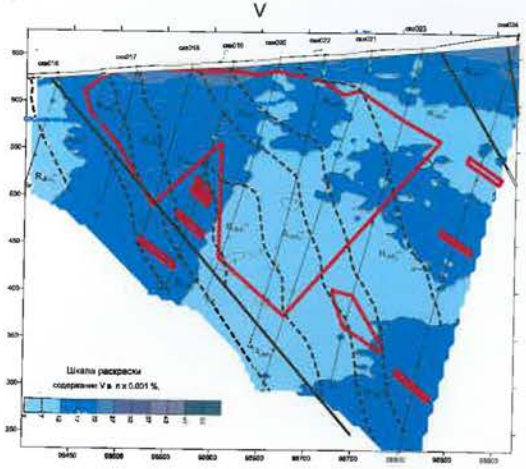
Ti



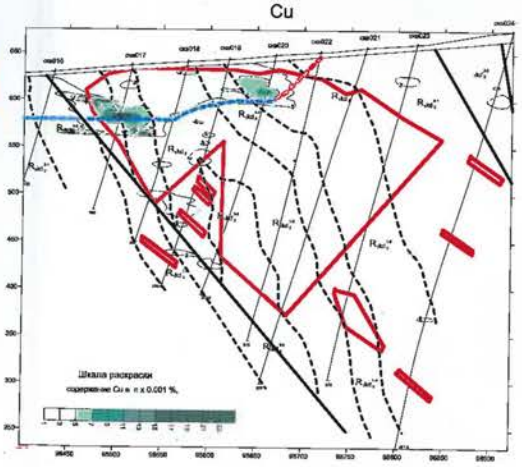
W



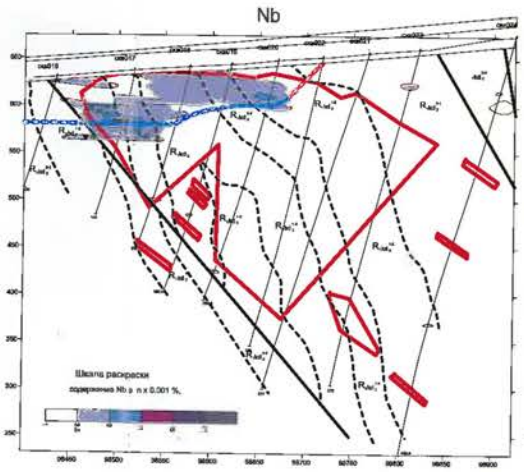
V



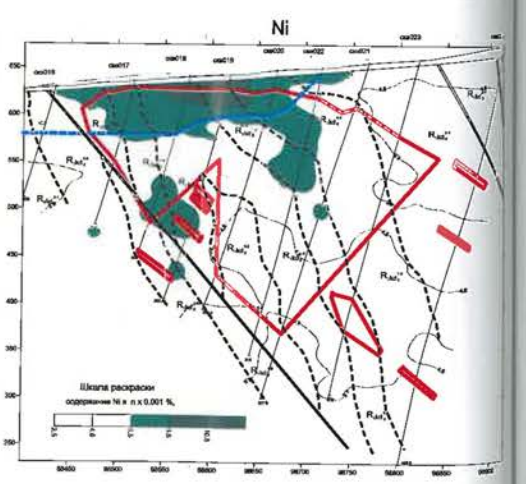
Cu



Nb



Ni



Примечание: раскраска для значений, превышающих двойной фоновое содержание элемента

Условные обозначения

граница коры выветривания

границы литологических подпачек

$R_1 w_2^1$ индексы литологических подпачек

линии нарушений

контуры запасов промышленных категорий

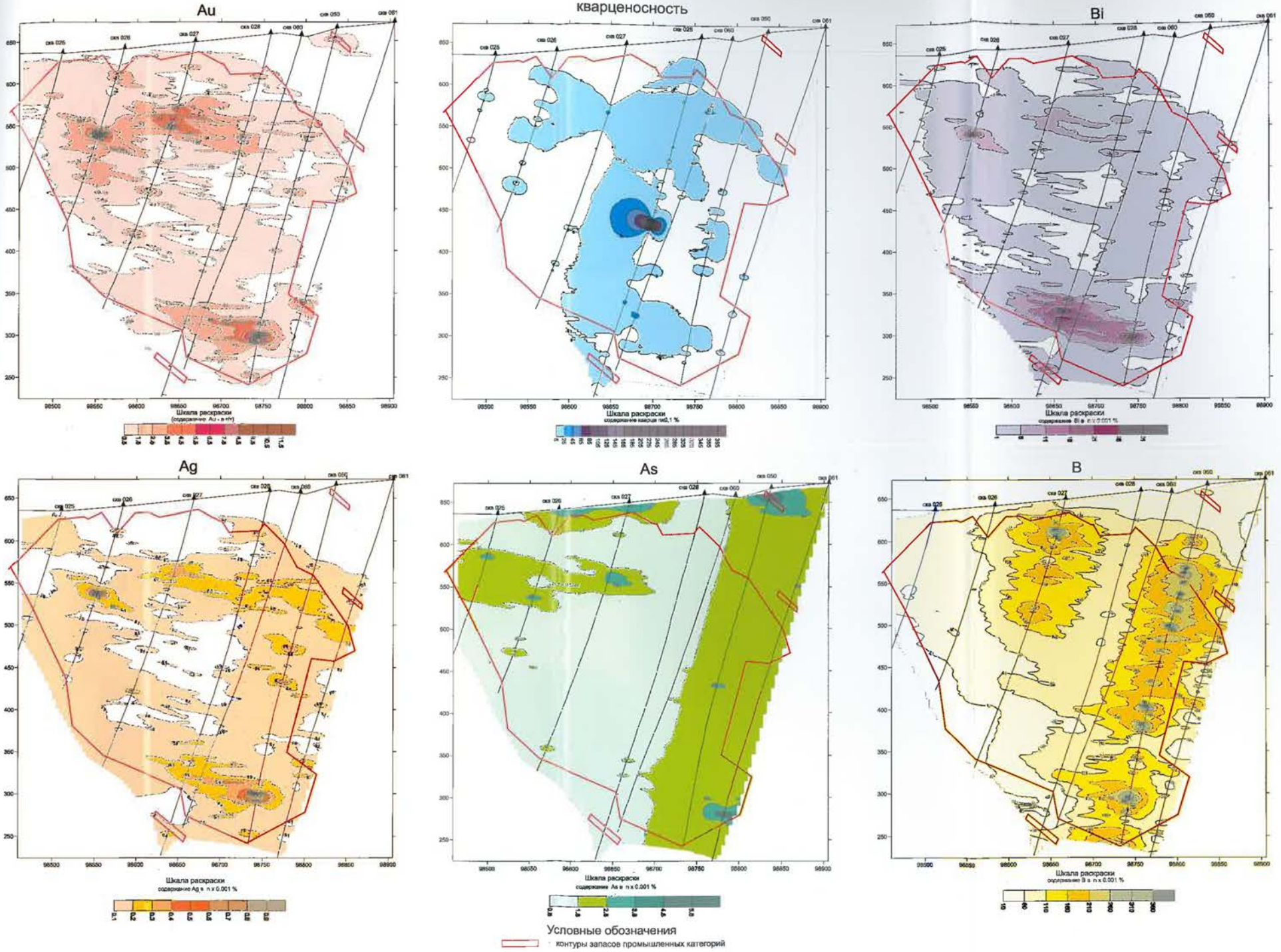
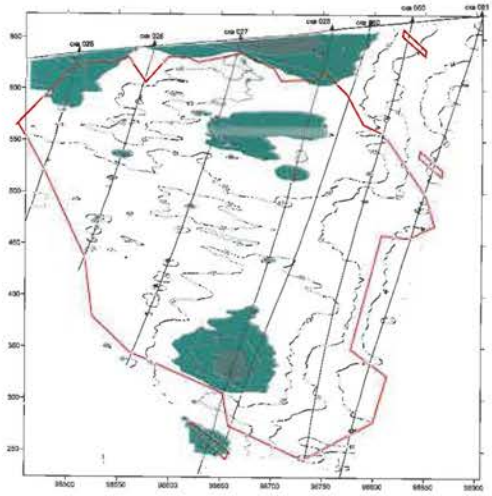


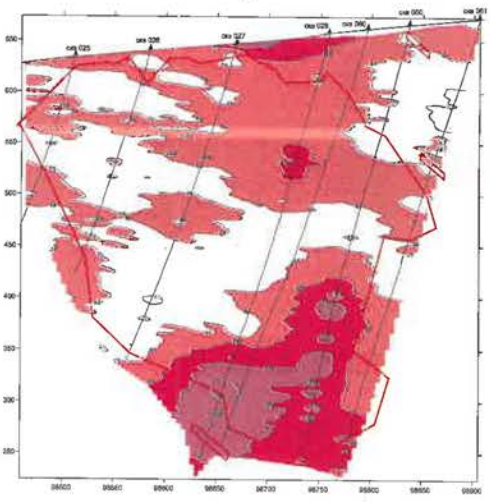
Рис. 3.27. Литогеохимические разрезы по разведочной линии 35 (Au, кварценосность, Bi, Ag, As, B) золоторудного месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

Ba



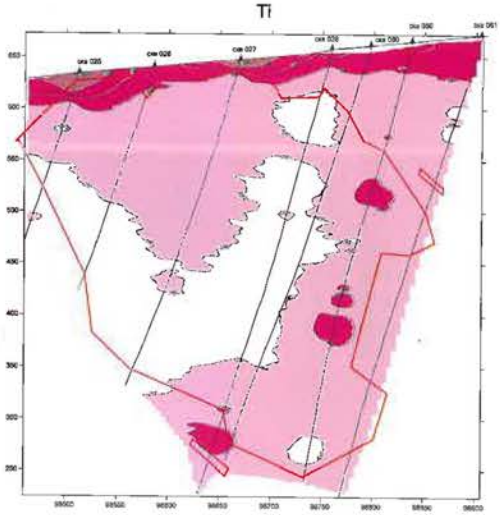
Шкала раскраски
содержание Ba в n x 0.001 %.

Cr



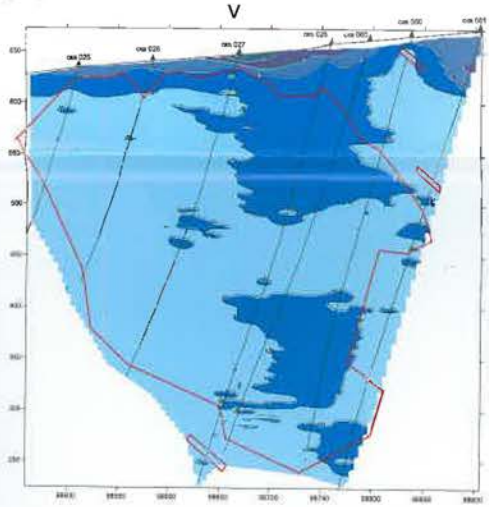
Шкала раскраски
содержание Cr в n x 0.001 %.

Ti



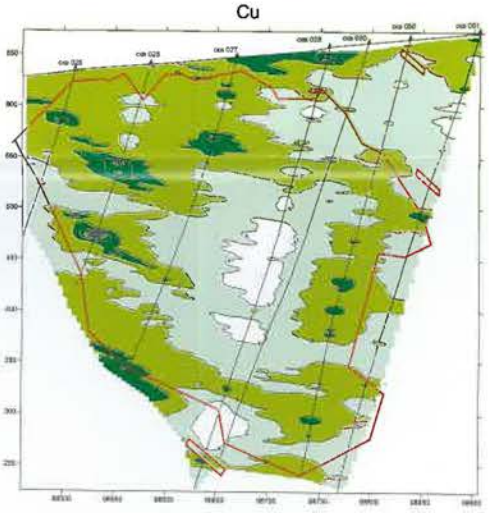
Шкала раскраски
содержание Ti в n x 0.001 %.

V



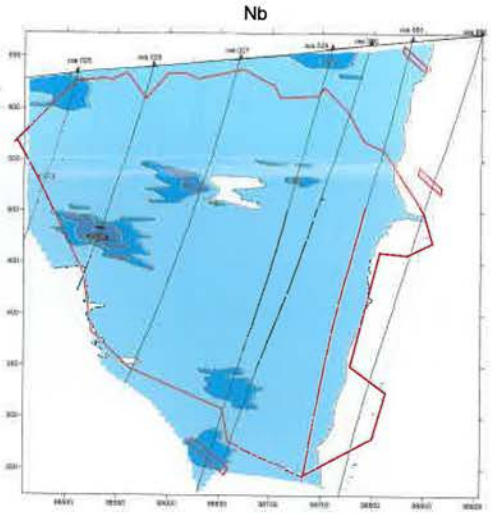
Шкала раскраски
содержание V в n x 0.01 %.

Cu



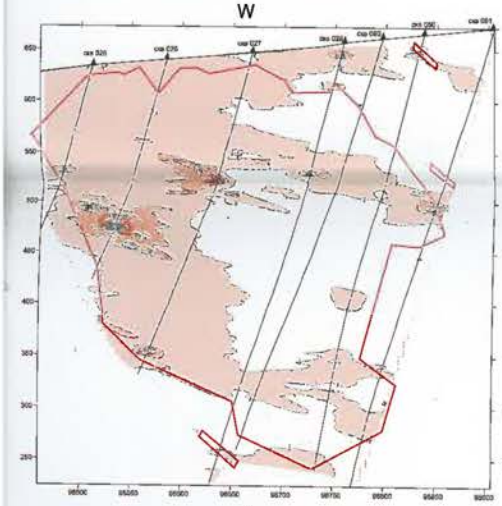
Шкала раскраски
содержание Cu в n x 0.001 %.

Nb



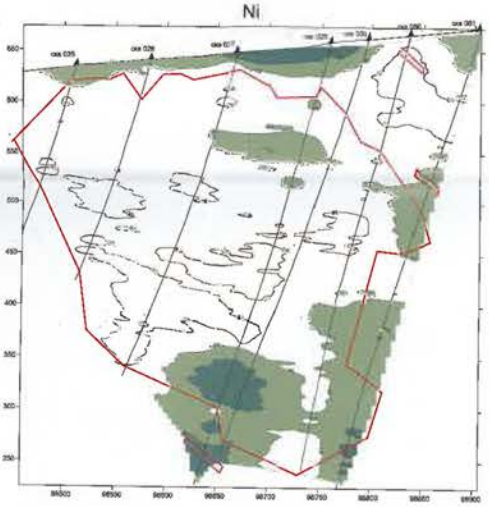
Шкала раскраски
содержание Nb в n x 0.001 %.

W



Шкала раскраски
содержание W в n x 0.001 %.

Ni



Шкала раскраски
содержание Ni в n x 0.001 %.

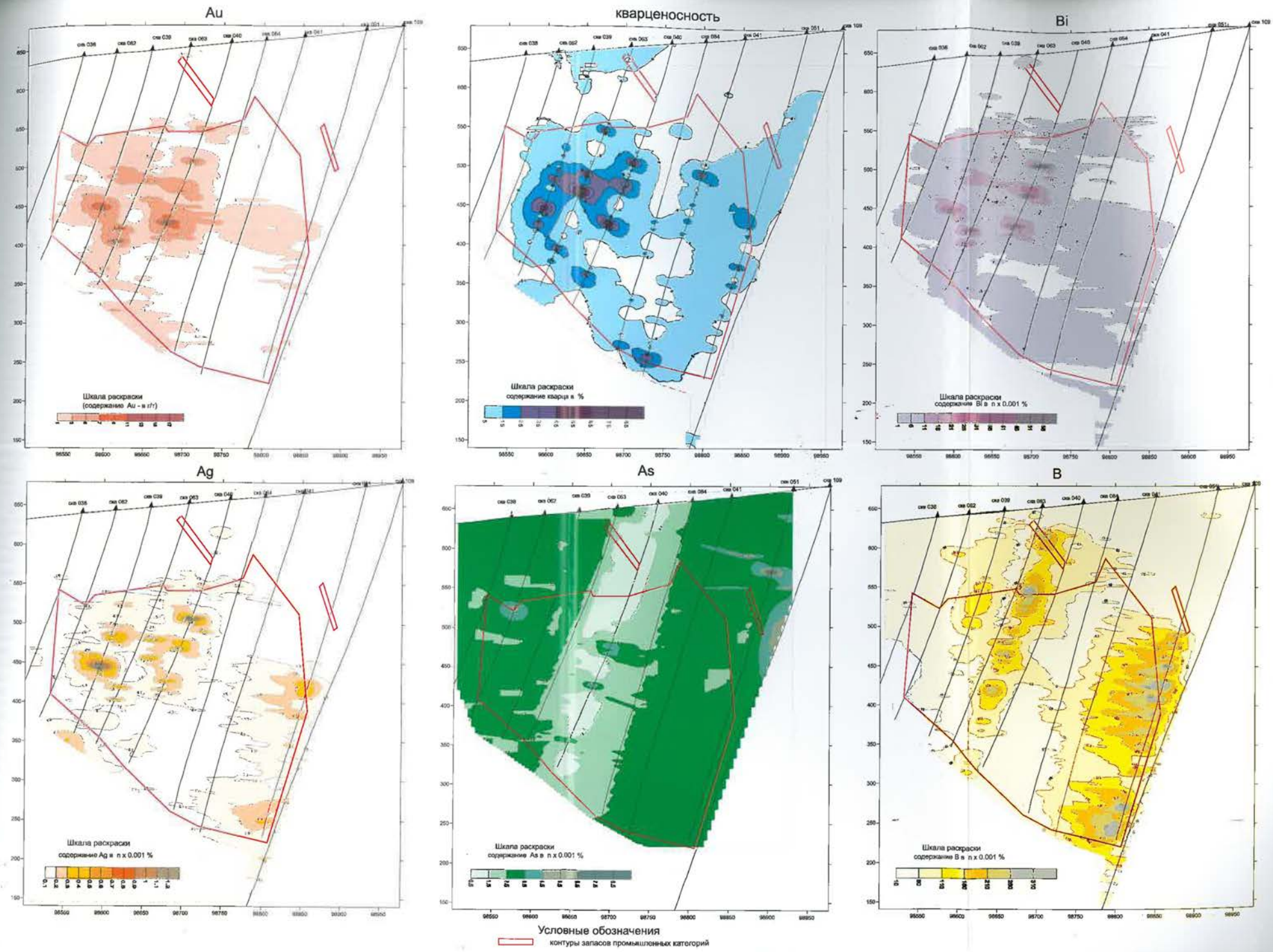
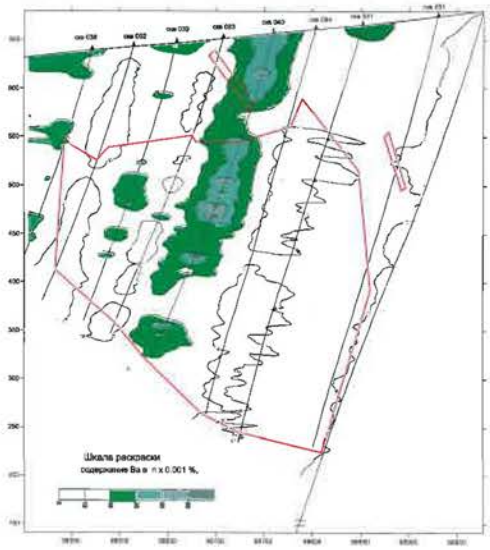
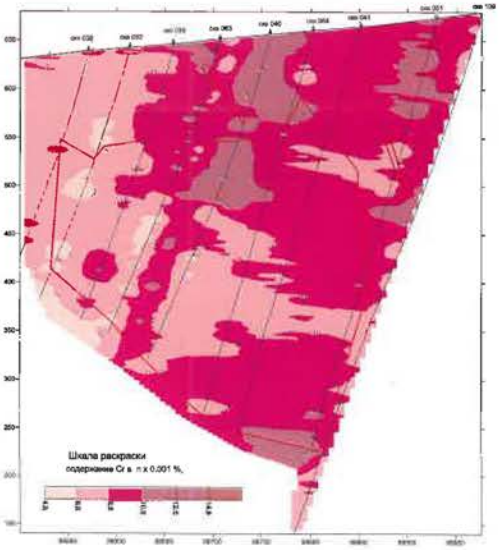


Рис. 3.28. Литогеохимические разрезы по разведочной линии 36 (Au, кварценосность, Bi, Ag, As, B) золоторудного месторождения Титимухта (по материалам ГРП ЗАО "Полюс")

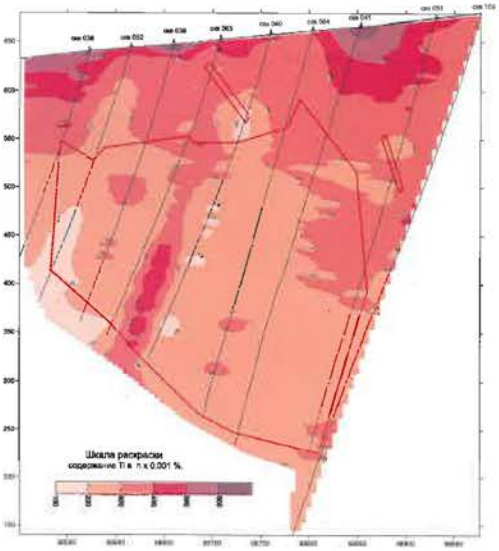
Ba



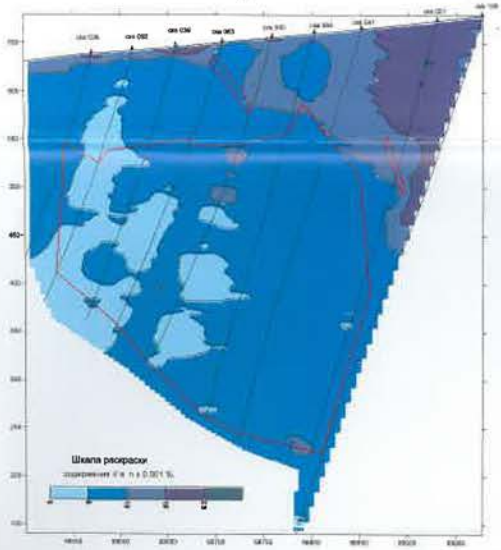
Cr



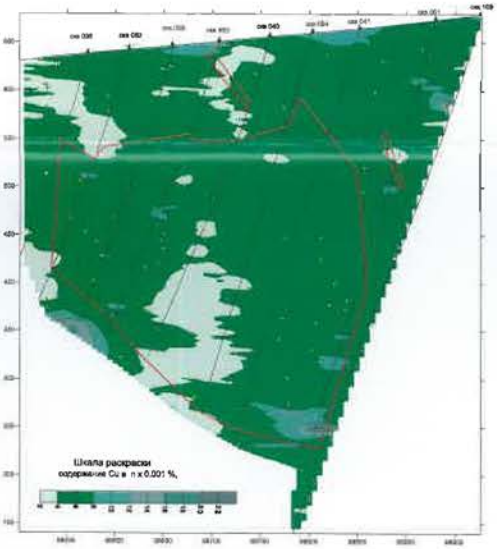
Ti



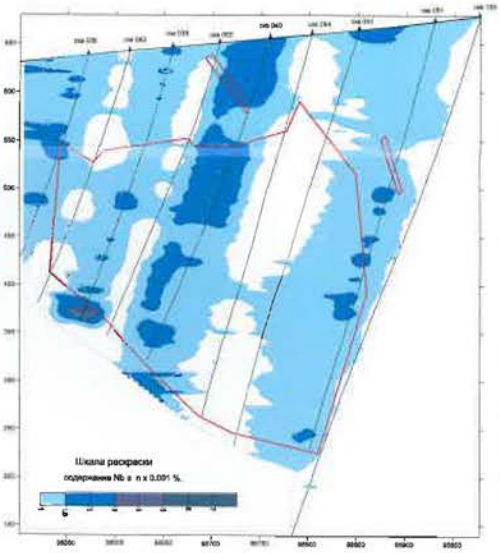
V



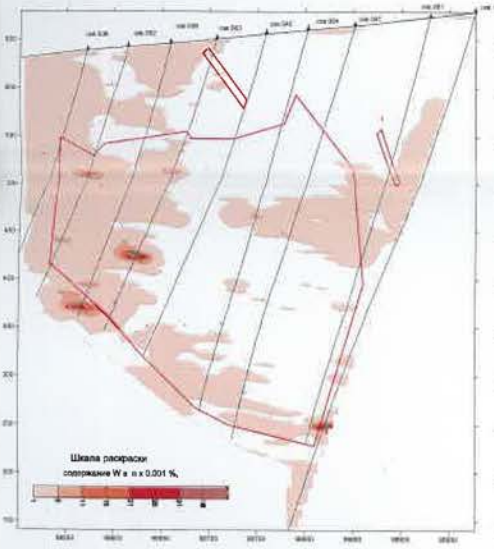
Cu



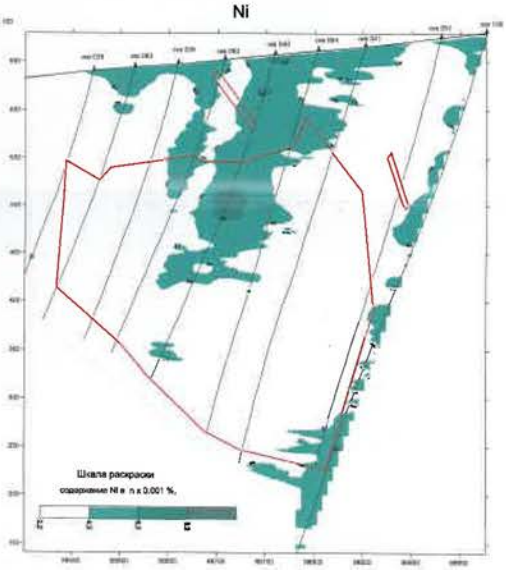
Nb



W



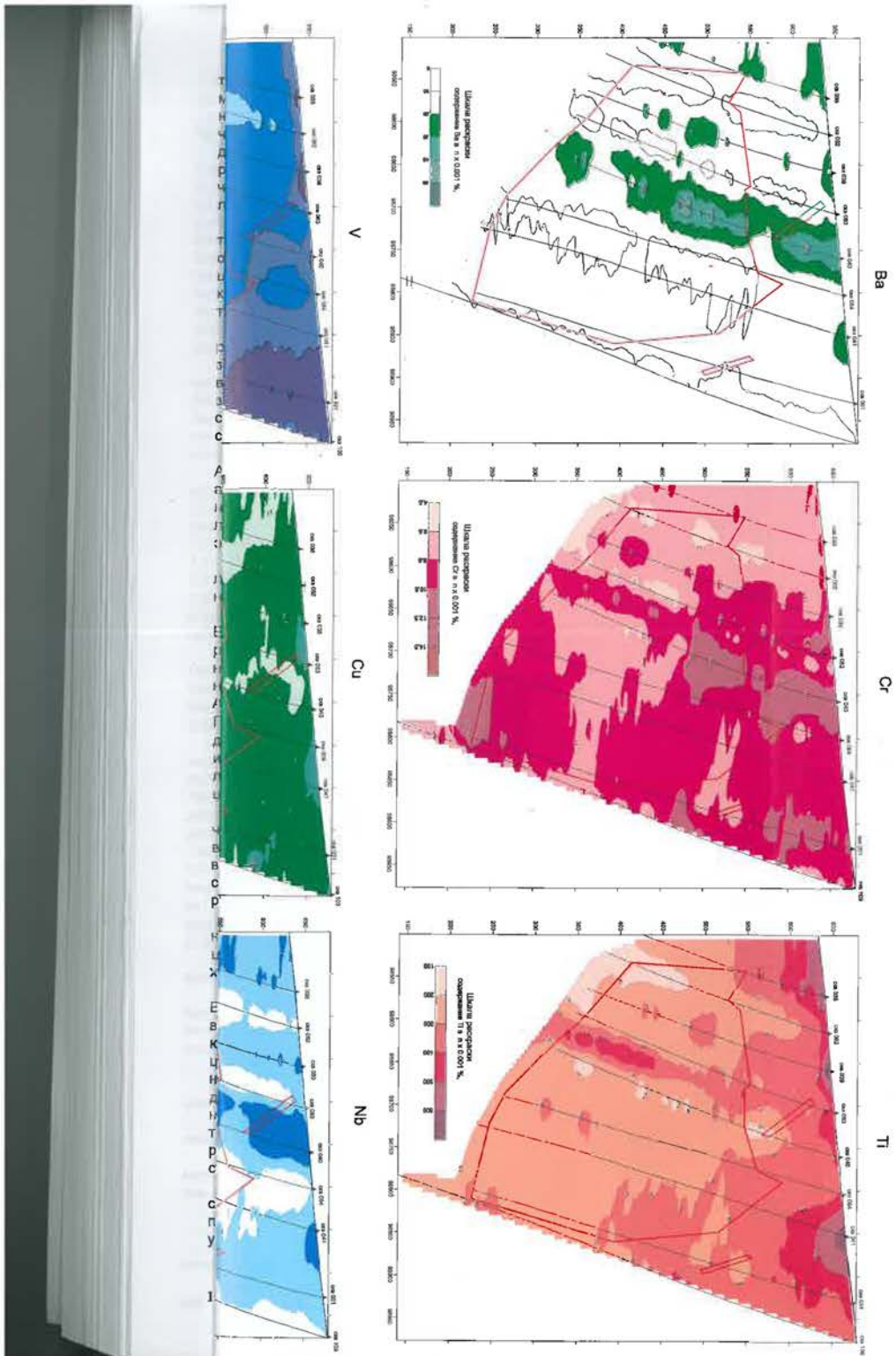
Ni



Условные обозначения

контуры запасов промышленных категорий

Примечание: раскраска дана значениям, превышающим двойное фоновое содержание элемента



допроявление золота Титимухта I. Н.Я. Головачев (2001 г.) отмечает, что большое значение в пространственном распределении оруденения месторождения Титимухта имеют тектонические разрывы типа сбросо-сдвигов северо-западной и субмеридиональной ориентировки, взаимным сочетанием которых сформировано блоковое строение рудного поля и месторождения.

Результаты анализа материалов наземных геофизических работ, проведенных на площади рудного поля месторождения Титимухта силами ЗАО «Полюс», отражены на схеме интерпретации геофизических данных (рис. 3.29).

Геофизические поля рудного поля имеют следующие характерные особенности. Магнитное поле основной части площади – это положительная магнитная аномалия интенсивностью до 115 нТл субмеридионального направления, протягивающаяся на север до разведочной линии 36.5, на юге - за пределы месторождения на первые сотни метров. Ее природа обусловлена, по всей вероятности, поверхностной и глубинной сульфидной и магнетитовой минерализацией. Данные документации скважин, исследования шлифов и аншлифов свидетельствуют о наличии в породах рудной зоны вкрапленности пирротина, ильменита, магнетита, основных минералов, могущих создавать положительные магнитные аномалии. Магнитная восприимчивость пород по данным скважинного каротажа достигает до 500x10^{-5}ед СИ и выше, что вполне может вызывать аномалии указанной интенсивности.

Поле значений кажущихся сопротивлений в границах месторождения меняется от 250 до 1500 Ом.м и выше. Участки, характеризующиеся низкими значениями сопротивлений (до 500 Ом.м), рассматриваются как области дезинтегрированных пород, подвергшихся процессам выветривания. Неизмененные образования отмечаются значениями кажущихся сопротивлений от 1000 Ом.м и выше. Судя по характеру электрического поля, в северной, частично центральной и восточной частях месторождения широко развиты коры выветривания, которые по данным скважинного каротажа (разведочная линия 36.5) четко прослеживаются по кривым КС, ГК, ПС. Мощность дезинтегрированных пород по данной линии составляет 50-60 м.

Отличительной особенностью естественного поля является наличие в западной части месторождения отрицательной аномалии интенсивностью до -300 мВ, следящейся в северном направлении до линии 36.5, южная ее граница находится в 300 м от линии 32.0. Природа аномалии объясняется поверхностной вкрапленной сульфидной минерализацией и графитизацией пород.

Учитывая тот факт, что положительная магнитная аномалия и отрицательная аномалия естественного поля, отражающие сульфидизацию и графитизацию пород, которые сопровождают оруденение, прослеживаются на юг за пределы установленной рудной зоны, можно предположить продолжение последней в том же направлении.

Результаты обработки данных скважинного каротажа приведены по разведочной линии 36.5. По ней дана общая геофизическая характеристика пород и руд месторождения. Построения были осуществлены в автоматическом режиме с применением программ Excel (расчет координат ствола скважин и точек наблюдения) и Surfer (построение изолиний значений замеров). В связи с отсутствием данных инклинометрии по скважинам построения были выполнены без их учета. По разведочной линии 36.5 приведены построения по следующим физическим параметрам пород: кажущимся сопротивлениям (КС), гамма-активности (ГК), магнитной восприимчивости (КМВ), кажущейся поляризуемости (ВП), самопроизвольной поляризуемости (ПС), магнитной индукции (МСПГ).

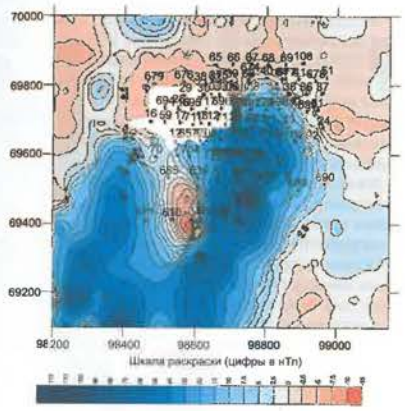
Поле кажущихся сопротивлений. Здесь следует обратить внимание на само качество каротажа, отмечается резкое несоответствие уровней показаний. Значения кажущихся сопротивлений по скважинам 65 и 66 лежат в пределах 20000-60000 Ом.м, по скважинам 67, 68, 69, 108 – 2000-20000 Ом.м. Думается, что причина здесь – в недостаточной настройке аппаратуры. В данном случае за основу характеристики пород брали показания по четырем последним скважинам. В целом слюдисто-кварцевые сланцы, вмещающие оруденение, не подвергшиеся окварцеванию, характеризуются сопротивлениями от 2000 до 5000 Ом.м. Интервалы прожилкового оварцевания пород, сами кварцевые жилы отмечаются резким всплеском высоких сопротивлений от10000 до 25000 Ом.м и выше. Прослеживается закономерность, что в интервалах с мелким прожилковым окварцеванием вид графика кривой очень изрезанный, значения меняются от 2000 до 10000 Ом.м и более, в интервалах с более крупными кварцевыми жилами изрезанность кривой меньшая и сами значения выше. Основная часть рудных интервалов совпадает с отрезками высоких значений кажущихся сопротивлений, что подтверждает тесную связь оруденения с кварцево-жильными, кварцево-прожилковыми породами. Верхний интервал (от 0 до 50-60 м) по всем скважинам характеризуется низкими значениями сопротивлений (до 500 Ом.м) и отмечает дезинтегрированные породы, сформировавшиеся в результате корообразующих процессов.

Поле значений кажущейся поляризуемости. В данном случае также следует обратить внимание на очень высокие показания в верхней части разреза, достигающие до 800%, и отрицательные значения по 65 скважине, что по самой сути данного параметра невозможно. Видимо следует это объяснять сбоем аппаратуры, эти значения были исключены из построений. Фоновое значение кажущейся поляризуемости кварцево-слюдистых сланцев, без наложенных процессов метасоматоза (наличие сульфидной минерализации, графитизации) составляет 1-2%, в случае присутствия последних первая возрастает. В пределах исследуемого пространства отмечается, начиная примерно с глубины 280 м, область повышенных значений поляризуемости, достигающей до 10% и выше, отвечающая повышению сульфидизации и графитизации пород. Устанавливается частичная связь рудных интервалов с участками повышенной поляризуемости пород.

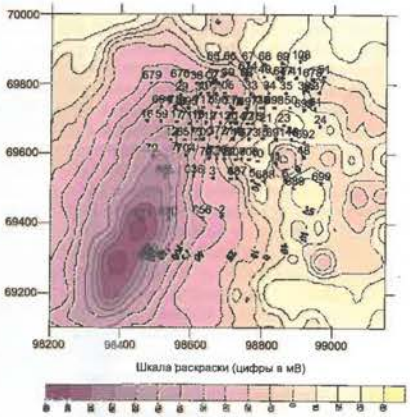
Поле значений гамма-активности. Неизмененные слюдисто-кварцевые сланцы по данным гамма-каротажа характеризуются значениями 30-34 мкр/час. В интервалах метасоматически измененных пород (участки окварцевания, сульфидизации) отмечается понижением радиоактивности, рисунок поля приобретает изрезанный характер. Прослеживается тесная связь рудных интервалов с участками понижения радиоактивности пород. Низкими значениями гамма-поля (от 16 до 26 мкр/час) четко выделяются коры выветривания, мощность которых по данным гамма-каротажа в анализируемом пространстве меняется от 30 до 60 м.

Поле значений магнитной восприимчивости меняется от 200 до 500x10^{-5} ед СИ. В верхнем интервале скважин, где каротаж прошел по обсадным трубам, фиксируются очень высокие значения (до 18000x10^{-5} ед СИ), которые не могут быть приняты во внимание при анализе. Отмечаются локальные участки величин магнитной восприимчивости до 900-1000x10^{-5} ед СИ (скв. 108, глубины130, 165 м), связанные с повышенной вкрапленностью магнетита. Рудные интервалы не имеют тесной связи с характером поля. Лишь по скважине 108 оруденение в интервале от 110 до 250м пространственно совпадает с повышением значений магнитной восприимчивости.

Карта магнитного поля



Карта естественного поля



Карта изолиний кажущихся сопротивлений

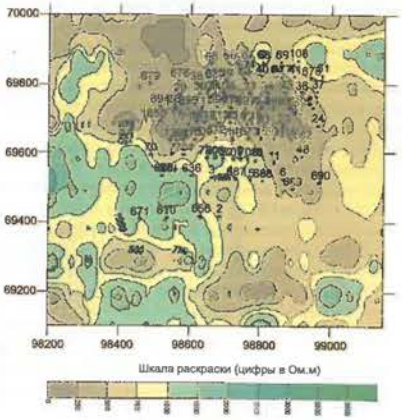
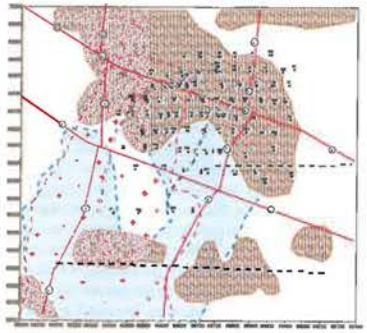


Схема результатов интерпретации геофизических данных месторождения Титимухта



Условные обозначения

Зоны региональных нарушений: Субмеридионального (1), Северо-западного (2); локальные тектонические нарушения (3). Первые две выделены по результатам интерпретации региональных магнитного и гравитационного полей, последние - по крупномасштабным картам магнитного, электрического полей

Контуры аномалий кажущихся сопротивлений (до 500 Ом.м), обусловленные породами, подвергшимися процессам выветривания

Контур отрицательной аномалии естественного поля, предположительно обусловленной близповерхностной вкрапленной сульфидной минерализацией, графитизацией пород

Контур положительной магнитной аномалии, отражающей области развития поверхностной и глубинной сульфидной минерализации (пирротин)

Поле развития кварцево-жильно-прожилковой минерализации на поверхности (по данным ЗАО "Полюс")

Пробуренные скважины и их номера

Рис. 3.29. Карты физических полей и схема их комплексной интерпретации рудного поля месторождения Титимухта (по данным ГРП ЗАО "Полюс")

Поле значений магнитной индукции отражено в относительном уровне, за который было принято значение 61000. Характер поля резко дифференцированный, изрезанный, отвечает в большей степени участкам пород, подвергшимся интенсивной гидротермально-метасоматической проработке. В целом, вся область оруденения пространственно совпадает с вышеуказанным характером поля.

Поле значений самопроизвольной поляризуемости меняется от отрицательных величин (-35 мВ) в верхних горизонтах до 50-60 мВ в нижних горизонтах. Высокие значения (до 100-115 мВ) отмечаются по скв. 108, которые возможно связаны с техническими неполадками аппаратуры. Участки отрицательных значений отвечают интервалам дезинтегрированных пород. В целом контур оруденения в рассматриваемом пространстве попадает в область повышенных значений самопроизвольной поляризуемости.

Подводя итог проведенному анализу, следует отметить наибольшую эффективность гамма-каротажа, кажущихся сопротивлений, в меньшей степени, вызванной поляризации, с характерными особенностями которых устанавливается определенная связь с золотооруденением месторождения Титимухта.

Рудно-формационные особенности месторождения

Месторождение Титимухта относится к прожилково-вкрапленному (штокверковому) типу золото-висмутовых руд, ранее неизвестному в этом районе. Месторождения подобного типа известны на Урале - Турьинское, Шилово-Исетское, Кумал. Аналоги таких месторождений, связанные с коллизионными структурами, встречаются в забайкальской части Монголо-Охотского складчатого пояса (Ушуминское, Любавинское). На Чукотке выделяются подобные висмут-сульфотеллуридно-кварцевые месторождения (Эргелях, Лево-Дыбинское, Тугучак, которые характеризуются малосульфидным (не более 3%) типом руд.

Они представлены кварцевыми жилами и штокверковыми ареалами площадью до 1-2 км². Высокая перспективность месторождений подобного типа может быть подтверждена примерами промышленных месторождений Форт Нокс, Пого (Аляска, США), Даблин Галч (Юкон, Канада) с запасами каждого более 100 т). Из руд месторождения Форт Нокс ежегодно добывается более 10 т золота. Для них характерно низкое среднее содержание золота (0,9-2,5 г/т) при большом объеме рудной массы и запасов металла. Вертикальный размах оруденения превышает 200-300 м.

Месторождение Титимухта в структурном плане связано с образованием крутопадающих сдвиговых тектонических нарушений и формированием сжатой линейной антиклинали. В рудогенном процессе тектонические нарушения играли роль рудоподводящих каналов, а складчатые структуры - как аккумулирующая форма для золото-кварцевого рудного вещества.

Вмещающие породы кординской свиты относятся к флишоидной толще, представленной псамитовыми, алевритовыми и пелитовыми породами. Оруденение приурочено к породам среднекординской подсвиты. Они метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации и начальных ступеней эпидот - амфиболитовой фации и представлены сланцами: мусковит-биотит-кварцевыми, биотит-мусковит-кварцевыми, биотит-мусковит-альбит-кварцевыми (метаалевролиты), тонкорассланцованными слюдисто-гранат-кварцевыми (метапелиты). Породы подвержены окварцеванию, метасоматозу, содержат турмалин, хлорит, кальцит. Оруденение приурочено к метаалевролитовой нижней пачке мощностью более 200 м. Средняя метапелитовая пачка играла роль «экрана» при аккумуляции рудогенного вещества. Она содержит слабое золотое оруденение лишь в нижней части разреза.

Оруденение тесно связано с рудогенерирующими гранитоидными интрузиями татарско-аяхтинского комплекса. Они закартированы западнее и восточнее месторождения на глубинах 0,5-1,0 км. По форме оруденения и характеру первичных литогеохимических аномалий можно сказать, что источником рудного материала являлась интрузия восточной части рудного поля.

Абсолютный возраст рудных метасоматитов, взятых из карьера месторождения, составил 964±11 млн. лет, что соответствует началу формирования гранитоидных массивов и подтверждает пространственную и временную связь гранито - и рудообразования.

Локализация золотого оруденения контролируется зонами межпластового скольжения в сочетании с границами благоприятных и слабопроницаемых пород, пересекаемых разломами, зонами дробления, будинажа, смятия. Для месторождения наиболее характерны рудные тела, согласные и субсогласные со структурой вмещающей толщи, представленные седловидными, пластообразными, линзообразными, трубообразными и неправильной по форме залежами.

Среди рудных минералов наиболее распространены кварц, пирит (до 7%), пирротин (до 5%), висмутин, сульфосоли висмута, самородный висмут (до 1%), теллуриды висмута, халькопирит. В малых количествах встречаются сфалерит, арсенопирит, гидроокислы железа, а так же пентландит, галенит, молибденит, блеклая руда.

Золото в интерстициальных формах выделяется обычно на контакте кварца и вмещающей породы в ассоциации с минералами висмута и очень редко с гидроокислами железа. Преобладающий размер зерен золота 0.01-0.05, реже до 0.1 мм. Наблюдается замещение золотом более ранних сульфидов: пирротина, халькопирита, сфалерита, арсенопирита.

Изучение месторождения Титимухта, его сопоставление с близлежащими месторождениями и месторождениями аналогами позволяет заключить следующее:

1. В пределах Енисейского кряжа это первое месторождение золото-висмутового типа;

2. В классификации золоторудных месторождений Дальнего Востока подобные месторождения относятся к золото-редкометалльному типу, золото-сульфотеллуридно-кварцевому подтипу (Горячев, 2006), отличается минимальной сернистостью (не более 3%), относительно невысокой мышьяковистостью руд, золото ассоциирует с сульфотеллуридными минералами;

Золоторудная минерализация обусловлена, учитывая наличие турмалина, комплексными гидротермально-пневматолитовыми рудными эманациями, которые имели температуру около 300°, накладывались на уже метамофизованные, деформированные породы, сформированные при температурах до 550° С, на что указывает наличие в породах ставролита - минерала-геотермометра.

Генезис

Золоторудное месторождение Титимухта имеет ряд существенных особенностей, которые позволяют выделить его в редкометалльно-кварцевый тип, висмут-сульфотеллуридно-кварцевый подтип золото-кварцевой формации. Для него отмечается четкая литолого- структурная приуроченность, которая характеризуется размещением в надконтактовой части гранитоидной интрузии, где формируются рудогенные растворы, наличием проницаемых тектонических зон и аккумулирующих антиклинальных структур. Месторождение кварцево-жильное, штокверковое с тонкопрожилковым и вкрапленным оруденением линзовид-

ной, седловидной формы. Золото тонкое, ассоциирует с висмутовыми минералами на границе кварцевых прожилков и вмещающих пород или приурочено к кварцу.

Формирование золотого оруденения произошло, вероятно, в позднюю стадию развития геосинклинальной области в условиях снижающихся температур и давления, на фоне проявления регрессивного метаморфизма. На этой стадии происходили тектонические подвижки, заложение разрывных зон повышенной проницаемости, пликативных антиклинальных структур, которые служили «ловушками» для рудогенных растворов. Температурные характеристики вмещающих пород и рудных гидротерм были различными. Вмещающие породы были уже метаморфизованы до появления граната, ставролита (начальная стадия эпидот-амфиболитовой фации - 550°С). Наложенные гидротермальные процессы привели к контактовому изменению последних: хлоритизации, биотитизации, серицитизации, альбитизации, окремнению. Золото с висмутом и теллуридами было наложено на сформированные метасоматические породы на заключительной стадии гидротермального процесса на фоне резкого изменения гидродинамического и температурного режимов растворов, которые препятствовали росту золотин. Температура формирования золотого оруденения не превышала 300°С.

Формирование месторождения сопровождалось незначительным привносом железа, серы, свинца, цинка, сульфидных минералов. Наблюдаются кварц-пиритовые прожилки секущие кварцевые жилы и ранее образовавшиеся сульфидные прожилки. В заключительную стадию рудного процесса появляются карбонатные прожилки. Стадийность минералообразования может быть представлена в такой последовательности: гидротермально-метаморфическая: пирротиновая; гидротермально-метасоматическая: кварц-пиритовая, полиметаллическая, золото-висмутовая, кварц-карбонатная; дисульфидизации и окисления: гетит-лимонитовая .

Возраст формирования месторождения определен в 964 ±11 млн.лет, согласно изотопно-геохронологическому возрасту метасоматитов, взятых из карьера месторождения Титимухта.

Геологическая модель формирования месторождения представлена в таблице 3.13.

Перспективы золотоносности рудного поля

Анализ золотоносности Олимпиадинской площади в целом позволяет наметить и оценить критерии и признаки золотоносности конкретно для Титимухтинского рудного поля. Геологические факторы представлены: структурно-тектоническими, литолого- стратиграфическими , магматическими, метаморфическими критериями.

Рудоконтролирующая роль динамосланцев зон разрывных нарушений весьма значима, в частности, в локализации оруденения на месторождении Титимухта. Необходимо отметить, что разрывная тектоника способствовала формированию путей проникновения гидротермальных рудоносных растворов. Тектонические процессы проходили синхронно с магматическими и метасоматическими. Внедрение гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса (радиогенный возраст их порядка 950 млн. лет) соответствует возрасту метасоматитов месторождения Титимухта – 964 млн. лет(определение ОАО «Красноярскгеолсъемка»).

Практически все месторождения Верхне-Енашиминского рудного узла располагаются в надинтрузивных зонах крупных массивов гранитоидов, преимущественно татарско - аяхтинского комплекса, что характерно и для Титимухтинского рудного поля. Золотоносные гидротермы поступали из надинтрузивной зоны складчато – разрывных дислокаций восточной стороны, что хорошо фиксируется на литогеохимических разрезах месторождения Титимухта высокоинтенсивными аномалиями висмута, бора. Оруденение приурочено непосредственно к стратиграфическому контакту двух подсвит и локализовано среди чередующихся метапесчаников и метаалевролитов нижней пачки среднекординской подсвиты. На локальном уровне структурный контроль проявляется в приуроченности объектов золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций к ядрам антиклинальных складок.

Метаморфические факторы локализации оруденения изучены недостаточно. Оценивая роль регионального метаморфизма в локализации оруденения, подчеркнем приуроченность золото-кварцевого оруденения месторождения Титимухта к породам, сформировавшимся в условиях зеленосланцевой и начальных ступеней эпидот-амфиболитовой фаций. Золоторудные гидротермально-пневматолитовые метасоматические процессы наложены на метаморфические породы и являются более поздними.

Процессы контактового метаморфизма, связанные со становлением гранитоидных массивов татарско-аяхтинского комплекса, внесли, по нашему мнению, решающее значение. Так, размещение золото-сульфидного оруденения происходит в области наиболее близко расположенной к контакту интрузивного массива (первые сотни метров), золото-кварцевое оруденение локализуется на значительно большем удалении от контакта интрузии (сотни метров – 1-2 км). Эти особенности размещения хорошо подчеркиваются минеральными и геохимическими ассоциациями, высокотемпературными для золото-сульфидного, и средне-низкотемпературными для золото-кварцевого типов оруденения.

Прямые поисковые признаки золотоносности Титимухтинского рудного поля представлены проявлениями рудной и россыпной золотоносности, потоками и вторичными ореолами рассеяния золота и элементов-спутников.

Проявления рудной золотоносности. Наиболее важным прямым признаком золотоносности является золоторудное месторождение Титимухта с запасами и ресурсами до глубины 300 м около 100 т. Площадь месторождения в пределах границ разведочных робот составляет около 0.4 км². Площадная эталонная продуктивность до глубины 300м составляет - 250 т/км² (100:0.4).

Проявление Титимухта -1 находится в 5 км северо-северо-восточнее. По данным предшественников (Хисамутдинов, 1990 г), одиночными скважинами в корах выветривания (на породах среднекординской подсвиты) установлено содержание золота 9.0 г/т

Кроме этих объектов, восточнее месторождения Титимухта выявлены две точки минерализациис содержанием золота в штуфных пробах 1.9 и 20.0 г/т (по данным ЗАО «Полюс»).

Проявления россыпной золотоносности. Промышленные россыпи отработаны в долине р. Енашимо, богатая россыпь установлена в долине руч. Безымянного, знаки шлихового золота отмечаются в левом ручье, выше руч. Безымянного и верховья руч.Титимухта.

Вторичные литохимические ореолы рассеяния золота. В связи с широким развитием рыхлых отложений и кор выветривания высококонтрастные аномалии золота и его спутников на площади Титимухтинского рудного поля отсутствуют. Достаточно сказать, что месторождение Титимухта проявилось в своих границах ореолами с уровнем содержаний 0.01 до 0.1 г/т. На площади рудного поля установлены аномалии по вторичным ореолам с уровнем 0.01 г/т в междуречье Титимухты-Енашимо, в верховьях руч. Безымянного, Благовещенского (Стороженко,1997г; Головачев, 2001 г). Аномалии золота с уровнем 0.05г/т и выше зафиксированы работами ЗАО «Полюс» в междуречье Енашимо - Титимухта .

Таблица 3.13

Модель золото-висмутового кварцевожильно-прожилкового штокверкового месторождения Титимухта

Элементы модели	Краткая характеристика
Геотектоническая позиция	Миогеосинклинальная зона байкальского комплекса с корой континентального типа повышенной мощности (50-51 км) и утолщенным гранитно-метаморфическим слоем (23-25 км). Краевая ее часть примыкает к эвгеосинклинальной зоне.
Структурно-тектоническая обстановка	Татарский глубинный разлом, ограничивающий с запада Центральную структурно-фациальную зону, полоса складчато-разрывных структур в связи с областью гранит-батолитовых интрузий в присводовой части антиклинория (очагово-купольная золоторудная система).
Рудоносный формационный комплекс	Нижнерифейский метакарбонатно-терригенный раннегеосинклинальный метаморфогенно-гидротермальный золото-редкометальный (висмут-сульфотеллуридно-кварцевый).
Рудовмещающая формация	Песчано-алеврито-сланцевая флишоидная.
Рудовмещающая толща	Среднекординская подсвита: сланцы мусковит-биотит-кварцевые, биотит-мусковит кварцевые, слюдисто-альбит-кварцевые гранатсодержащие с новообразованиями хлорита, серицита, турмалина, кальцита (метаалевролиты).
Перекрывающая толща надрудного пространства	Средняя пачка среднекординской подсвиты: сланцы слюдисто кварцевые гранатсодержащие бластомилонитовые, тонкорассланцованные (метаалевропилиты).
Региональный метаморфизм	Зеленосланцевая, начало эпидот амфиболитовой фации.
Стратиграфический уровень локализации оруденения	Нижняя пачка среднекординской подсвиты (метаалевролиты).
Магматические образования и их пространственные взаимоотношения с оруденением	Позднеорогенные гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса гранит-батолитовой формации. Оруденение в провесе кровли интрузии, опущенной на глубину 0,5-1,0 км от дневной поверхности.
Рудоконтролирующая структура	Покровно-складчатые, надвиговые структуры, которые способствовали формированию каналов для движения золоторудных растворов и антиклиналей-«ловушек» для их аккумуляции.
Рудовмещающие структурные элементы	Зоны межпластовых скольжений в сочетании с пластами (горизонтами) пород благоприятных для рудолокализации в призамковой части и крыле запрокинутой антиклинали, осложненной флексурными изгибами и мелкими складками.
Гидротермально-метасоматические преобразования пород рудовмещающей толщи	Дорудные, связанные с термальным воздействием гранитоидной интрузии: развитие крупных порфиробласт биотита, граната, мусковита, зерен эпидота, цоизита. Рудные, связанные с процессами кремнекислотного выщелачивания и щелочного метасоматоза: окварцевание, хлоритизация, турмалинизация, карбонатизация, образование редкометальных (висмут-теллуристых) золотоносных метасоматитов.
Вещественный состав руд и морфология рудных минералов	Кварц, пирит (до 7%), пирротин (до 5%), висмутин, сульфосоли висмута, самородный висмут (до 1%), теллуриды висмута, халькопирит. В малых количествах встречаются сфалерит, арсенопитит, гидроокислы железа, а так же пентландит, галенит, молибденит, блеклая руда. Тонкая вкрапленность, редко прожилки, неравномерно распределенные в кварце и на контакте кварцевых прожилков и вмещающих пород.
Морфология рудных тел	В горизонтальном сечении- сложная, близкая к седловидной и пластообразная с пережимами, раздувами, расщеплениями на ветви, подчиненная структуре вмещающей толщи и зонам межпластового скольжения; в вертикальном сечении изменяется от столбообразной с раздувами в верхней части -до куполообразной.
Характер выделения, пробность золота	Золотины каплевидные, чешуйчатые, неправильные, связанные с висмутовыми минералами. Размер их 0,01-0,05 реже до 0,1 мм; В кварце пылевидные и субмикроскопические. Пробность 860.
Геохимическая характеристика	Аномалии золота, висмута, серебра, олова, бора в первичных и вторичных ореолах.
Геофизическая характеристика	Аномалии: положительные магнитные -50-300 нТл, отрицательные естественного поля (ЕП) - 100 и более мВ, высокоомные кажущихся сопротивлений - 2000 и более Ом.м.
Площадная продуктивность	До глубины 300 м - 80 т/км².

Косвенными признаками золотого оруденения являются гидротермально-метасоматические изменения пород, геохимические ореолы рассеяния элементов-спутников золота, шлиховые ореолы некоторых минералов, геофизические аномалии.

Гидротермально-метасоматические образования. Гидротермально-метасоматические образования: кварцевые жилы и прожилки, березиты, пропилиты и другие измененные породы свидетельствуют о возможной их связи с рудными образованиями. В частности, указателем наличия золотого оруденения золото-сульфидной формации могут служить графитизированные породы, установленные в верховье руч. Благовещенского. Непосредственно вокруг рудных тел развиты березиты с кварц-серицит-пиритовым парагенезисом минералов.

Ореолы рассеяния элементов-спутников золота. Наиболее тесно связанными с золотом элементами являются висмут, серебро, бор, олово, в меньшей степени мышьяк. Такая тесная связь обусловлена наличием в со-

ставе руд незначительной примеси антимонита, висмутина, шеелита, галенита, халькопирита, барита, минералов серебра, самородного висмута. Минералы турмалина, тесно связанные с метасоматическими процессами, фиксируются повышенными содержаниями бора. Контрастность аномалий обусловлена степенью эродированности и, обычно, выше в золото-сульфидных рудах. Площадь распространения этих ореолов близка к площади выхода на дневную поверхность рудных тел и, обычно, ограничена рудным полем. Содержание элементов во вторичных и первичных ореолах колеблется в широких пределах, при этом показателем рудного процесса является не столько абсолютные значения содержания элементов, сколько наложение и совладение ореолов.

Геофизические признаки золотого оруденения основаны на физических свойствах руд и пород золорудных зон. Отличие их от безрудных пород, находит свое выражение в магнитном, гравитационном и электрическом полях.

Магнитное поле. Практически все золоторудные объекты пространственно связаны с положительными магнитными аномалиями средней интенсивности (10-300 нТл), что обусловлено постоянной вкрапленностью пирротина, реже магнетита в рудных телах. От месторождения Титимухта прослеживаются в меридиональном направлении две полосы магнитных аномалий интенсивностью до 75 нТл. Восточная ветвь совпадает с литогеохимическими аномалиями золота и является весьма перспективной на золотое оруденение. Западная ветвь для оценки перспектив требует дополнительных аналитических и полевых работ.

Гравитационное поле на месторождениях и рудопроявлениях золота зависит от степени метасоматической проработки вмещающих пород. Избыток плотности метасоматитов составляет 0,03-0,1 г/см³. Установлено, что крупные рудные узлы приурочены к максимумам поля силы тяжести в связи с образованием крупных масс метасоматитов. В связи сэтим необходимо отметить в пределах Титимухтинского рудного поля две гравиметрические аномалии: в верховье руч. Безымянного и севернее, в междуречье рр.Енашимо-Титимухта.

В поле электрического сопротивления породы, вмещающие проявления золото-кварцевой формации, характеризуются, в основном, повышенным электрическим сопротивлением. Это обусловлено убогостью сульфидной вкрапленности и связано с процессами окварцевания, наличием множества кварцевых жил и зон вторичного окварцевания. По данным ДЭП, в пределах рудного поля полоса высокоомных аномалий интенсивностью от 2 до 30 тыс. Ом.м. прослеживается в меридиональном направлении от высоты 787.3 м, практически до устья р.Титимухты. В пределах высоты участки с сопротивлением от 12 до 30 тыс.Ом.м. интерпретируются как близповерхностная гранитоидная интрузия и сопутствующие ей роговики, западнее ее выделяются зоны кварцевых жил (4-10 тыс.Ом.м.) и кварцевого прожилкования (2-4 тыс.Ом.м.). Важно, что они совпадают с зонами магнитных аномалий и литогеохимическими аномалиями золота. В этой полосе находится также проявление Титимухта-1.

В границах Титимухтинского рудного поля отмечается ряд отрицательных аномалий ЕП (-100 : -300 мВ), пространственно совпадающих с положительными магнитными аномалиями, с вторичными ореолами рассеяния золота, серебра, висмута. Первые обусловлены повышенной графитизацией и сульфидизацией пород.

Перспективные участки рудного поля

Анализ критериев и признаков локализации оруденения позволяет в пределах Титимухтинского рудного поля выделить шесть перспективных участков: первой очереди - Южно-Титимухтинский, Водораздельный, Северо-Западный, второй очереди - Западный, Благовещенский, Северный.

Участок Южно-Титимухтинский является продолжением месторождения Титимухта южнее РЛ.33, где изученность его очень слабая. Анализ золотоносности разведочных скважин №№ 010, 011, 048 (РЛ.33,5); 06, 05 (РЛ.33,0) позволяет прогнозировать продолжение золотоносной зоны на юго-восток. Прогноз строится на следующих соображениях. Известно, что золотое оруденение Титимухта связано в основном с висмутовой минерализацией. Наиболее интенсивно золото-висмутовая минерализация отмечается в восточной погруженной части месторождения: в скв. 069 гл. 348 м-250 знаков золота (зн.). Аналогичные признаки выявлены в скв. 034 гл. 305 м- 40 зн., скв.011 гл.215,5- 50 зн., гл.298,5м- 100 зн. Скважина 011 находится на РЛ. 33,5. В южном направлении прослеживаются положительные магнитные аномалии и отрицательные аномалии ЕП. Таким образом, территория южной части месторождения может быть рекомендована как первоочередная для расширения запасов месторождения Титимухта.

Участок Водораздельный приурочен к полосе развития пород среднекординской подсвиты, которая протягивается от месторождения Титимухты на север практически на 5 км. Площадь составляет около 4 км².В ее пределах отмечается совпадение всех отмеченных поисковых критериев: 1)полоса потенциально рудоносных метаалевролитов; 2) параллельная разрывная структура, благоприятная для создания складчатости и формирования благоприятных структур для рудного метасоматоза; 3). аномалии золота по вторичным ореолам рассеяния; 4). аномалии магнитного поля, естественного поля (ЕП), аналогичные месторождению Титимухта; 5). полоса высокоомных пород интенсивностью 2 000 – 8 000 Ом.м., интерпретируемая как зона кварцевых жил и кварцевого прожилкования; 6). проявление Титимухта-1, где зафиксированы высокие содержания золота; 7) золотоносность этой полосы подтверждает богатая россыпь руч. Безымянного.

В пределах этой площади выделяются участки работ первой очереди, где отмечается полное совпадение отмеченных поисковых критериев: Северо-Титимухтинский и Безымянный . К ним приурочены, кроме аномалий золота, серебро и висмут.

Участок Северо-Западный является практически продолжением участка Водораздельного на северо-запад. В его пределах зафиксированы аномалии золота, магнитные аномалии интенсивностью до 30-40 нТл, аномалии ЕП. Участок имеет площадь около 0.20 км² и расположен в пределах среднекординской подсвиты. В северной части его выделен поисковый участок первой очереди.

Участок Западный расположен на юго-западном склоне высоты 681,9м правобережья р. Титимухта, на площади верхней пачки нижнекординской подсвиты, вблизи контакта гранитоидной интрузии. Участок характеризуется наличием магнитых аномалий интенсивностью до 70 нТл, висмута, серебра и относится к перспективным второй очереди. Площадь участка 0,5 км².

Участок Благовещенский находится в верховьях левого и правого истоков одноименного ручья. Площадь его составляет около 1.6 км². В пределах участка установлены аномалии золота (правый исток), аномалии ЕП, магнитные. Здесь широко развиты зоны дробления, милонитизации, углеродистые сланцы, которые могут служить адсорбентом золоторудных гидротерм. Участок практически не изучен.

Участок Северный является северным продолжением месторождения Титимухта. Он выделен по наличию аномалий: магнитной интенсивностью до 30 нТл, ЕП, высокоомных пород (от 3 000 и более), интерпретируемых как зоны штокверкового окварцевания. Площадь его 0.16 км².

На участках первой очереди рекомендуются поисково-оценочные работы комплексом методов: детализация локальных литогеохимических аномалий по сети 50х10 м, проведение геологического картирования масштаба 1:10000 с целью уточнения геологического строения и увязки рудных образований в пределах всей площади рудного поля, проходка траншей, поисково-картировочных скважин, одиночных линий глубоких скважин (до 200м) для подсечения золоторудных зон на глубине.

Заключение

Выявлены основные структурные, морфологические, литологические и минералого-геохимические факторы и критерии формирования рудного поля месторождения Титимухта, определена его позиция в общей геологической структуре района, абсолютный возраст, который коррелируется с возрастом рудогенной гранитоидной интрузии татарско-аяхтинского комплекса.

Обосновано представление о том, что месторождение Титимухта является новым, не известным ранее на Енисейском кряже, золото-висмут-кварцевым типом (висмут-сульфотеллуридно-кварцевым подтипом) золото-кварцевой формации.

Разработана геологическая модель золоторудного месторождения Титимухта, представляющая собой, в общем виде, кварцевожильно-прожилковый мегаштокверк, приуроченный к седловидной части сильно сжатой антиклинали, сложенной метаморфическими сланцами средней подсвиты кординской свиты нижнего рифея

В пределах Титимухтинского рудного поля выделены локальные перспективные участки.

3.1.2. Перевальнинский рудный узел

Геологическое строение

В геолого-структурном плане Перевальнинский рудный узел располагается в зоне Ишимбинского глубинного разлома, в переходной зоне между двумя структурами более высокого порядка - Центральной и Восточной (Каменско-Чернореченской) структурно-формационных зон (рис. 3.30) (Целыковский и др., 1980 г.). Район сложен метаморфизованными отложениями нижнего и верхнего протерозоя, изверженными породами кислого и основного составов, а также рыхлыми образованиями кайнозойского возраста. Протерозойские отложения интенсивно дислоцированы и образуют протяженные, преимущественно брахиформные складки, осложненные дизъюнктивными нарушениями. Ввиду интенсивного развития последних отдельные участки складок имеют блоковое строение, нередки структурные сооружения типа горстов и грабенов.

Стратиграфия

В стратиграфическом разрезе района принимают участие интенсивно дислоцированные и метаморфизованные карбонатно-терригенные отложения пенченгинской, кординской, горбилокской удерейской, погорюйской, лопатинской и карьерной свит нижнего и верхнего протерозоя.

Протерозой

Нижний протерозой (карелий). Тейская серия

Пенченгинская свита. Отложения свиты распространены к западу от месторождения Эльдорадо, слагая водораздельное пространство рр. Каломи и Енашимо. По литологическому составу она расчленяется на две подсвиты: нижнепенченгинскую существенно карбонатную и верхнепенченгинскую преимущественно терригенную. Отложения свиты с признаками несогласия перекрываются терригенными образованиями кординской свиты. Мощность отложений пенченгинской свиты составляет 1700 м.

Верхний протерозой. Рифей.

Сухопитская серия

Кординская свита, прослеживается широкой полосой северо-западного простирания от верховьев р. Талой до верховьев р. Дыдан. Отложения свиты представлены кварцитами, кварцито-песчаниками, хлорит-биотитовыми и гранат-биотит-мусковитовыми кристаллическими сланцами, гравелитами, известняками. Мощность отложений свиты составляет 1200 м.

Горбилокская свита, картируется от верховьев р. Дыдан, постепенно расширяясь в юго-восточном направлении. Отдельные выходы свиты отмечаются в центральной и западной частях площади. Отложения свиты представлены кварц-серицит-хлоритовыми, кварц-биотит-мусковитовыми сланцами, нередко с гранатом. Отложения горбилокской свиты являются вмещающими для золоторудных кварцево-жильных зон месторождения Эльдорадо. Мощность отложений свиты - 700 м.

Удерейская свита распространена довольно широко. Она слагает водораздельное пространство речных систем Каломи - Ванташ, согласно перекрывая отложения горбилокской свиты. По литологическому составу породы свиты расчленены на три подсвиты и представлены глинис-

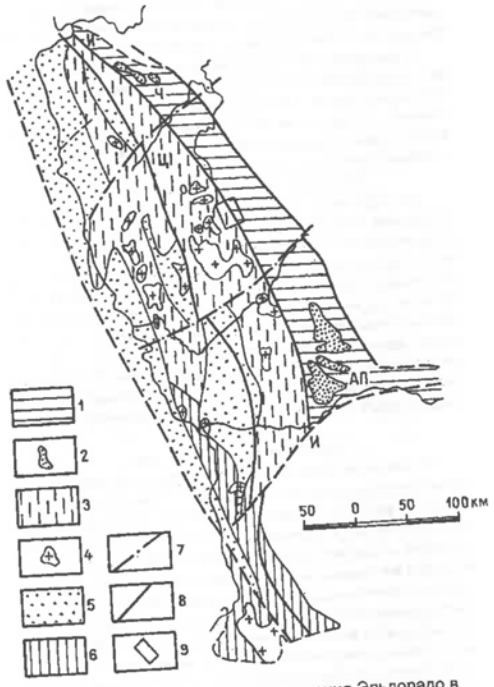


Рис. 3.30. Положение месторождения Эльдорадо в структуре Енисейского кряжа
(Гонтарь и др., 1983 г.)

1 - Восточная синклинорная зона (миогеосинклинальная по Е.С. Постельникову); 2 - ядерные части Ангаро-Питского (АП) и Чернореченского (Ч) синклинориев; 3 - Центральное (Ц) и Приенисейское (П) поднятия; 4 -крупные гранитные массивы; 5 - Ангаро-Тисское и Приенисейский приразломные прогибы; 6 - Ангаро-Енисейская глыба; 7. поперечные зоны дислокаций; 8 - глубинные разломы (И - Ишимбинский); 9 - район месторождения Эльдорадо

тыми сланцами и филлитами в нижней части разреза, известковыми сланцами и черными глинистыми сланцами в средней и глинистыми алеврито-глинистыми сланцами с прослоями известняков - в верхней. Мощность отложений удерейской свиты - 2540 м.

Погорюйская свита согласно перекрывает отложения удерейской свиты. Породы свиты распространены в северо-восточной части площади в среднем и нижнем течении ручьев Бол. Ильинка, Саламатовский. Свита представлена толщей тонкослоистых алеврито-глинистых, реже песчано-глинистых и филлитизированных глинистых сланцев, кварцитов и кварцитовидных песчаников. Мощность отложений свиты составляет 700 м.

Суммарная мощность отложений сухопитской серии - 5140 м.

Чингасанская серия

Отложения серии со стратиграфическим несогласием залегают на различных частях разреза сухопитской или тейской серий, заполняя межгорные прогибы типа грабенов. Разрез серии представлен породами лопатинской и карьерной свит.

Лопатинская свита откартирована в южной части площади в виде узкого клина среди пород тейской серии на водоразделе рек Еруды и Талой, структурно выполняя Таловский грабен. Сложена, преимущественно красноцветными песчаниками, гравелитами, конгломератами. Мощность отложений свиты составляет 240-270 м.

Карьерная свита протягивается узкой полосой в северо-западной части площади по левобережью реки Дыдан. Отложения свиты представлены кварцевыми и полимиктовыми песчаниками и конгломератами, аргиллитами, доломитами. Мощность свиты - 250-260 м. Мощность отложений чингасанской серии составляет 490-530 м.

Кайнозой. Четвертичная система

Четвертичная система. Отложения этого возраста сплошным чехлом покрывают речные долины, их склоны и водораздельные пространства. Аллювиальные отложения представлены русловыми, пойменными, болотными и терасовыми отложениями. Мощность достигает 10-20 м. Практически повсеместно эти отложения золотоносны. Делювиальные образования обычно имеют мощность 0,5-3,5 м и представлены песчано-глинистым материалом с обломками коренных пород до 30-50%. Элювиальные образования, представленные грубообломочными развалами сланцев и кварца, наблюдаются на вершинах водоразделов.

Интрузивные образования

В пределах Перевальнинского рудного узла широко проявлена магматическая деятельность. Преобладают интрузии кислого состава - гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса, в меньшей степени межпластовые, реже секущие интрузии ортоамфиболитов индыглинского комплекса и маломощные дайки диабазовых порфиритов исаковского комплекса. Непосредственно на месторождении интрузивные образования отсутствуют, ближайший их выход находится в 15 км к юго-западу от него и представлены Каламинским гранитоидным массивом татарско-аяхтинского комплекса. Его площадь составляет порядка 300 км². Периферическая, особенно юго-восточная часть массива представлена гранито-гнейсами, постепенно переходящими в гнейсовидные граниты. В северной, северо-западной и северо-восточной частях массива распространены серые биотитовые прорфировидные граниты. Среди этих разновидностей встречаются розовые слабо порфировидные граниты, образующие жилоподобные тела. Остальные типы пород относятся к жильным разностям аляскитовых гранитов, аплитов, пегматитов.

Его формирование связано с байкальским тектоно-магматическим циклом. По отношению к вмещающим породам массив конкордантен. Отмечаются реликты сланцев вмещающих пород на эродированной поверхности массива, значительный ореол контактовых изменений пород, присутствие в составе гранитов граната, андалузита, силлиманита, ставролита и других минералов, характерных для вмещающих пород, свидетельствующие о широком участии процессов ассимиляции в формировании гранитоидов.

Метаморфизм

Эволюция метаморфических процессов является неотъемлемой частью геологического развития рассматриваемой территории и находится в тесной связи с периодами тектоно-магматической активизации в Енисейском кряже.

По данным геологосъемочных работ (Целыковский, 1980 г.) в пределах района выделяются следующие типы метаморфизма.

1. Верхнепротерозойский прогрессивный региональный метаморфизм. Месторождение Эльдорадо, как и все остальные месторождения золото-кварцевой формации, приурочено к породам зеленосланцевой фации метаморфизма, которые картируются в зоне Ишимбинского разлома, а также в пределах Восточной синклинорной зоны. При этом западнее Восточно-Ишимбинского разлома распространена подзона филлитов, а восточнее - подзона глинистых сланцев эпидот-мусковит-хлоритовой субфации зеленых сланцев.

2. Верхнепротерозойский регрессивный метаморфизм по своим температурным параметрам близок к низам эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций. Все минеральные изменения регрессивного характера происходили без существенных преобразований текстурно-структурных особенностей пород. Наиболее характерным примером этого типа метаморфизма является замещение граната хлоритом в парагенезисе с мусковитом.

3. Поздневерхнепротерозойский локальный контактовый метаморфизм пироксен-роговиковой и амфибол-роговиковой фаций связывается со становлением гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса. Продукты этого типа метаморфизма распространены в 9 км западнее месторождения Эльдорадо.

4. Поздневерхнепротерозойский локальный динамотермальный метаморфизм наибольшим распространением пользуется в зоне Ишимбинского глубинного разлома, где обнаруживается связь между его продуктами и месторождениями и проявлениями золото-кварцевой формации. Процессы локального динамотермального метаморфизма накладываются на ранее сформировавшиеся породы регионального метаморфизма фации зеленых сланцев и представлены образованиями серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации и эпидот-амфиболитовой фации.

Месторождение Эльдорадо расположено в одной из полос гранатсодержащих сланцев, вытянутой в северо-западном направлении на расстояние 5-7 км при ширине около 1,0 км. В юго-восточном и юго-западном направлении "зона граната" расширяется с постепенным переходом в верховьях реки Актолик в "зону ставролита" эпидот-амфиболитовой фации. В северо-западном направлении в верховьях реки Дыдан происходит выклинивание зоны «граната» и появление "зоны биотита". К востоку от Эльдорадо зона "граната" постепенно переходит в "зону биотита" шириной 0,5-1,0 км, а затем в "зону хлорита" регионального метаморфизма. В западном направлении "зона хлорита" отсутствует. Таким образом, метаморфическая зональность рудного поля месторождения имеет асимметричное строение. Наличие в сланцах структур снежного

кома свидетельствует об одновременности процессов деформации и кристаллизации граната.

Позднеорогенный региональный эпигенез выделен впервые при геолого-съемочных работах (Целыковский, 1980 г.). Он распространен на территории Дюбкошского, Индольского, Оллоноконского и других грабенов.

На характер связи метаморфизма и оруденения золото-кварцевой формации существуют самые противоположные мнения: от полного отрицания его влияния в связи с высокой степенью его изохимичности до ведущей роли какого-либо типа метаморфизма в их формировании.

Наибольшим распространением пользуется точка зрения о единстве процессов рудообразования и процессов метаморфизма (Ильенок и др., 1971 г.; Сазонов, 1979 г., Ли и др., 1969, 1975, 1979; Середенко, 1973). В отношении конкретного типа метаморфизма единства взглядов нет. Л.В. Ли с соавторами рудоотложение связывает с локальным, либо гидротермальным, в его понимании, метаморфизмом. Г.А. Середенко (1973) доказывает, что рудный процесс обязан диафторезу и наложился вместе с ним на породы, уже сформировавшиеся в условиях эпидот-амфиболитовой фации регионального метаморфизма.

Наиболее обоснованной, на наш взгляд, является точка зрения, высказанная С.С. Ильенком с соавторами (1979 г.) о сингенетичности и генетическом родстве рудообразования с процессами метаморфизма, особенно локального динамотермального, развитого в зонах смятия и дробления пород. В пользу этого свидетельствуют состав рудных тел и вмещающих пород, одни и те же минеральные парагенезисы в рудах и вмещающих породах, а также сходные термодинамические и петрохимические особенности процессов метаморфизма и рудообразования. По нашему мнению, формирование месторождения Эльдорадо находилось в тесной связи со всеми этапами метаморфизма, которые проявились в рудном поле месторождения, начиная с регионального и заканчивая локальным динамотермальным зон смятия, суммарным усилиям которых и обязан современный облик месторождения.

Тектоника

В строении района и прилегающей территории (рис. 3.31) принимают участие образования протоплатформенного (тейская серия пенченгинская свита), геосинклинального (сухопитская, тунгуссикская серия), орогенного (ослянская, вороговская, чингасанская серии) и платформенного (отложения палеозоя, мезозоя, кайнозоя) комплексов. Отложения данных возрастных уровней представляют собой вещественные образования нескольких тектонических циклов: карельского, байкальского, каледонского, герцинского, нижнего и верхнего альпийских. Им свойственны свои особенности вещественного состава, структуры, метаморфизма и металлогении.

Рудное поле месторождения Эльдорадо расположено в пределах первого структурного этажа геосинклинального комплекса. Породы этого структурного этажа слагают переходную от эв- к миогеосинклинали зону, охватывающую основную часть территории. Его формирование сопровождалось становлением основных складчатых структур, осложняющих северо-восточное крыло антиклинория. Простирание осей складок субпараллельное оси синклинория. Это, в основном, узкие сжатые, довольно крупные асимметричные, часто опрокинутые линейные складки, к крыльям которых приурочены согласные тектонические нарушения и зоны интенсивного рассланцевания пород. Для района характерна разрывная тектоника северо-западного простирания сбросового и взбросо-надвигового характера. Северо-западные нарушения пронизывают все структурно-формационные зоны и являются транзитными или сквозными. Интенсивное рассланцевание и мелкая трещиноватость пород на отдельных участках в сочетании с продольными разрывами составляют кулисообразно расположенные ослабленные зоны, явившиеся впоследствии благоприятными структурами для процессов локального динамотермального метаморфизма. Они трассируются пачками сближенных метаморфогенно-гидротермальных кварцевых жил с сульфидной и золотой минерализацией.

Кроме разрывных нарушений, согласных генеральным структурам кряжа, фиксируются диагональные и поперечные дизъюнктивы. По своим размерам они значительно уступают северо-западным, а по времени образования являются более молодыми. По отношению к кварцевым жилам диагональные проявляют экранирующую роль. При приближении к ним кварцево-жильные зоны обычно расщепляются и затухают.

Зоны поперечных разрывов разделяют изучаемую территорию на ряд блоков с различной степенью дислоцированности, трещиноватости и, как следствие этого, кварценосности. В отличие от северо-западных нарушений они хорошо выражены в рельефе, что свидетельствует об их подновлении даже неотектоническими движениями.

В структурно-тектоническом плане месторождение Эльдорадо приурочено, на наш взгляд, к восточному склону Центрального антиклинория или, в представлении других геологов, к зоне Ишимбинского глубинного разлома, разделяющего Центральный антиклинорий и Ангаро-Питский синклинорий, являющиеся на Енисейском кряже структурами I порядка. Эта зона, ширина которой составляет 6-14 км, прослеживается через район месторождения с юго-востока на северо-запад. Естественными границами зоны являются Восточно- и Западно-Ишимбинские региональные разломы. Оба разлома несут черты сброса. По Западно-Ишимбинскому разлому северо-восточный блок опущен ориентировочно на 2 км. Восточно-Ишимбинский разлом в бассейне реки Ванташ имеет амплитуду смещения около 7 км, опущенным является блок также со стороны Ангаро-Питского синклинория.

Отличительной особенностью внутренней структуры зоны Ишимбинского глубинного разлома является наличие линейно вытянутых антиклинальных и синклинальных складок, большая часть из которых опрокинута на юго-запад с падением крыльев на северо-восток. Северо-восточные крылья складок обычно более пологие (60-80°), а юго-западные падают почти вертикально.

Наиболее крупной пликативной структурой является Успенско-Ольгинская антиклиналь, на северо-восточном крыле которой располагается месторождение Эльдорадо и все рудопроявления рудного узла. Эта структура прослеживается через всю площадь от устья р. Огне до р. Бол. Бурахты, на всем своем протяжении примыкая к Западно-Ишимбинскому разлому, который срезает ее юго-западное крыло. В ядре антиклинали обнажаются породы кординской свиты, крыло сложено круто (60-80°) залегающими породами горбилокской свиты и нижней части удерейской свиты.

Тектонический облик восточного склона Центрального антиклинория, где расположено рудное поле месторождения, определяют разрывные нарушения в сочетании с брахиформной складчатостью. Наиболее крупными структурами являются Каломинская синклиналь и Севагликонская антиклиналь. Синклиналь разбита на несколько ступенчато погружающихся к юго-востоку сложных полигональных блоков. Ядерная часть сложена породами кординской и горбилокской свит. Падение крыльев крутое - 80°.

Ангаро-Питский синклинорий слагает северо-восточ-

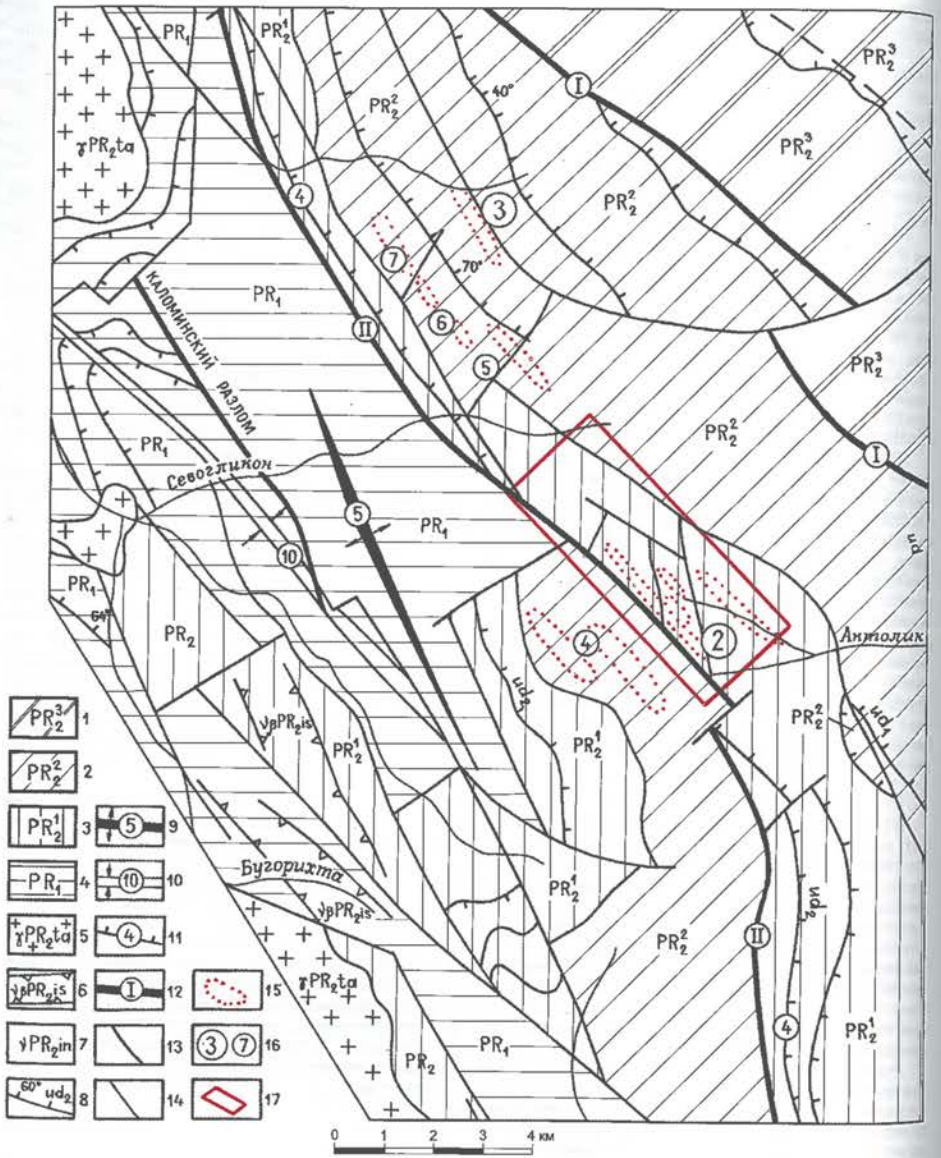


Рис. 3.31. Тектоническая схема Перевальнинского рудного узла (по материалам В.С. Гонтаря и др., 1983 г.)
Структурные этажи раннего комплекса геосинклинальной стадии: 1 - третий (погорюйская свита и верхнеудерейская подсвита); 2 - второй (средне- и нижнеудерейская подсвиты); 3 - первый (горбилокская и кординская свиты); 4 - структурный комплекс фундамента геосинклинали в зоне Центрального поднятия; интрузивные формации: 5 - гранитных батолитов позднегеосинклинальной стадии; 6- метабазальтовая раннегеосинклинального комплекса (ряд даек исаковского комплекса); 7- габбро-амфиболитовая в структурном комплексе фундамента (индыглинский комплекс); 8 - структурные линии, возраст, направление и угол падения крыльев; складчатые структуры: 9 - оси антиклиналей (Севагликонская-5), 10 - оси синклиналей (Коломинская-10); 11 - моноклинальные крылья антиклиналей (Успенско-Ольгинская-4) и синклиналей; разрывные нарушения: 12 - региональные (I - Восточно-Ишимбинский, II - Западно-Ишимбинский); 13 - межблоковые, локальные и оперяющие разломы, 14 - границы тектонических подразделений; 15 - кварцево-жильные золотоносные зоны; 16 - месторождения и рудопроявления золота (3 - Пролетарка, 4 -Ольгинское, 5 - Первенец, 6 - Ударное, 7 - Вершинка); 17 - площадь месторождения Эльдорадо

ную часть характеризуемой площади. Выделяется Дулидженская антиклиналь с простым моноклинальным залеганием крыльев складки.

Металлогеническая характеристика

Перевальнинский рудный узел расположен на юго-восточном продолжении Советского и Александро-Агеевского рудных узлов. В его состав входят месторождения Пролетарское, Первенец, Эльдорадо, относящиеся к золото-кварцевой малосульфидной формации.

Геолого-металлогеническая обстановка района определяется сопряжением ведущих структурных элементов: зоны глубинного Ишимбинского разлома с ядерной частью и северо-восточным сложноскладчатым крылом Центрального антиклинория, сложенных карбонатно-терригенной и аспидной формациями байкальского геосинклинального комплекса и метатерригенно-карбонатной формацией карельского комплекса, пронизанными штоками и батолитами гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса рифея. Образования альпийского комплекса включают группу терригенных формаций (мезо-кайнозой) и формацию коры выветривания (мурожнинская свита, палеоген). Образования альпийского комплекса распространены ограниченно. Однако анализ материалов бурения по поискам и оценке россыпей показывает, что коры выветривания, в т.ч. золотоносные, распространены гораздо шире и заслуживают самостоятельного изучения.

Главной рудной формацией района является золото-кварцевая, дифференцированная на два подтипа: кварцево-жильный и кварцево-прожилковый. В группе экзогенных образований наиболее распространены аллювиальная, аллювиально-делювиальная и техногенная формации.

В составе узла выделяются интегрирующие золотоносные рудные месторождения, россыпи, перспективные металлогенические объекты (зоны, площади), представленные докембрийскими золотоносными конгломератами и золото-сульфидными проявлениями и развитыми по всем золоторудным объектам - золотоносными корами выветривания.

Изученность и опоискованность объектов золото-кварцевой формации в пределах района наиболее высокая, но, по-видимому, не исчерпывающая весь металлогенический потенциал. По современным данным запасы и прогнозные ресурсы рудного золота золото-кварцевой формации оцениваются в 356 т.

Добыча золота в районе составила 360 т (270 т - россыпное, 90 т - рудное). Учитывая, что в россыпи золотоносный материал поступал в основном, за счет разрушения продуктов корообразования по золото-кварцевым жилам и зонам, общий металлогенический потенциал золото-кварцевой формации ориентировочно может быть оценен в количестве 700-800 т.

Кварцево-жильные золотоносные зоны, сформированные в породах нижнего-среднего рифея, слагают в составе Центральной кварцево-жильной ветви Енисейского золото-кварцевого пояса Право-Енашиминскую рудную зону северо-западного простирания протяженностью около 100 км. В ее пределах находятся месторождения Советское, Эльдорадо и большинство известных проявлений золота. В юго-западной и северной частях рудной зоны на эродированной поверхности золотоносных зон залегают с перерывом молассовые образования рифея-венда, выполняющие орогенные впадины, в которых прогнозируются участки нового перспективного типа - докембрийских золотоносных конгломератов и золотоносных кор выветривания (Сердюк, 1997, 2004; Бабушкин, 2003).

Золоторудное месторождение Пролетарское, рудопроявления Вершинка, Ударное, Первенец и Ольгинское (рис. 3.32). Образуют единую кварцево-жильную зону шириной до 1,5 км и прослеженную в северо-западном направлении от верховьев р. Актолик до верховьев р. Дыдан на расстоянии 10 км. Они входят в состав, так называемого, Перевальнинского рудного узла и являются базой для дальнейшего расширения перспектив основного объекта.

Месторождение Пролетарское расположено в 2 км к северо-востоку от Вершинки. Открыто в 1913 году. С 1917 по 1943 годы на месторождении эпизодически проводились разведочно-эксплуатационные работы. Представлено двумя жильными зонами, каждая из которых состоит из двух основных жил и серии мелких прожилков. Зоны приурочены к толще биотитовых филлитов на контакте горбилокской и удерейской свит.

На жиле I зоны I до глубины 80 м осуществлялись эксплуатационные работы. Добыто 817 кг золота при среднем содержании 7,0 г/т. Зона прослежена на глубину более 200 м и по простиранию на 600 м. Такие же параметры имеет и вторая жильная зона, но изученность ее слабее. В юго-восточном направлении в 7-8 км от месторождения находится IV жильная зона месторождения Эльдорадо, которая может быть ее непосредственным продолжением.

Рудопроявление Вершинка находится в 1,5 км к северо-западу от Ударного и является полным его аналогом. Из двух выделенных кварцево-жильных зон практическое значение имеет I жильная зона, протяженность которой составляет 1000 м. На глубину прослежена до 150 м, средние содержания золота: по кварцу - 6,8 г/т, по сланцам - 0,9 г/т. Рудопроявление относится к разряду перспективных.

Рудопроявление Ударное расположено в 1 км к северо-западу от Первенца и аналогично ему по геологическому строению. Представлено двумя кварцево-жильными зонами, из которых практическое значение имеет I жильная зона. Ее протяженность 700 м, на глубину прослежена до 150 м, содержания колеблются от "следов" до 132 г/т, имеются предпосылки расширения перспектив на флангах и на глубину.

Рудопроявление Первенец находится на северо-западном продолжении месторождения Эльдорадо, в 3 км от последнего. Открыто в 1886 году. Представлено четырьмя кварцево-жильными золотоносными зонами, приуроченным и крупным зонам смятия и дробления метаморфизованных сланцев горбилокской свиты. Жильные минералы представлены кварцем, карбонатом, в меньшей мере полевыми шпатами, актинолитом, гранатом, биотитом, хлоритом, а рудные минералы - арсенопиритом, пиритом, пирротином, золотом. В промышленном отношении практический интерес представляет III жильная зона. Ее протяженность составляет 1200 м, на глубину прослежена до 200-250 м, содержания золота изменяются от "следов" до 865 г/т. В пределах зоны выделяются рудные тела протяженностью 400-500 м, мощностью 3-15 м, со средним содержанием металла 3-5 г/т.

Рудопроявление Ольгинское расположено в 1,5 км юго-западнее месторождения Эльдорадо. Открыто в 1948 году. Представлено двумя кварцево-жильными зонами протяженностью до 1 км каждая среди слюдяно-хлорит-гранатовых сланцев горбилокской свиты. Протяженность жил 50-70 м, мощность - от нескольких сантиметров до метра. Содержание сульфидов убогое, наиболее характерны арсенопирит, пирит, галенит и золото.

Практическое значение имеет только Вторая жильная зона, в пределах которой по канавам выделено большое количество изолированных, не увязывающихся между собой рудных интервалов мощностью до 0,5 м с содержанием золота от 1,5 до 24,5 г/т. По предварительным данным рудоп-

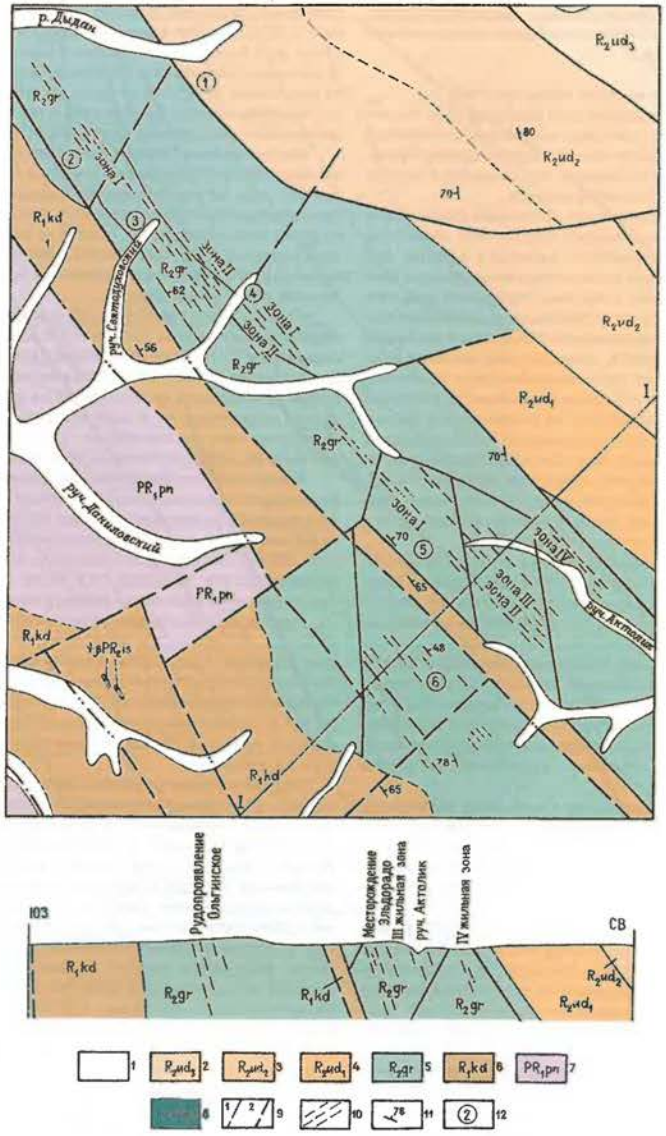


Рис. 3.32. Схема геологического строения района месторождения Эльдорадо (по материалам Целыковского А.Ф., 1980 г.; Гонтаря В.С. и др., 1983 г.)

1 - современные и нижнечетвертичные золотоносные отложения долин рек. Верхний протерозой. Средний рифей сухопитская серия; 2 - верхнеудерейская подсвита: сланцы глинистые, алеврито-глинистые, доломитовые известняки; 3 - среднеудерейская подсвита: сланцы глинистые филлитизированные темно-серые с зеленоватым оттенком; 4 - нижнеудерейская подсвита: сланцы алеврито-глинистые, филлиты темно-серые, черные, сланцы углеродистые серицит-биотитовые иногда с гранатом; 5 - горбилокская свита. Сланцы кварц-биотит-серицитовые, иногда магнетит либо гранатосодержащие; 6 - нижний рифей, кординская свита: сланцы кристаллические хлорит-биотитовые, с гранатом, кварциты; 7 - нижний протерозой, пенченгинская свита, верхнепенченгинская свита: метаалевролиты известковистые, сланцы хлорит-биотитовые, алевролитовые; 8 - Исаковский комплекс: метадиабазы и метадиабазовые порфириты; 9 - границы геологические (1) и тектонические (2), установленные и предполагаемые; 10 - кварцево-жильные золотоносные зоны; 11 - элементы залегания пород, жил; 12 - месторождения и рудопроявления золота: Пролетарка (1), Вершинка (2), Ударное (3), Первенец (4), Эльдорадо (5), Ольгинское (6)

проявление представляет интерес для открытой отработки.

Россыпное золото в речных системах окрестностей месторождения Эльдорадо (рр. Енашимо, Каломи, Дыдан, Вангаш) образует некогда богатейшие на Енисейском кряже месторождения. Золотоносные россыпи р. Енашимо являются крупнейшими не только на Енисейском кряже, но и в Сибири. Из них добыто порядка 300 т металла. Наиболее богатой частью долины р. Енашимо является ее отрезок длиной 35 км вместе с правыми притоками от устья р. Каломи до р. Количикан, вдоль которого протягивается Советско-Перевальнинская золотоносная кварцевожильная полоса. Река Севагликон, из россыпей которой добыто 63 т золота, и река Актолик, давшая 49 т металла, берут свое начало на территории месторождения Эльдорадо на северо-западном и юго-восточном флангах соответственно. Концентрация металла в отложениях этих рек в районе месторождения достигала 1,4-1,5 т/км² или 450-500 г/м³. Источниками металла при формировании россыпей служили, по-видимому, вышеописанные проявления и месторождения рудного золота. Большая часть россыпных месторождений в настоящее время отработана. Сейчас общие запасы россыпного золота в районе месторождения составляют порядка 4,5 т при среднем содержании металла по дражным полигонам р. Севагликон 339 мг/м³, по гидромеханическим р. Актолик - 479 мг/м³ и ручью Ольгинский - 530 мг/м³.

3.1.2.1. Золото-кварцевая формация

Месторождение Эльдорадо

История изучения и освоения месторождения

Изучение месторождения проводилось в течение нескольких этапов с разрывом во времени между ними, исчислявшимися иногда несколькими десятками лет. Объяснялось это конъюнктурными соображениями, направлениями экономического развития района, изменением взглядов на строение месторождения и его перспективы и другими причинами.

Геологоразведочные работы

Выполненные объемы основных видов геологоразведочных работ за весь период изучения месторождения приведены в таблице 3.14.

В 1885 году на водоразделе рек Актолик - Севагликон в пределах площади современного рудного поля месторождения Эльдорадо были оформлены рудные отводы Сокраменто, Эльдорадо, Колхида, Монте-Карло, Ольгинский, Находка, Сан-Франциско и Константский. Поставленная на них в 1886 году канавная разведка показала, что наиболее богатой оказалась заявка Эльдорадо, соответствующая в настоящее время северо-западной части I рудной зоны.

Первые эксплуатационные работы на рудное золото проводились с 1886 по 1889 и с 1891 по 1893 годы компанией Васильевского - Ратькова. Добыча велась из 4-х небольших штолен, шахты и открытых разрезов. Была построена фабрика с одной парой бегунов. Позже, из-за недостатка воды и топлива, она была перенесена в долину реки Вангаш. Дальность транспортировки руды (12 км) и несовершенство технологии ее переработки сделали разработку убыточной и в 1893 году она прекратилась. Но еще до 1900 г. на месторождении велись мелкие старательские работы.

С 1900 по 1932 годы на месторождении ни эксплуатационные, ни геологоразведочные работы не велись.

Первые сведения о геологическом строении района месторождения приведены в работах Э. Гофмана (1884 г.), Л.Я. Ячевского (1894 г.), В.М. Внуковского (1905 г.). После Октябрьской революции поисковые работы и некондиционные съемки масштабов 1:5000-1:210 000 в районе месторождения проводили Ю.А Спейт и Н.С. Пенн (1919 г.), Б.М. Степанов (1925 г.), Т.М. Дембо (1939 г.), А.А. Семенов, Н.М. Матвеева (1938 г.), В.А. Миловская (1949 г.). В результате этих работ были изучены довольно полно тектоническое строение рудного поля, минералогический состав руд и вмещающих пород, установлена приуроченность оруденения к протяженным зонам смятия северо-западного простирания.

В период с 1932 по 1955 годы эксплуатационные и добычные работы в разное время возобновлялись партией «Востокзолото» (1932 г.), Пролетарским золото-мышьяковым комбинатом (1936-1940 гг.), старательской артелью «Имени 7 ноября» Северо-Енисейского приискового управления (1940-1951 гг.), Ерудинско-Питским приисковым управлением (1951-1954 гг.) и снова Северо-Енисейским приисковым управлением (1954 г.). В последние годы (1950-

Таблица 3.14

Распределение объемов геологоразведочных работ на месторождении Эльдорадо по периодам его изучения

Виды работ	Стадии работ по периодам				Всего
	Поисковые, 1885-1955гг	Поисково-оценочные 1961-1967гг.	Предваритель-ная разведка 1968-1973гг.	Детальная разведка, 1978-1983гг.	
1.Геологическое картирование м-ба 1:5000, км²	-	-	12,0	-	-
2. Канавы, м³	10911	26500	44391	32401	114203
3. Шурфы с рассечками, п.м.	637	795	143	167	1743
4. Подземные выработки (штольни штреки, восстающие),п.м.	3802	-	5184	9240	18226
5.Скважины, п.м. всего	1493	3350	6013	32163	43019
в т.ч. с поверхности	1493	3350	4413	25794	35050
подземные	-	-	1600	6369	7969
6.Бороздовое и задирковое опробование, проба	10574	5106	9401	19886	44967
7.Керновое опробование, проба	436	1380	1853	12333	16002
8.Валовое опробование, т	-	71,0	3535,7	2296,8	5903,5
9.Технологическое опробование, проба/т	-	3/72,67	2/ 251,0	3/ 221,8	8/ 545,5
10. Стоимость работ:					
плановая, т. руб.	нет данных	844,5	3798,5	7895,1	12538,1
фактическая, т.руб.	нет данных	930,7	3779,0	7272,9	11982,6

1955 гг.) эксплуатационные работы при существующих тогда объемах добычи (10-15 тыс. т руды в год) и высокой себестоимости добытого грамма золота были убыточными.

В 1955 году разведочные и эксплуатационные работы на месторождении были прекращены. За весь период эксплуатации отработано 5839 т руды, а, учтенная добыча металла, составила 749,2 кг при среднем его содержании в руде 13,3 г/т (в извлечении). Рудой являлся только кварц. Сразу же после выемки обогащенного участка работы прекращались и переносились на другой. В результате на месторождении, особенно на I-ой рудной зоне имеются многочисленные беспорядочно расположенные мелкие выемки и карьеры.

По генеральному подсчету, выполненному по состоянию на 1 июля 1954 года суммарные запасы на месторождении на тот период составили: руды 108,1 тыс.т, а металла - 1046,9 кг (табл. 3.15).

Таблица 3.15

Состояние запасов по состоянию на 1 июля 1954 г.

Категория	Руда, т	Среднее содержание, г/т	Металл, кг
В	8278	10,5	86,6
C_1	44776	8,7	390,3
C_2	55027	10,2	570,0
Итого	108081	9,1	1046,9

Протоколом №6 от 22.03.56 г. «Главзолото» запасы категорий $B+C_1$ в количестве 476,9 кг металла отнесены к забалансовым как нерентабельные к отработке из-за разбросанности и высокой стоимости добычи золота в прошлые периоды.

В 1959-1961 годах в районе месторождения проведена государственная геологическая съемка масштаба 1:200000 (Вызу и др., 1961 г.), а в 1959-1962 годах - геологическая съемка масштаба 1:50000 (Ольшанский и др., 1962 г.).

Геологоразведочные работы 1961-1965 годов

В конце 1961 года после шестилетнего перерыва геологоразведочные работы на месторождении Эльдорадо были возобновлены Красноярским геологическим управлением. Если в прошлые периоды времени объектами разведочных и добычных работ были отдельные золотоносные кварцевые жилы, количество которых составляло 50 шт., то основной целью геологоразведочных работ 1961-1967 годов являлось определение степени золотоносности рудных зон, в целом, для решения вопроса о возможности их отработки открытым способом на массу (сланцы + кварц). Это потребовало массовое опробование как кварцевых жил, так и вмещающих их сланцы. Основными видами геологоразведочных работ были проходка канав, глубоких шурфов с рассечками и бурение скважин с поверхности.

Среднее содержание золота на зону при мощности 40-60 м составило 2,2 г/т. В ее пределах выделены обогащенные рудные тела длиной от 110 до 450 м, мощностью от 6,8 до 11,2 м с содержанием золота от 4,0 до 5,5 г/т. Запасы металла по таким телам до глубины 110 м составили 17,8 т, а прогнозные ресурсы всех рудных зон оценивались в 50-80 т.

По результатам проведенных работ была выполнена геолого-экономическая оценка месторождения Эльдорадо (Степкина и др., 1965 г.), а также составлен технико-экономический доклад, утвержденный 16 января 1967 г. в Госплане РСФСР. Установлено, что характер золотоносности и условия залегания рудных тел позволяют организовать отработку месторождения открытым способом до глубины 120 м. При ежегодной добыче руды в количестве 660 тыс. т срок существования предприятия составит 15 лет.

Совещанием в Управлении поисковых и разведочных работ на алмазы, золото и другие благородные металлы Министерства геологии СССР было принято решение о целесообразности проведения на месторождении Эльдорадо предварительной разведки (протокол от 1 октября 1968г, №100).

Предварительная разведка 1968-1973 годов

В этот период на месторождении проведена предварительная разведка Первой жильной зоны до глубины 120 м с подсчетом запасов. В ее пределах выделено 4 рудных тела с балансовыми запасами, а также по одному рудному телу оконтурено в Четвертой и Второй жильных зонах. Скважинами колонкового бурения по редкой сети вскрыты глубокие горизонты (+360; +300;+240;+180 м) и подтвержден промышленный характер оруденения ниже горизонта горных работ.

Проведены качественные и технологические испытания руд в лабораторных и полузаводских условиях. Институтом «Иргиредмет» разработана гравитационно-амальгамационная схема переработки руды с последующим цианированием хвостов амальгамации. На заводе «Сибэлектросталь» разработана предварительная схема обогащения бедных руд в тяжелых суспензиях в гидроциклонах с последующей переработкой полученного концентрата (промпродукта) по общепринятой гравитационно-амальгамационной схеме.

На основе обработки 24 валовых проб общим весом 3334,2 т выведен поправочный коэффициент 1,22 к рядовому пробирному опробованию. При этом, чем ниже содержания, тем выше коэффициент. Это дает возможность часть забалансовых запасов перевести в балансовые.

По результатам предварительной разведки институтом «СибцветНИИпроект» (г. Красноярск) был составлен технико-экономический доклад целесообразности отработки месторождения и проект временных кондиций, утвержденные комиссией Минцветмета СССР (протокол №89-вк от 7 декабря 1973 г.).

Рабочей комиссией Экспертного геологического Совета Министерства геологии РСФСР в декабре 1973 года было принято решение до начала детальной разведки месторождения провести в его районе поисково-оценочные работы с целью определения перспектив всего Эльдорадинского (Перевальнинского) рудного узла. Проведенными в 1974-1980 годах работами в непосредственной близости от месторождения Эльдорадо выявлено и оценено по категории C_2 и P_1 несколько объектов (3 жильная зона рудопроявления Первенец, I жильная зона рудопроявлений Ударное и Вершинка, II жильная зона рудопроявления Пролетарское), запасы которых в перспективе могут служить резервом сырьевой базы основного объекта.

В 1978 году, в связи с изменением конъюнктуры на золото Новосибирским филиалом «ВНИПИгорцветмет», было разработано новое ТЭО временных кондиций для оперативных подсчетов запасов открытой добычи, которые утверждены комиссией Минцветмета СССР 5 апреля 1979 г. (протокол №257-вк).

Совещанием в Управлении поисковых и разведочных работ на алмазы, золото и другие благородные металлы Министерства геологии СССР (протокол №147 от 28.07.1978 г.) было принято решение о проведении на месторождении Эльдорадо детальной разведки.

Детальная разведка 1978-1983 годов

В этот период комплексом горных и буровых выработок по сети 20-40x30-60 м детально разведаны Первая и Вторая жильные зоны. До глубины 120 м от поверхности месторождение разведано горизонтами штолен и на высоту одного разведочного этажа (60 м) ниже последнего горизонта горных выработок - скважинами колонкового бурения. В результате выявлены и оконтурены промышленные запасы золотых руд, надежно изучена морфология рудных тел, установлен характер распределения полезного компонента. Сплошность оруденения прослежена достаточным количеством горных выработок. Данные бороздового и задиркового опробования заверены большим объемом валовых проб.

Разведанные запасы квалифицированы по категориям $B+C_1+C_2$.

По результатам детальной разведки в1982-1983 годах Новосибирским филиалом «ВНИПИгорцветмет» разработаны технико-экономическое обоснование промышленного освоения месторождения и проект постоянных кондиций для подсчета запасов.

В ТЭО предусмотрен комбинированный способ разработки: верхняя часть месторождения до глубины 150 м - для открытого способа одним карьером с годовой производительностью по руде 800 тыс.т, а нижние горизонты - для подземного способа с добычей руды 600 тыс. т в год. Переработка руды рассмотрена в трех вариантах: строительство на месторождении фабрики с законченным циклом обработки, на месторождении получают только концентрат с последующей его переработкой на действующей в 65 км ЗИФ Советского рудника и транспортировкой всей руды на действующую ЗИФ Советского рудника.

Технико-экономические расчеты показали, что наиболее рентабельным является второй вариант - строительство обогатительной фабрики и переработка руды на месторождении. Срок обеспеченности предприятия запасами составляет 14 лет для открытой добычи и 13 лет для подземной. Капитальные затраты на промстроительство составляют: для открытой разработки (карьер, фабрика, вспомогательные цеха) - 51,2 млн. руб., для подземной отработки - 45,6 млн. руб.

Одновременно с геологоразведочными работами на месторождении осуществляется геологическое доизучение района месторождения в масштабе 1:50 000 с картированием рудоносных структур и выявлением закономерностей локализации оруденения (Целыковский и др., 1980 г.).

Геофизические работы

Геофизические исследования на месторождении Эльдорадо начаты в 1947 году, когда Б.И. Зубкус и Е.А. Шнейдер провели ревизионные работы на уран. Участков с повышенным содержанием радиоактивных элементов не обнаружено. Средняя радиоактивность пород месторождения составила 5-7 мкр/час.

В 1962-1965 годах в районе месторождения Западным геофизическим трестом Мингео СССР выполнена высокоточная аэромагнитная съемка масштаба 1:25 000 с применением фотопривязок. Аэромагнитной съемкой хорошо фиксируются вытянутые зоны кристаллических сланцев, магнитное поле над которыми характеризуется положительными аномалиями в 200-250 гамм.

В 1959-1960 годах партией № 821 Березовской экспедиции проводилась аэрогаммасъемка станцией АСГМ-25. Установлено, что радиоактивность пород района находится в пределах фоновой и не превышает 6-8 мкр/час. Радиоактивность окварцованных пород и кварцево-жильных зон заметно ниже (3-4 мкр/час), в зонах интенсивного рассланцевания и дробления радиоактивность в 1,5-2,0 раза выше фоновой.

В 1966 году на площади месторождения и к северо-западу от него проводились металлометрия, магнитометрия и электропрофилирование масштаба 1:10 000 отрядом Сухопитской партии Северо-Енисейской геофизической экспедиции (СЕГФЭ) под руководством Г.Т. Ларинцева. В результате был намечен оптимальный комплекс методов для поисков коренных месторождений золота (магнитометрия, электропрофилирование), выявлены некоторые критерии выделения рудоконтролирующих структур.

В 1966-1968 годах Дюбкошской партией СЕГФЭ (Мукомело и др.,1968 г.) на месторождении и в его районе проведены геофизические исследования масштабов 1:25 000 и 1:5 000 комплексом методов, состоящим из магниторазведки, дипольного профилирования, металло- и спектрозолотометрии с целью поисков и прослеживания кварцево-жильных зон и оконтуривания рудоконтролирующих структур. Выявлен ряд зон окварцевания и подтверждено существовавшее предположение, что месторождения Эльдорадо и рудопроявления Первенец, Ударное, Вершинка и другие образуют единое рудное поле, протягивающееся в виде полосы шириной 2-3 км на расстояние около 10 км, согласно основным геологическим структурам. По данным магниторазведки около 60% изученной площади характеризуется нормальным магнитным полем, изменяющимся в пределах +25 гамм. На фоне нормального магнитного поля четко выделяются несколько положительных аномалий на площадях, совпадающих с кварцево-жильными зонами. По результатам дипольного профилирования кварцево-жильные зоны, ввиду присутствия в них сульфидной минерализации и обводненных зон дробления, отмечаются пониженными сопротивлениями до 150-300 Ом на фоне вмещающих пород с сопротивлениями 2000-4000 Ом.

В 1978 году площадь месторождения покрыта АГСМ-съемкой со станцией АГС-71 масштаба 1:25 000, составлены карты содержаний естественных радиоактивных элементов (Кобяков, 1979 г.).

В 1979 году в районе месторождения проведена гравиметрическая съемка масштаба 1:50 000 и аэромагнитная съемка с КАМ-28 в масштабе 1:25 000 (Клименко и др., 1980 г.). Получены новые данные, подтверждающие представление о складчато-блоковом характере структуры Эльдорадинского рудного узла и контроле пространственного размещения золоторудных полей крупными разломами северо-западного простирания.

Геохимические исследования

В районе месторождения геохимические методы поисков проводились, в основном, при геологических съемках и геофизических работах. Выявлялись многочисленные ореолы рассеяния золота и его элементов-спутников, наиболее перспективные из которых проверялись горными выработками. Основные их результаты приведены в разделе 4.10.

Тематические исследования

Первая информация об условиях образования месторождения Эльдорадо, не потерявшая значение и в настоящее время, имеется в работах П.С. Бернштейна, Н.В. Петровской (1947 г.), Н.И. Баженова, И.К. Миронова (1948 г.), С.С. Ильенка, В.А. Миловской, Н.И. Баженова (1949 г.). П.С. Бернштейн и Н.В. Петровская подчеркнули решающую роль разломов, параллельно которым располагаются все известные месторождения Северо-Енисейского района, указали на различие месторождений от первичного состава пород и степени их метаморфизма, Н.В. Петровская указала на присутствие на месторождении рудных столбов. С.С. Ильенок впервые отметил приурочен-

ность кулисообразно расположенных рудных зон к протяженным зонам смятия с наиболее резко выраженным метаморфизмом пород. Уже тогда С.С. Ильенок связывал генезис месторождений Перевальнинского рудного поля не с Каломинской интрузией, а с проблематичными глубоко лежащими очагами, которые одновременно служили источниками растворов, метаморфизующих породы. Им детально изучены петрография вмещающих пород, вещественный состав руд, последовательность минералообразования, метаморфизм и его связь с оруденением месторождения Эльдорадо и других месторождений Перевальнинского рудного поля.

С 1968 по 1971 годы на месторождении проводилась геолого-структурная съемка масштаба 1:5 000 (Павлов, 1971 г.). Составлены геологическая, геолого-структурная карты. Подтверждено, что рудные зоны приурочены к наиболее метаморфизованным разностям пород горбилокской свиты.

Магнитные свойства горных пород, вещественный состав руд и горных пород месторождения, типы и последовательность метаморфических преобразований, их связь с рудоотложением, геохимические особенности месторождения и основные черты его генезиса длительное время изучалось сотрудниками Томского политехнического института С.С. Ильенком, А.М. Сазоновым и В.К. Бернатонисом (Ильенок и др., 1971 г., Сазонов, 1979 г.). Материалы этих исследователей легли с основу существующих представлений о месторождении и широко использованы в настоящей работе.

В 1973 году завершились работы по теме «Составление прогнозно-металлогенической карты Советско-Перевальнинской рудной полосы масштаба 1:50 000» (Гулимова и др., 1973 г.). Была составлена прогнозная карта, разработана схема метаморфизма первично-осадочной терригенной толщи, подтверждена генетическая связь золотого оруденения с процессами локального метаморфизма в зонах смятия и дробления, доказана недостоверность бороздового и кернового опробования и необходимость более широкого применения валового опробования. Выделено 19 перспективных участков, которые рекомендованы для продолжения работ.

В 1992 году составлена прогнозно-металлогеническая карта Советско-Перевальнинской рудной зоны масштаба 1:25 000 (Середенко и др., 1992 г.). Даны авторские варианты прогнозных ресурсов известных объектов, а также выделены новые перспективные участки, в том числе 4 наиболее перспективных, 7 перспективных и 12 с неясной перспективой. Из последних 3 расположены в Перевальнинском рудном поле. «Показана ведущая роль диафтореза и филлонитизации пород в подготовке среды и создания предпосылок для формирования в структурах тектонического рассланцевания кварцево-жильного золотого оруденения». Для района авторами выделены два разновременных цикла оруденения. Первый, диафторитогенный, больше проявлен в южной части, а второй, типично гидротермальный - в северной.

Стратиграфия и литолого-петрографическая характеристика рудовмещающей толщи

Рудное поле месторождения Эльдорадо сложено, в основном, кристаллическими сланцами, в меньшей мере, кварцитами и роговиками кординской, горбилокской и удерейской свит сухопитской серии рифея (рис. 3.33).

Кординская свита. Породы кординской свиты являются подстилающими для рудовмещающих отложений и распространены в юго-западной части рудного поля месторождения. Представлены переслаиванием рассланцованных кварц-биотитовых, биотит-хлоритовых сланцев с прослоями кварцитов, алевропесчаников и роговиков. Существенный кварцевый состав указывает на накопление терригенного материала за счет устойчивых продуктов коры химического выветривания. Эти образования относятся к высокозрелым породам с высоким коэффициентом мономинеральности, характерных для границ осадочных серий и отвечают, по-видимому, этапу регрессии моря. Породы в большинстве имеют серую или зеленовато-серую окраску. Общая изученная мощность пород кординской свиты составляет 610 м. Контакт с перекрывающими сланцами горбилокской свиты тектонический по Ольгинскому нарушению.

Горбилокская свита. Отложения горбилокской свиты на месторождении являются рудовмещающими, пользуются максимальным распространением и слагают центральную часть рудного поля. Представлены гранат-биотит-кварцевыми и гранат-двуслюдяными, гранат-биотит-серицит-плагиоклаз-кварцевыми, биотит-кварцевыми, серицит-биотит-кварцевыми а также хлорит-серицит-кварцевыми и альбит-хлорит-серицитовыми сланцами и другими их разновидностями, которые определяются изменчивым количественным соотношением породообразующих минералов.

При большом разнообразии пород рудного поля в их распределении отмечается определенная зональность. Центральную часть рудного поля, в которой непосредственно локализованы кварцево-жильные зоны, слагают породы, обогащенные кварцем и гранатом, размеры породообразующих минералов увеличены, далее к периферии распространены биотитсодержащие сланцы и на максимальном удалении картируются преимущественно хлорит-серицитовые разности. Образуется зональное метаморфическое поле, состоящее из зоны граната, зоны биотита и зоны хлорита (табл. 3.16).

Гранат-биотит-кварцевые и гранат-двуслюдяные сланцы макроскопически имеют серую окраску, сланцеватую текстуру, иногда полосчатое строение, обусловленное как первичной седиментационной слоистостью, так и процессами метаморфической дифференциации. Структуры пород лепидобластические и лепидогранобластовые.

Состав: кварц - 35-45%; серицит - 25-30%; биотит - 20-25%; гранат от единичных зерен до 10%, реже более; акцессорные минералы (турмалин, сфен, циркон, апатит, ильменит, магнетит) - до 3%.

Кварц является самым распространенным породообразующим минералом. Отчетливо выделяются три его разновидности. К первой разновидности относится кварц, захваченный новообразованиями граната, биотита, альбита. Это обычно корродированные зерна размером до 0,01 мм, пойкилобласты которого в гранате подчеркивают первичную сланцеватость. Ко второй разновидности относится основная масса кварца породы. Он образует изометричные, полигональные, округлые, либо слегка вытянутые по сланцеватости зерна размером от 0,01 до 0,02 мм. Кварц этой разновидности обычно содержит пылевидные включения глинистых минералов и графита. В этом случае порода приобретает темную окраску, а сам кварц в протолочках имеет почти черный цвет. К третьей разновидности относится крупнобластический кварц «очков» и кварц, располагающийся в затененных от давления участках около крупных порфиробластов граната. Размеры его зерен 0,15-0,20 мм. Количество его достигает 10% от всей массы породы.

Серицит является широко распространенным минералом во всех породах рудного поля и представлен в виде тонкочешуйчатой, волокнистой разновидности бесцветных слюд с размером отдельных чешуек до 0,2 мм по удлинению. В больших количествах концентрируется по плоскостям скольжения на участках интенсивного кливажа. Серицит часто развивается по первичному хлориту. В этом

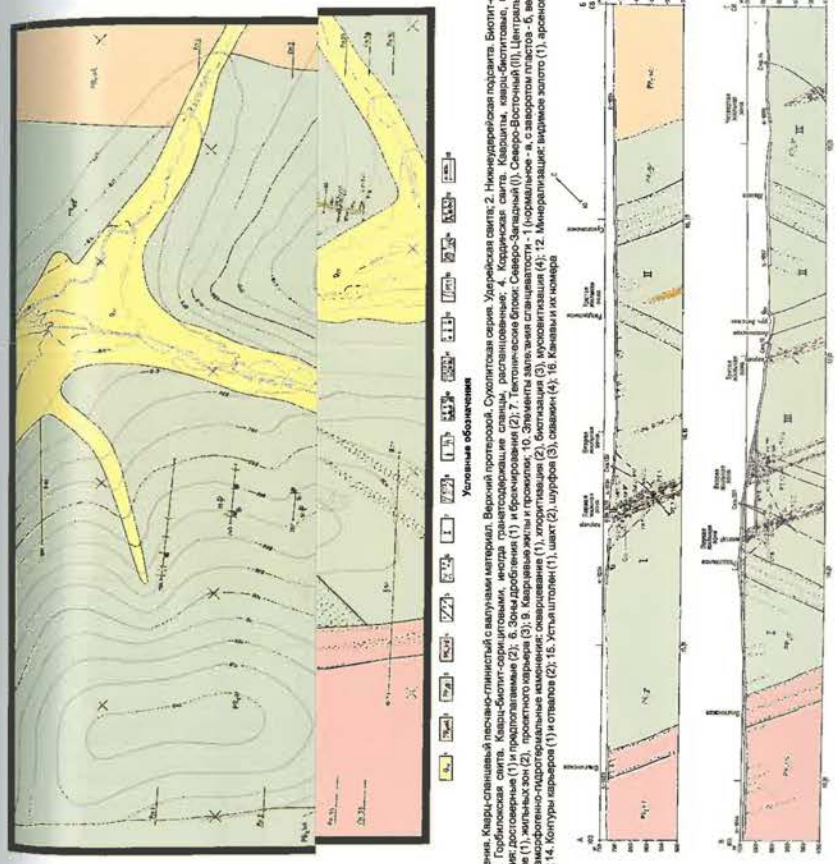
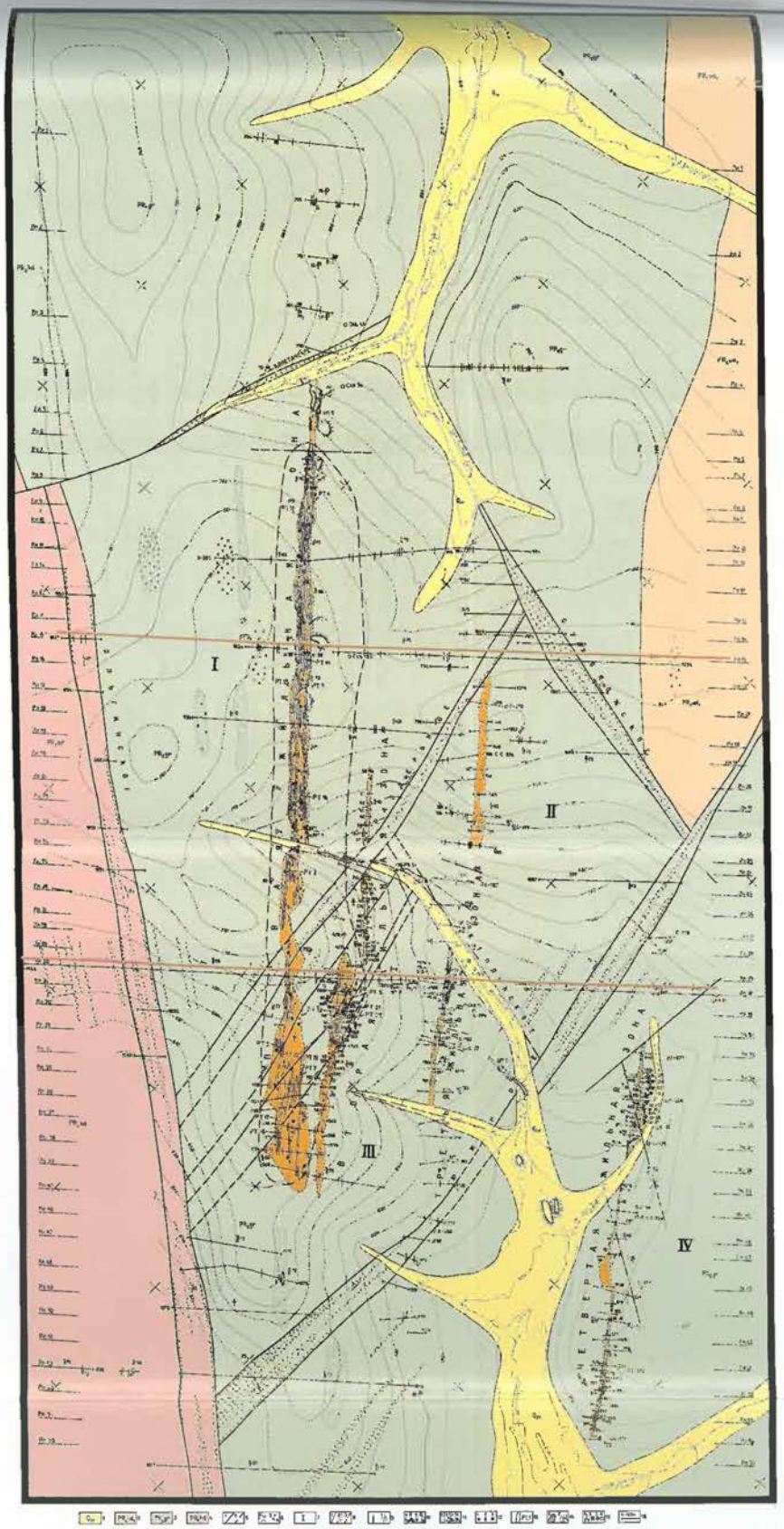


Рис. 3.33. Геологоразведочный план месторождения Эльдорадо (Составлен по материалам В.С. Гонтаря)



Условные обозначения

1. Четвертичные отложения. Кварц-сланцевый песчано-глинистый с валунами материал. Верхний протерозой. Сухопитская серия. Удерейская свита; 2. Нижнеудерейская подсвита. Биотит-серицитовые, биотит-мусковит-хлоритовые сланцы; 3. Горбилокская свита. Кварц-биотит-серицитовыми, иногда гранатсодержащие сланцы, распанцованные; 4. Кординская свита. Кварциты, кварц-биотитовые, биотит-хлоритовые сланцы; 5. Тектонические нарушения: достоверные (1) и предполагаемые (2); 6. Зоны дробления (1) и брекчирования (2); 7. Тектонические блоки: Северо-Западный (I). Северо-Восточный (II), Центральный (III), Юго-Восточный (IV); 8. Границы: литологические (1), жильных зон (2), проектного карьера (3); 9. Кварцевые жилы и прожилки; 10. Элементы залегания сланцеватости - 1 (нормальное - а, с заворотом пластов - б, вертикальное - в) и тектонических нарушений - 2; 11. Метаморфогенно-гидротермальные изменения: окварцевание (1), хлоритизация (2), биотизация (3), мусковитизация (4); 12. Минерализация: видимое золото (1), арсенопирит (2), пирит (3); 13. Контуры рудных тел и их номера; 14. Контуры карьеров (1) и отвалов (2); 15. Устья штолен (1), шахт (2), шурфов (3), скважин (4); 16. Канавы и их номера

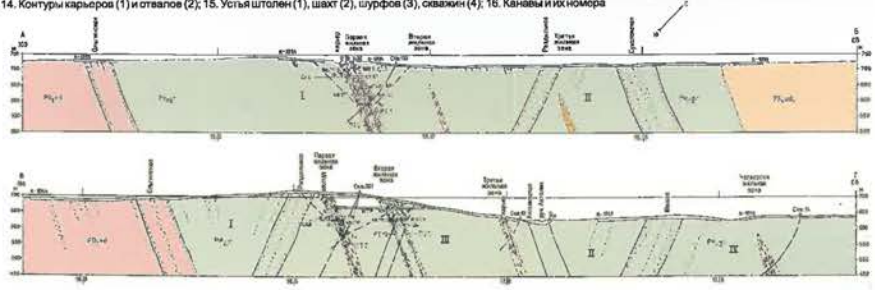


Рис. 3.33. Геологоразведочный план месторождения Эльдорадо (Составлен по материалам В.С. Гонтаря)

Таблица 3.16

Петрографическая характеристика пород рудного поля месторождения Эльдорадо

Микроскопическое определение породы	Породообразующие минералы, %						Рудные минералы, %	Вторичные минералы, %	Текстура	Структура	Макроскопическое определение породы
	Кварц	Биотит	Мусковит	Серицит	Полевой шпат	Гранат					
Сланец серицит-биотит-кварцевый	35-55	25-35	-	25-30	-	Ед. зерна до 5	5-7	Хлорит по биотиту, гранату	Сланцеватая, плоичатая	Лепидогранобластовая, порфиробластовая	Кварц-биотит-серицитовый сланец, гранат-содержащий
Сланец биотит-серицит-кварцевый, гранатсодержащий	40-45	20-25	-	25-35	-	До 10	5-7	Хлорит по биотиту, серицит по гранату	Сланцеватая, плоичатая, полосчатая	Гранолепидобластовая, порфиробластовая, лепидогранобластовая	
Сланец мусковит-биотит-кварцевый	35-50	15-20	20-25	-	-	2	5-7	Хлорит по биотиту, гранату, серицит по альбиту	Сланцеватая, полосчатая	Лепидогранобластовая, порфиробластовая	Кварц-биотит-мусковитовый сланец, гранат-содержащий
Сланец мусковит-биотит-кварцевый гранатсодержащий	35-40	25-30	20-25	-	-	5-7	5-7	Хлорит по биотиту	Сланцеватая, полосчатая	Лепидогранобластовая, порфиробластовая	
Кварц жильный	96	-	-	-	-	-	4	-	массивная	Гранобластовая	Кварц жильный
Кварцит	98	Ед. зерна	Ед. зерна	Ед. зерна	Ед. зерна	-	до 2		массивная	Гранобластовая	кварцит
Сланец биотит-серицитовый	1-3	30-35	-	50	-	-	до 15	Хлорит по биотиту, эпидоту	Сланцеватая плойчатая	Лепидобластовая, порфиробластовая	Серицит-биотитовый сланец
Сланец альбит-серицит-кварцевый	30-40	10-20	-	20-25	Альбит 20-25	Ед. зерна до 3	3-5	Хлорит по биотиту, альбиту	Сланцеватая, полосчатая, плойчатая	Лепидобластовая, порфиробластовая	Гидротермально-измененный хлоритизированный сланец
Сланец альбит-биотит-кварцевый	35-40	30-35	-	-	Альбит 25	Ед. зерна	2-3	Серицит, хлорит	Сланцеватая	Лепидогранобластовая	
Роговик	92	5	2	-	-	До 1	Менее 0,5	-	Массивная	Микрогранобластовая	Роговик кварц биотитовый
Порода полевошпатовая	-	-	-	-	Плагиоклаз до 100	-	-	Серицит по плагиоклазу	Массивная	Гранобластовая, крупнозернистая	Полевошпатовая
Порода амфибол-полевошпатовая	20	Амфиболы до 15		10	Плагиоклаз 45	3-5	7-10	-	Массивная	Порфиробластовая, нематобластовая	Полевошпат-амфиболовая порода
Порода полевошпат-кварцевая	65-70	-		-	25	-	2	Гидроокислы железа 3-5%	Сланцеватая	Лепидогранобластовая	Кварц-полевошпатовая порода
Порода хлорит-альбит-кварцевая	40-45	Хлорит 15-20		-	Альбит 30-45	Ед. зерна	3-5	Хлорит по гранату	Сетчато-прожилковая	Лепидогранобластовая	

случае содержит большое количество пылевидных включений глинистых минералов и графита. В более метаморфизованных разновидностях пород присутствует мусковит, размеры чешуек которого достигают 15 мм. Они нередко приобретают вид слабо выраженных порфиробластов, ориентированных под углом к сланцеватости. Своей ориентировкой обуславливает полосчатость породы. Повышенные содержания слюды наблюдаются вблизи кварцевых жил. Оптические свойства серицита в основной ткани: Ng=1,600±0,002; в более крупных выделениях -Np =1,605±0,002; 2V = -39°. Последняя разновидность отличается от первой более высокой железистостью.

Биотит в породе имеет относительно равномерное распределение. Содержание колеблется от 20 до 45%.

Отмечается две его разновидности. Первая - тонкочешуйчатая, с размером чешуек 0,1-0,2 мм по удлинению, слагает основную ткань породы, распределена относительно равномерно, вторая в виде порфиробластов, достигающих 0,5-1,0 мм, распределена в породе неравномерно пятнами, либо полосами. Плоскости спайности биотита ориентированы по сланцеватости породы, а удлинение кристаллов зачастую с ней не совпадает. Цвет биотита от темно-коричневого до соломенно-желтого, почти бесцветного. Часто обладает резким плеохроизмом. Оптические свойства изменяются в незначительных пределах: Ng = Nm =1,632-1,637; Np =1,592-1,588; 2V = -10° .

Гранат - максимальные скопления образует в породах непосредственно вмещающие кварцево-жильные зоны. Размеры зерен 0,3-0,5 мм, а на участках максимального его скопления отдельные кристаллы достигают 3,0 мм. Кристаллы имеют хорошую огранку ромбододекаэдрического облика и красивый розовый цвет. В гранате присутствуют пойкилобласты минералов (кварца, альбита, серицита, турмалина, апатита и других), захваченных в процессе роста. Комплексное изучение показало, что состав граната в большинстве случаев отвечает альмандину.

Акцессорные минералы, представленные турмалином, графитом, апатитом, цирконом, магнетитом, ильменитом, в породе присутствуют постоянно. Наиболее часто встречается турмалин, который отмечается в виде хорошо оформленных кристаллов. Окраска зеленая, часто пятнистая. Его оптические свойства изменяются в пределах: N_g=1,648-1,656; Ne=1,628-1,632, а в ядрах кристаллов: N_g=1,663; Ne=1,637. Иногда минерал имеет зональное строение, когда внутренние зоны окрашены в более густые тона. Графит в породе распределен неравномерно, образуя отдельные обогащенные полосы. Источником графита вероятно служило углистое вещество первично-осадочных пород. Апатит и циркон образуют мелкие зерна и встречаются в виде пойкилобластов в биотите и реже - кварце. Магнетит представлен округлыми зернами размером 0,5-1,0 мм в количестве до 1,0%. Ильменит встречается в виде удлиненных кристаллов ромбоэдрического сечения.

Рудные минералы представлены, в основном, арсенопиритом, пирротином, пиритом, в единичных случаях отмечаются халькопирит, галенит, сфалерит, блеклые руды и золото.

Гранат-биотит-серицит-плагиоклаз-кварцевые сланцы пользуются относительно ограниченным распространением. Порода имеет светло-серую либо темно-серую окраску, плотное, почти массивное сложение со слабо заметной сланцеватостью. Породообразующие минералы представлены гранатом, биотитом, плагиоклазом, ортоклазом, кварцем, серицитом. Из акцессорных присутствует магнетит, ильменит, турмалин, апатит. Структура породы лепидогранобластовая, текстура слабосланцеватая, отчасти полосчатая. Полосчатость совпадает со сланцеватостью. В составе породы преобладают кварц и альбит, а содержание граната, обычно, 2-3%, биотита до 20-30%.

Альбит в породе присутствует в виде удлиненных по сланцеватости идиоморфных табличек и изометричных зерен. Содержание 5-30%. Размеры редко превышают 0,1 мм, обычно 0,03-0,07 мм. Зерна альбита имеют, как правило, зональное строение. По периферии зерна меньше продуктов замещения и выше двупреломление. Оптические свойства показывают, что внешняя зона сложена альбитом № 12 (Nm = 1,533± 0,001), а ядро представлено альбитом №№ 8-10. (Nm = 1,531± 0,001).

Олигоклаз наблюдается в виде редких зерен, содержащих чешуйки серицита. Обладает полисинтетическим двойникованием, местами отмечается слабая зональность. Измерения на столике Федорова показывают состав минерала № 20-25.

Ортоклаз образует изометричные зерна или их агрегаты, располагающиеся по сланцеватости пород. Количество не превышает 1-5%. Цвет слегка буроватый из-за присутствия пелитового материала. Показатели преломления: Ng = 1,529; Np = 1,526; Nm = 1,522±0,003; 2V = -70°.

Биотит-кварцевые и серицит-биотит-кварцевые сланцы слагают более удаленную, периферийную часть рудного поля. Имеют серую, светло-серую, иногда зеленоватую окраску, которая зависит от количественного соотношения породообразующих минералов. Состав: кварц - 30-50%, биотит - 15-30%, серицит - 5-30%, иногда в небольших количествах присутствуют хлорит, стильпномелан, хлоритоид и альбит. Акцессорные минералы представлены апатитом, турмалином, цирконом, магнетитом, ильменитом. Породы характеризуются сланцеватой текстурой и гранолепидобластовой структурой. По сравнению с вышеописанными сланцами в них практически отсутствует гранат, но содержится повышенное количество биотита. Оптические свойства биотита: Ng-Nm=1,628-1,630; Np=1,587+-0,003; Ng-Np =0,045. Взаимоотношение минералов в породах аналогичное вышеописанным разновидностям.

Стильпномелан развивается, в основном, по гранату в регрессивный этап метаморфизма. Образует тонкие удлиненные листочки в центральных частях трещин катаклаза. Имеет буроватую окраску. От хлорита отличается более высоким рельефом и погасанием.

Хлоритоид развит в виде редких зерен в количествах до 5-8%. По сравнению с другими минералами образует наиболее крупные, вытянутые по направлению спайности кристаллы с хорошо оформленными гранями. Часто содержит пойкилобласты кварца.

Хлорит-серицит-кварцевые и альбит-хлорит-серицит-кварцевые сланцы развиты за пределами рудного поля месторождения и образованы процессами регионального метаморфизма. Имеют зеленовато-серую реже серую окраску. Хорошо рассланцованы, а по плоскостям рассланцевания видны скопления серицита и хлорита. Структура лепидобластическая и гранолепидобластическая. С удалением от изограды биотита степень рассланцевания уменьшается, а структура становится бластопелитовой. Минеральный состав: кварц - 25-30%, серицит - 25-30%, хлорит - 20-30%, альбит - 5-10%, глинистое и углистое вещество - до 5%, акцессорные (турмалин, циркон, апатит, магнетит, ильменит) - до 10%.

Кварц слагает основную ткань породы и представлен изометричными зернами, которые вблизи трещин рассланцевания заметно удлинены. По мере приближения к зоне биотита совместно с альбитом, образует порфиробласты. Иногда кварц, содержит большое количество дисперсных включений глинистых минералов, графита, хлорита, серицита и приобретает при этом темно-бурую или бурую окраску.

Серицит равномерно распределен в породе, бесцветен с буроватым или зеленовато-бурым оттенком за счет включения глинистых минералов, графитовой пыли, хлорита.

Хлорит образует удлиненные чешуйки и их агрегаты. Наиболее совершенную огранку минерал имеет в более метаморфизованных породах. С удалением от них увеличивается доля лапчатого хлорита, который содержит большое количество глинистых частиц, Цвет буровато-зеленый, зеленый. По оптическим свойствам минерал отвечает деллеситу.

Альбит встречается в небольших количествах на удалении от кварцево-жильных зон в виде разрозненных изометричных или слабо удлиненных табличек. Альбит, как правило, слабо пелитизирован, в связи с чем темнеет и

хорошо отличим от кварца. Показатели преломления: = 1,536±0,001; = 1,528±0,001, что отвечает составу плагиоклаза № 7-8.

Вмещающие породы месторождения не ограничиваются вышеприведенными разновидностями. Между ними существуют бесчисленные варианты переходов, когда какой-либо минерал резко преобладает над другими, тем самым изменяя состав и образуя новую разновидность сланцев. Но такие разновидности пользуются уже ограниченным распространением как в количественном отношении, так и в пространстве.

Общая мощность отложений горбилокской свиты составляет 1043 м.

Удерейская свита. Отложения удерейской свиты согласно залегают на породах горбилокской и распространены северо-восточнее месторождения. Представлены серицит-биотит-хлоритовыми и биотит-мусковит-хлоритовыми сланцами темно-серого и темно-зеленовато-серого цветов. Они относятся к зоне хлорита хлорит-серицитовой субфации, возникновение их сопряжено с процессами регионального метаморфизма.

Структура рудного поля

Разрывная тектоника

Рудные зоны месторождения Эльдорадо по мнению Ю.Н. Павлова (1971 г.) сформировались в каркасе дорудных тектонических нарушений, которые послужили естественными геологическими границами тектонических блоков и обусловили локальное проявление дислокационного метаморфизма и связанного с ним оруденения.

Разрывные нарушения месторождения по отношению к основному структурному элементу - кристаллизационной сланцеватости подразделяются на согласные, поперечные и диагональные.

Ольгинское нарушение является наиболее крупной согласной разрывной структурой, являющейся границей между отложениями кординской и горбилокской свит. Нарушение вскрыто магистральными канавами на рл. 15, 30, 52 в 400-900 м юго-западнее Первой жильной зоны, прослеживается субпараллельно ей и четко сопровождается низкоомными зонами дипольного профилирования. Внутреннее строение сложное. Наблюдается чередование зон дробления кварцитов мощностью до 5-7 м с прослоями милонитов и хлоритизированных биотит- кварцевых сланцев. Часто отмечается глинка трения. Плоскости сместителя имеют северо-западное (310-315°) простирание и крутое (65-75°) падение на северо-восток. В региональном плане Ольгинское нарушение является западным фрагментом зоны Ишимбинского глубинного разлома.

Остальные нарушения являются разрывными структурами второго порядка по отношению к Ольгинскому.

Константское субмеридиональное нарушение по отношению к структуре месторождения является поперечным. Прослежено в северо-западной части месторождения и приурочено к долине одноименного ручья. Мощность зоны нарушения достигает 35-40 м. Представлено дробленными и перемятыми биотит-серицит-кварцевыми сланцами. Простирание зоны запад-северо-западное по азимуту 235°, падение под углом 70-80° на северо-запад.

Раздельное меридиональное нарушение находится в центральной части месторождения. Изучено как поверхностными выработками, так и подземными на горизонтах +680 и +620 м. Состоит из двух субпараллельных сместителей, ограничивающих зоны дробления, смятия и брекчирования биотит-серицит-кварцевых сланцев и гидротермально-измененных пород. Мощность зоны составляет 50-100 м. Вблизи сместителей отчетливо наблюдается выклинивание кварцевых жил, линз и прожилков. Азимут простирания сместителей 350°, падение на юго- запад под углом 70°.

Южное субмеридиональное тектоническое нарушение является юго-восточной границей Первой жильной зоны. На поверхности вскрыто магистральными канавами на рл. 30, 52, 56, а на глубине - одиночными скважинами. Представлено чередованием зон дробления кристаллических сланцев мощностью до 2,5 м с биотит-серицит-кварцевыми гранатсодержащими сланцами и их гидротермально измененными разновидностями. Мощность зоны нарушения 120 м. Простирание север-северо-западное по азимуту 350-360°, падение на запад-юго-запад под углами 70-75°. Около него происходит выклинивание кварцевых жил и появление интенсивного тонкопрожилкового окварцевания вмещающих пород.

Сухоложское субширотное нарушение является восточной границей Северо-Восточного тектонического блока. Прослеживается сетью картировочных канав от устья ручья Константского вверх по руч. Сухой Лог и далее на 1500 м до Южного нарушения. Подтверждается низкоомными зонами дипольного профилирования. В строении принимают участие зоны дробления мощностью 1,5-6,5 м с обломками кварца, амфибол-кварцевых гранатсодержащих пород, прослоев глинки трения, перемежающихся с перемятыми сланцами биотит-серицит-кварцевого состава. Мощность зоны нарушения составляет 100 м. Простирание северо-западное по азимуту 295°, падение на северо-восток под углами 75-80°.

Актоликское субширотное нарушение разделяет Северо-Восточный и Центральный тектонические блоки. На западе срезается Раздельным, а на востоке - Южным нарушениями. Большая его часть расположена в долине ручья Актолик. На глубине вскрыто одиночными скважинами. Мощность зоны дробления биотит-серицит-кварцевых сланцев с обломками кварца и прослоями глинки трения составляет около 50 м. Простирание северо-западное по азимуту 2800, падение на северо-восток под углом 75-800.

Почти все нарушения располагаются за пределами контуров балансовых запасов, поэтому на сплошность рудных тел не влияют.

Внутриблоковая трещинно-разрывная тектоника более мелкого масштаба представлена мелкими нарушениями и многочисленными тектоническими трещинами скалывания и отрыва. Нарушения имеют субмеридиональное простирание и крутые (70-80°) углы падения сместителей, по которым происходили незначительные смещения или смятие пород и жильных образований в пределах первых метров. Нарушения постоянно сопровождаются глинкой трения.

Трещины скалывания и отрыва по отношению к сланцеватости подразделяются на согласные и секущие. Преобладают трещины скалывания, которые имеют плавно-извилистый профиль, гладкие стенки, зеркала и борозды скольжения, иногда присутствует глинка трения. Трещины отрыва имеют извилистый профиль, мелкозазубренные очертания, шероховатые стенки, резкое выклинивание и кулисообразное расположение. Распределение трещин в пределах рудного поля неравномерное, их количество резко возрастает вблизи зон тектонических нарушений. В центральной части месторождения плотность трещин составляет 10-12 единиц на 1 м². Наибольшим распространением пользуются крутопадающие (63-88°) трещины отрыва с северо-западным (274-324°) и юго-восточным (123-148°) азимутом падения.

Кристаллизационная сланцеватость хорошо заметна макроскопически, а под микроскопом отчетливо проявляется по упорядоченному расположению скоплений слюдистых минералов, углистого вещества, однообразной

ориентировке удлиненных зерен породообразующего кварца и четко проявленным плоскостями послойного кливажа. Чем гуще скопления слюд и больше размеры зерен минералов, тем интенсивнее происходила перекристаллизация породы.

По результатам более чем 5000 замеров (Павлов, 1971 г.) азимут падения сланцеватости изменяется от 49° (рл. 15, породы кординской свиты) до 60° (рл. 54, породы горбилокской свиты), а угол падения от 65° (рл. 30, породы кординской свиты) до 75° (рл. 54, породы горбилокской свиты). В целом для рудного поля месторождения Эльдорадо среднее значение элементов залегания кристаллизационной сланцеватости составляет: азимут падения - 50° угол падения - 70°. На склонах северо-восточной и юго-западной экспозиций часто наблюдается ее заворот вниз по склону. На глубине 1,5-2,0 м опрокинутое залегание сменяется на вертикальное, а затем и нормальное северо-восточное падение. Местные отклонения ориентировки сланцеватости наблюдаются также и в зонах тектонических нарушений, ориентированных под углом к сланцеватости. Вблизи зон тектонических нарушений Южное, Раздельное, Константское и ряда других ориентировка сланцеватости кристаллических сланцев отклоняется от обычных значений на 10-30° в соответствии с ориентировкой смесителей.

Первичная слоистость, по мнению Ю.Н. Павлова (1971 г.), из-за интенсивно проявленных процессов метаморфизма и кристаллизационной сланцеватости не прослеживается. Редкие наблюдения проблематичной слоистости свидетельствуют о согласном залегании в плане слоистости и сланцеватости при более крутом и даже противоположном углах падения последней.

Складчатые структуры

Рудное поле месторождения располагается на северо-восточном крыле Успенско-Ольгинской антиклинали. Ось складки ориентирована в северо-западном направлении по азимуту 325°. В ядре антиклинали обнажаются породы кординской свиты, крыло сложено крутопадающими (60-80°) отложениями горбилокской свиты и нижней части удерейской свиты.

Наряду с крупными складками вмещающие сланцы характеризуются развитием многочисленной мелкой складчатости, осложненной плойчатостью и рассланцовкой. Наиболее интенсивно они развиты в замковых частях крупных складок. Складки различных порядков, как правило, однотипны. Они, обычно, асимметричны, опрокинуты на юго-запад, одно крыло длиннее другого. Оси складок, большей частью, погружаются на северо-запад под углами 15-20°. Горизонтальные, либо пологие углы падения пород редки. Даже в замковых частях крупных складок, благодаря более мелкой складчатости, наблюдаются крутые углы падения.

В целом, рудовмещающие породы месторождения, представленные кристаллическими сланцами, и локализующиеся в них кварцево-жильные зоны имеют выдержанное северо-восточное падение под углом 65-80° и согласное с общим направлением структур региона простирание (315-325°).

Положение месторождения в зоне действия разрывных и складчатых структур (Ишимбинский разлом, Успенско-Ольгинская антиклиналь), наличие линейно-вытянутых зон интенсивного смятия и рассланцевания пород создали благоприятные условия для проникновения рудоносных растворов и формирования кварцевых жил и зон.

Кварцево-жильные зоны

На площади месторождения возникли четыре субпараллельные линейные полосы интенсивной трещиноватости, в которых сформировались четыре кварцево-жильные зоны, различные по длине, мощности и степени насыщенности кварцевыми жилами. Четких геологических границ жильные зоны не имеют, а оконтуриваются по окончанию кварцевого прожилкования в горных выработках.

При общей площади месторождения 7200 тыс.м² площадь жильных зон - участки с повышенной концентрацией кварцевых жил и содержанием золота 1-2 г/т, составляет 190 тыс.м² (2,5%), а площади рудных тел с промышленным оруденением достигают 13% площади рудных зон.

В строении и составе кварцево-жильных зон принимают участие кварцевые образования самой разнообразной морфологии и размеров (рис. 3.34). Среди них выделяют:

- единичные жилы протяженностью по простиранию и падению до первых сотен метров при средней мощности 0,8-1,0 м;
- четковидные жилы с пережимами до нескольких миллиметров и раздувами до 2,0 х 2,0 м;
- мелкие линзы, размеры которых не превышают первые метры;
- мелкие прожилки (0,1-1,0 см) с прямолинейными и птигматоидными формами.

На месторождении выделяется четыре кварцево-жильных зон (табл. 3.17).

Первая жильная зона является наиболее крупной и изученной на месторождении. Ее длина по простиранию достигает 2650 м на поверхности и 2530 м на горизонтах +660 и +680 м. Мощность зоны изменяется от 10 до 30 м. Азимут простирания зоны 315-325°, падение северо-восточное под углом 70-75° (рис. 3.34, 3.35).

Жильная зона разведана между линиями 6 и 38, на поверхности - канавами, на горизонтах +680 и +660 м штольнями 1,5,6,8 и квершлагами из них, ниже горизонта подземных горных выработок до глубины 360 м (горизонт +360 м) - скважинами.

На северо-западном фланге, за нарушением Константским, и юго-восточном фланге перед нарушением Южным, жильная зона, практически, выклинивается и переходит в единичные короткие маломощные безрудные кварцевые жилы.

Насыщенность зоны кварцевыми образованиями различная. При мощности жил от 0,05 м до 2,0 м (средняя 0,35 м) их количество изменяется в сечениях выработок от 14 до 26, иногда достигая 40 штук.

На горизонте - 360 м мощность зоны и коэффициент кварценосности увеличиваются по сравнению с поверхностью в 2 раза (табл. 3.18), а содержание золота по трем рудным телам, разведанным тяжелыми горными выработками, с глубиной несколько снижаются (табл. 3.19).

В жильной зоне выделено 22 рудных тела, для которых является характерным согласное залегание с вмещающими породами; линейно-вытянутая, слегка волнистая форма в плане; сложное внутренне строение, обусловленное различными морфологическими формами кварцевых жил и линз; наличие богатых и бедных участков оруденения; невыдержанность мощностей по простиранию и падению; наличие раздувов и пережимов; однородный минералогический состав руд при неравномерном распределении золотой и сульфидной минерализации.

Рудные тела 1 и 2 располагаются в северо-западной и центральной частях зоны между рудоконтролирующими Константским и Раздельным нарушениями. В лежачих и висячих боках этих основных рудных тел выделяются теласпутники 4,8-11,13-16 незначительной протяженности по простиранию и падению.

Рудное тело 3 выделено в юго-восточной части зоны в Центральном тектоническом блоке и прослежено от нару-

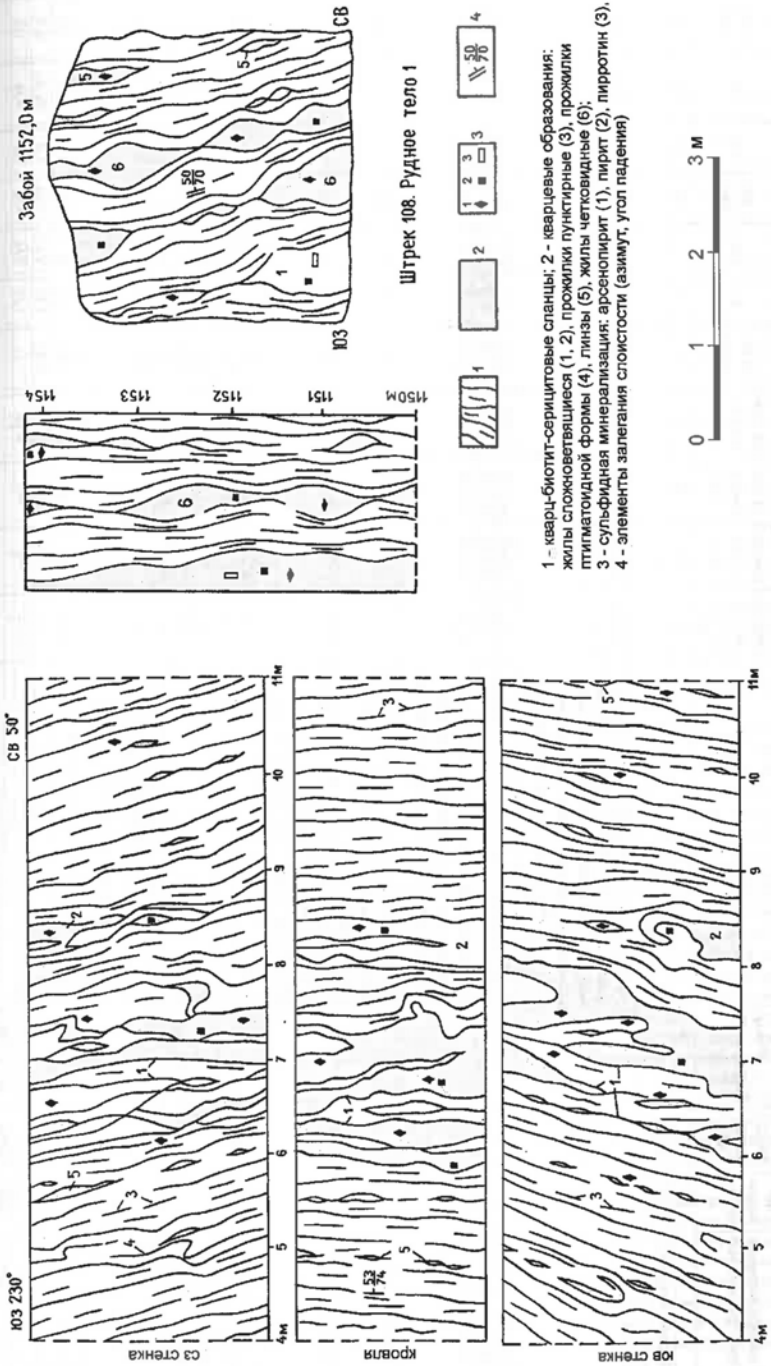


Рис. 3.34. Морфология кварцевых образований месторождения Эльдорадо

Характеристика жильных зон и рудных тел месторождения Эльдорадо

Таблица 3.17

Рудовмещающие структуры (зоны)			Количество рудных тел		Характеристика морфологии рудных тел	Удельный вес в общих запасах месторождения,	Параметры рудных тел									
							Элементы залегания, град		Протяженность, м		Мощность, м			Содержание, г/т (без К попр)		
Номера жильных зон и рудных тел	Протяженность, м	Мощность, м	Всего	Ведущих			Азимут падения	Угол падения	По простиранию	По падению	от	до	Средняя	От	До	Средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Первая жильная зона	2650	10-150	17	3												
Рудное тело 1					Четковидные, часто ветвящиеся кварцевые жилы с раздувами и пережимами длиной до сотни метров, с мелкими линзообразными жилами длиной до первых метров, с линзами и прожилками кварца, с прослоями пустых пород	41,8	45-50	65,75	1380	325	1,0	27,7	11,7	0,9	24,9	3,0
Рудное тело 2					То же	25,0	45-49	68-72	1100	340	0,2	27,1	9,8	1,0	19,2	2,6
Рудное тело 3					То же	17,4	47-50	70-72	540	330	1,0	23,7	11,7	1,4	21,5	3,4
Рудное тело 4					Линзообразные жилы с раздувами и пережимами длиной до первого десятка метров, линзы и прожилки кварца, прослои пород	0,8	45-48	68-70	310	25	1,1	10,1	4,8	0,8	7,2	2,2
Рудное тело 7					Четковидные и линзообразные кварцевые жилы, линзы и прожилки кварца, прослои пустых пород	2,3	50-55	72-75	270	185	1,5	8,5	5,4	1,0	12,3	3,2
Рудное тело 8					Линзовидные кварцевые жилы с раздувами и пережимами, с линзами и прожилками кварца, с прослоями пустых пород	0,1	47-49	69-71	105	30	1,0	5,3	2,4	1,1	9,7	2,7
Рудное тело 9					То же	0,1	48	70	90	30	0,8	4,6	2,6	1,5	20,3	3,3
Рудное тело 10					То же	0,1	45-48	69-71	110	25	0,6	10,4	3,3	1,0	6,4	1,8
Рудное тело 11					То же	0,3	47-50	70-72	190	140	0,8	12,5	3,9	1,1	9,0	2,4
Рудное тело 13					То же	0,3	48	71	105	30	1,6	10,5	3,7	2,0	7,0	2,4
Рудное тело 14					То же	2,8	47	70	225	215	0,2	9,3	4,0	1,0	52,2	2,8
Рудное тело 15					То же	1,8	45-47	69-71	430	350	0,2	14,6	5,1	0,2	9,5	2,6
Рудное тело 16					Короткие (1-5 м) линзовидные кварцевые жилы, линзы, прожилки кварца (преобладают), прослои пустых пород	0,4	50	73	90	60	2,2	11,0	5,2	2,1	12,7	4,6
Рудное тело 17					То же	0,2	49	70	110	90	1,0	8,9	3,2	1,1	7,6	4,0
Рудное тело 18					То же	2,2	50	68	215	190	1,0	16,1	8,0	1,1	4,9	2,0
Рудное тело 19					То же	1,4	52	73	120	95	1,0	9,0	4,6	1,2	39,8	3,5
Рудное тело 20					То же	0,2	50	68	213		1,0	9,0	4,6	1,0	4,0	1,8
Вторая жильная зона	1500	10-60	4	Нет												

Окончание таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Рудное тело 5					Короткие (до 10 м) линзовидные, ветвящиеся кварцевые жилы с раздувами до 2,5 м, линзы, прожилки кварца, прослои пустых пород	0,3	50	70-72	120	155	0,2	23,6	5,6	1,0	115,8	3,7
Рудное тело 12					То же	1,5	51	69	160	140	1,0	21,0	6,4	1,3	22,7	5,8
Рудное тело 21					Короткие (1-3 м) линзовидные кварцевые жилы, кварцевые линзы, прожилки, прослои пустых пород	0,2	50	70	130	15	1,0	9,2	4,6	1,0	6,0	3,5
Рудное тело 22					То же	0,8	50	70--72	190	60	0,3	4,2	3,1	1,0	415,9	5,4
Третья жильная зона:	1450		нет	-												
Северо-западная подзона	750	До 13 м	-	-	От двух до четырех линзовидных кварцевых жил длинной 1-3 м мощностью 0,04-1,0 м в сочетании с линзами, прожилками кварца и пустыми прослоями пород	-	55	68-72	-	-	-	-	-	-	-	Сп.
Центральная подзона	350	До 15 м	-	-	Одна сложно ветвящаяся кварцевая жила мощностью 0,2-1,2 м в сочетании с кварцевыми линзами, прожилками и прослоями пустых пород	Р	50	68-70	-	-	-	-	-	-	912,8 по кварцу	40,5 по кварцу
Юго-восточная подзона	350	До 10 м	-	-	Одна прерывистая кварцевая линзовидная жила с прослоями пустых пород	Р	53	70	-	-	-	-	-	-	-	8,3 по кварцу
Четвертая жильная зона	1270	10-50	1	Нет												
Рудное тело 6					Линзовидные кварцевые жилы протяженностью 10-30 м и мощностью в раздувах до 2,0 м, линзы и прожилки кварца, прослои пустых пород	Р	50-55	68-70	250	100	0,4	15,1	3,9	1,6	32,1	4,3

шения Раздельное до нарушения Южное. Вблизи последнего уровень золотоносности падает и через серию мелких рудных тел-спутников (19, 20) постепенно затухает.

Вторая жильная зона располагается в 210 м северо-восточнее Первой на площади Северо-Западного и Центрального тектонических блоков. По поверхности прослежена на расстояние 1500 м от Рп. 20 до Рп. 39. Мощность зоны изменяется от 10,0 до 60,0 м. Сложена короткими (до 10 м) кварцевыми жилами линзовидной либо сложновётвящейся формы с раздувами до 2,5 м м, быстро выклинивающимися по простиранию и падению. Степень насыщенности зоны кварцевыми жилами и прожилками неравномерная. Промышленное оруденение локализуется в юго-восточной части зоны, где по результатам опробования выделено 4 рудных тела - 5, 12, 21 и 22.

Третья жильная зона находится в 300 м к северо-востоку от Второй жильной зоны и прослежена на поверхности на 1450 м от нарушения Раздельного до нарушения Южного. Мощность зоны не превышает 15 м. Представлена прерывистыми кварцевыми жилами в сочетании с коротки ми линзами и маломощными прожилками. По морфологии и насыщенности кварцевыми образованиями выделяются три подзоны: Северо-Западная, Центральная и Юго-Восточная. Первая располагается в пределах Северо-Восточного тектонического блока, вторая и третья - Центрального. Наиболее протяженная Северо-Западная подзона (730 м) является, практически, безрудной. В Юго-Восточной подзоне в отдельных пробах по кварцу содержания золота достигают 8,3 г/т. Наиболее продуктивной является Центральная подзона, где в период эксплуатации месторождения основная кварцевая жила выработана карьером длиной 150 м на глубину 10 м и шахтой до глубины 47 м. Получено 234,5 кг металла при среднем его содержании по кварцу 35,8 г/т и максимальном - 912,8 г/т.

Четвертая рудная зона расположена в 750 м северо-восточнее третьей в пределах Юго-Западного тектонического блока. Длина по простиранию от вершины руч. Конного до руч. Дачного составляет 1150 м. В пределах северо-западной части зоны, средняя мощность которой составляет 52,8 м с содержанием 1,6 г/т золота, выделяется рудное тело 6 длиной 250 м мощностью 3,9 м с содержанием 4,3 г/т.

Характеристика рудных тел

Всего на месторождении выделено 22 рудных тела различных по протяженности, мощности и золотоносности. Сведения о них приведены в таблице 3.17 и при описании кварцево-жильных зон. Ниже подробнее рассмотрим 3 наиболее крупных рудных тела (№№ 1, 2, 3), в которых сосредо-

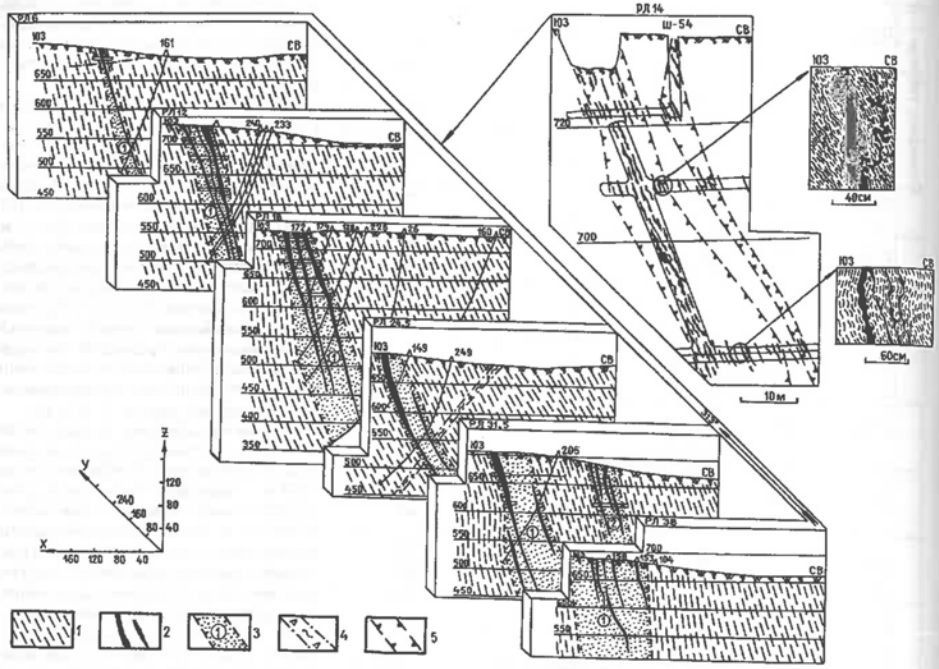


Рис. 3.35. Блок-диаграммы поперечных разрезов месторождения Эльдорадо

1 - сланцы; 2 - рудные тела (на разрезах) и кварцевые жилы (на врезках); 3 - кварцево-жильные зоны и их номера; 4 - зоны дробления; 5 - контуры рудных тел (на врезках)

Таблица 3.18

Изменение с глубиной мощности и коэффициента кварценосности Первой жильной зоны

№ п/п	Горизонт	Мощность зоны, м	Коэффициент кварценосности, %
1	Поверхность	28,6	6
2	-60 м	38,4	6
3	-120 м	19,2	12
4	-180 м	32,2	6
5	-240 м	48,0	5
6	-300 м	56,8	7
7	-360 м	62,5	10

Таблица 3.19

Изменение содержаний металла с глубиной Первой жильной зоны

Горизонт	Содержание золота в кварце, г/т		
	Рудное тело 1	Рудное тело 2	Рудное тело 3
Поверхность	20,3	21,7	9,3
- 60 м	8,7	29,4	4,9
- 120 м	12,4	9,9	7,4

точено 84,2% всех запасов месторождения (табл. 3.20).

Рудное тело 1 приурочено к центральной подзоне Первой жильной зоны. По поверхности оно прослежено 75 канавами и 5 шурфами на расстояние 1400 м от р.л.6 до р.л. 23,5, на горизонте - 60 м изучено 28 квершлагами из штолен 5 и 1 на расстояние 1030 м. Ниже горизонта горных работ рудное тело 1 подсечено колонковыми скважинами по редкой сети.

Пространственная ориентировка рудного тела 1 аналогична таковой, в целом, Первой жильной зоны: азимут падения 40-50°, угол падения 65-75°. Форма в плане и разрезе на всех горизонтах - линейно-вытянутая. Мощность рудного тела изменяется от 1,4 до 27,7 м, в среднем, составляя 11,7 м. Максимальных своих значений она достигает на поверхности и горизонте -60 м между разведочными линиями 10 и 16. По падению рудное тело прослежено на глубину 325 м. Признаков выклинивания, либо уменьшения содержаний металла с глубиной не установлено (рис. 3.36, 3.37).

Распределение золота в рудном теле неравномерное и зависит от количества кварца, удаления рудного тела от тектонических нарушений и интенсивности гидротермально-метасоматических процессов. Средний коэффициент вариации содержаний, подсчитанный по 1286 пробам, составляет 226%.

Рудное тело 2 приурочено к лежачему боку первой жильной зоны. Имеет протяженность по простиранию 1100 м, по падению 340 м, среднюю мощность 9,8 м и среднее содержание 2,6 г/т. На поверхности прослежено 49 канавами от р.л.12 до р.л. 25, на горизонте -60 м оконтурено 16 квершлагами из штолен 5 и 1, на горизонте -120 м изучено 30 квершлагами и ниже горизонта горных выработок подсечено 6 скважинами колонкового бурения.

Морфология и пространственная ориентировка аналогичны таковым рудного тела 1 и Первой рудной зоны, в целом: азимут падения 40-50°, угол падения 65-75°.

Распределение золота в р.т. 2 неравномерное, по

Таблица 3.20

Параметры ведущих рудных тел Первой рудной зоны

Горизонты прослеживания	Протяженность, м	Мощность, м			Содержание, г/т			Разведано выработками
		От	До	Средняя	От	До	Среднее	
Рудное тело 1								
Поверхность	1408	1,0	27,7	9,5	0,9	24,9	4,1	75 канав, 5 шурфов
Горизонт +680 м	1408	2,4	26,6	10,1	1,4	19,5	2,9	28 квершлагов
Горизонт +620 м	1340	1,0	25,3	12,2	1,4	7,5	2,8	35 квершлагов
Горизонт +560 м	1250	1,0	19,3	6,4	1,8	16,9	2,9	15 скважин
Рудное тело 2								
Поверхность	1210	0,2	27,1	8,7	1,4	19,2	3,0	49 канав, 9 шурфов
Горизонт +680 м	920	1,7	23,0	10,3	1,4	8,3	2,6	16 квершлагов
Горизонт +620 м	1150	1,0	27,0	7,1	1,0	4,6	2,5	30 квершлагов
Горизонт +560 м	1150	1,0	17,3	3,9	1,6	11,0	2,8	6 скважин
Рудное тело 3	515	4,1	17,5	12,4	1,9	21,5	3,9	26 канав
Поверхность								
Горизонт +680 м	635	2,1	23,7	13,4	1,5	7,0	3,4	21 квершлаг
Горизонт +620 м	640	1,0	22,9	10,8	1,4	5,0	3,4	21 квершлаг
Горизонт +560 м	640	1,0	11,6	3,2	2,1	6,4	4,1	8 скважин

рудным пересечениям изменяется от 1,0 до 19,2 г/т, коэффициент вариации содержаний (по 573 пробам) составляет 309%.

Рудное тело 3 приурочено к лежачему боку рудной зоны и прослежено от Раздельного нарушения до р.л. 34. Длина по простиранию 540 м, длина по падению 330 м, средняя мощность 11,7 м, среднее содержание 3,4 г/т. С поверхности вскрыто 26 канавами, на горизонте -60 м разведано 21 квершлагом из штрека 106 штольни 8, на горизонте 120 м оконтурено 21 сечением квершлагов из штрека 105 штольни 6.

В плане рудное тело имеет линзовидную форму с раздувом в центральной части (р.л. 29-30) как на поверхности, так и на глубине. В целом для рудного тела 3 характерным является постепенное уменьшение его мощности в юго-восточном направлении до 3,3 м, более высокий коэффициент кварценосности по сравнению с другими рудными телами, увеличение его с глубиной и, относительно равномерное, по сравнению с рудными телами 1, 2, распределение золота. Коэффициент вариации содержаний (по 455 пробам) составляет 148%.

Метаморфогенно-метасоматические изменения

Метаморфогенно-метасоматические изменения пород проявлены только в пределах кварцево-жильных зон и при более ранних исследованиях они назывались околорудными. Наиболее характерными изменениями являются окварцевание, биотитизация, хлоритизация, серицитизация, полевошпатизация, сульфидизация, турмалинизация и графитизация. Развивались только те процессы, минералы которых входили в состав вмещающих пород. Привнос чуждых компонентов со стороны, как правило, не происходил.

По мнению А.М. Сазонова (1979 г.) процессы изменения пород развивались синхронно рудообразованию и происходили в два основных этапа - ранний, отвечающий этапу прогрессивного метаморфизма, (раннее окварцевание, биотитизация, серицитизация, амфиболитизация, полевошпатизация, турмалинизация, графитизация) и поздний, связанный с регрессивным метаморфизмом (позднее окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, поздняя серицитизация и сульфидизация).

Окварцевание является наиболее распространенным процессом изменения вмещающих пород. Оно выражается в обильном развитии гранобластического кварца в сланцах, в связи с чем они приобретают светло-серую окраску и полосчатую структуру в случае послойного окварцевания. При более интенсивном проявлении окварцевания образуются роговики (кв. 61; шт. 5; шт. 8; к. 1044). На контактах кварцевых жил и линз со сланцами в последних образуется оторочка интенсивно окварцованных сланцев. Мощность таких оторочек находится в прямой зависимости от мощности жил и колеблется в пределах 0,5-2,5 см.

При более интенсивном замещении кварцем происходит образование отдельных жильных тел, содержащих остатки листообразных включений вмещающих пород.

Биотитизация чаще наблюдается в зальбандах наиболее ранних кварцевых жил в виде биотитовых оторочек мощностью 5-10 см темно-бурого цвета, сланцеватых. Мощность оторочек и величина чешуек биотита увеличиваются по мере приближения к кварцевым жилам. Непосредственно на контакте встречаются листы биотита размером до 3-5 см. Здесь же часто присутствуют кварц, серицит, альбит и гранат.

Хлоритизация вмещающих пород проявлена двояко: в виде обогащенных хлоритом полос, ориентированных согласно сланцеватости, и в виде прожилков, сложенных сферическими агрегатами. Размер зерен с приближением к зальбандам жил увеличивается до 3-4 мм, а порода приобретает, практически, мономинеральный состав, сланцеватость и плойчатость.

Серицитизация проявляется в виде повышения содержания серицита в составе пород (иногда до 90%) по мере приближения к кварцево-жильным телам. Наиболее серицитизированные породы развиты не далее 1,0 м от жил, при этом они имеют серую, светло-серую окраску, шелковистый блеск, сланцеватую и тонкоплойчатую текстуру. В интервале 7-15 м от зальбандов жил процесс серицитизации, практически, затухает.

Полевошпатизация развита сравнительно широко как в виде отдельных зерен альбита и микроклинизированного ортоклаза среди кварцево-слюдистого агрегата, так и в виде прожилков ортоклаза по сланцеватости. Встречаются мелкие линзы пород, сложенные существенно альбитом, сильно загрязненным серицитовым агрегатом. Такие породы имеют серый цвет и массивную текстуру. Наиболее интенсивно полевошпатизация проявлена в рудном теле 2 (шт. 5, кв.79).

Турмалинизация пород широко проявляется в пределах кварцево-жильных зон, где содержание турмалина в 2-3 раза выше, чем во вмещающих породах. Образует хорошо ограненные длиннопризматические кристаллы, иног-

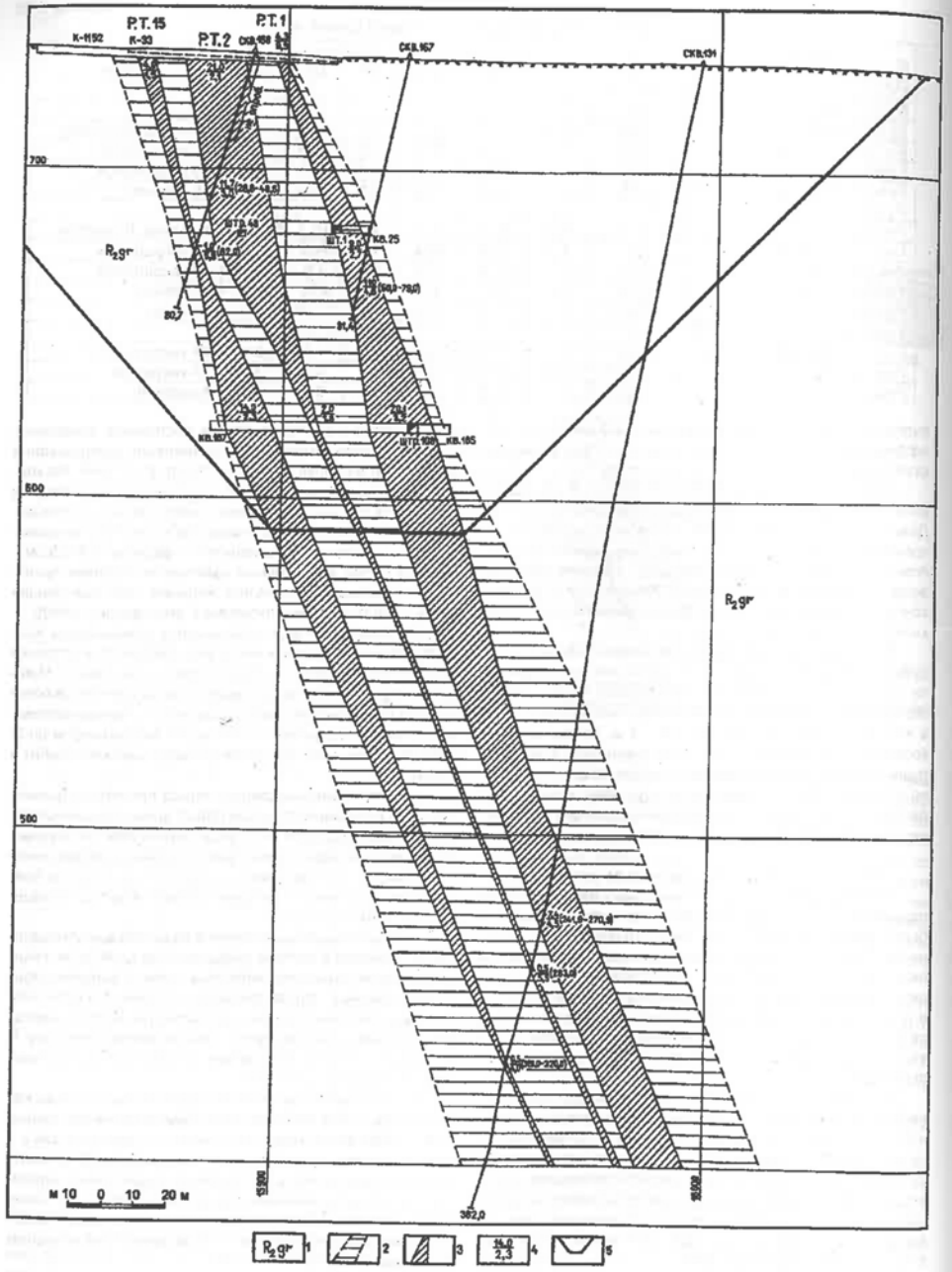


Рис. 3.36. Геологический разрез по РЛ 16.5

1 - средний рифей. Горбилокская свита. Сланцы кварц-биотит-серицитовые, иногда гранатсодержащие; 2 - кварцево-жильная зона; 3 - рудные тела по данным опробования; 4 - результаты опробования - в числителе длина интервала в м, в знаменателе - среднее содержание золота в г/т; 5 - контур карьера.

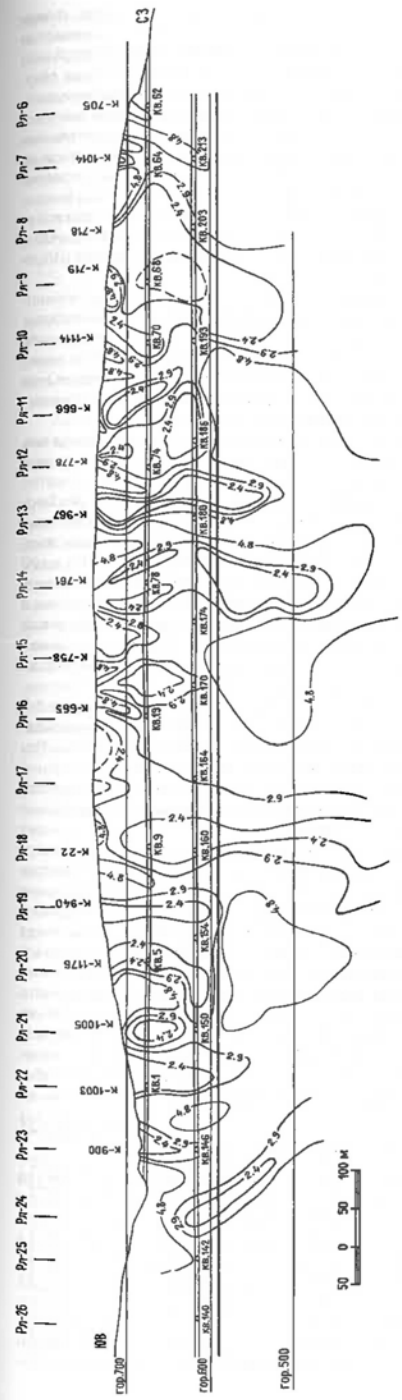


Рис. 3.37. Распределение золота в рудном теле 1 г/т (по В.С. Гонтарю и др., 1983 г.)

да широкие призмы с включениями кварца и слюды. При увеличении содержания турмалина в породе увеличиваются размеры его кристаллов. Расположение зерен минерала подчинено сланцеватости породы.

Карбонатизация вмещающих пород развита на участках проявления карбонатных жил и прожилков. Карбонатизированные породы представлены хлорит-кварцевыми породами с широким развитием тонких карбонатных прожилков, гнезд и отдельных порфиробластов карбонатов и развиваются не далее 2-3 м от наиболее мощных жил карбонатов. Во вмещающих породах состав карбонатов характеризуется более высокими содержаниями железа и магния по сравнению с карбонатами из жил.

Сульфидизация образует вкрапленники, линзы, прожилки пирротина и арсенопирита. Пирротин обычно представлен прожилками от нитевидных до 1,5 см, реже гнездами, либо вкрапленностью. Размер зерен пирротина от пылеватых до 1-3 мм. Очень редко встречаются желваки пород, обогащенных пирротином до 50-70%. Размер таких желваков достигает 10-15 см в диаметре. В отличие от арсенопирита пирротин, особенно его ранние генерации, наблюдается и за пределами рудных зон и тел во вмещающих породах

Вкрапленность арсенопирита более локальна, тяготеет к участкам развития кварцевых жил, где кристаллы имеют уплощенную форму, ориентированную длинной осью по сланцеватости. В крупных кристаллах арсенопирита отмечаются включения пирротина и золота.

Вещественный состав и технологические свойства руд

Вещественный состав руд

На месторождении Эльдорадо рудой является материал, состоящий из кварцево-жильных малосульфидных образований и вмещающих их гидротермально-измененных сланцев с золотым оруденением в количествах, отвечающих промышленным требованиям.

Минералогический состав руд по данным изучения трех технологических проб в лаборатории ИРГИРЕДМЕТа : кварц - от 35,0 до 56% (среднее 48,7%), слюдисто-глинистые минералы и полевые шпаты - от 39,5 до 60,0% (среднее 47,4%), карбонаты (кальцит, анкерит) - от 1,1 до 2,0% (среднее 1,6%); акцессорные минералы (апатит, флюорит, барит, циркон, турмалин, гранат, ильменит) - редкие зерна. Рудные минералы представлены арсенопиритом от 0,4 до 1,9% (в среднем 1,2%), пирротином от 0,1 до 1,2% (в среднем 0,8%), пиритом от 0,1 до 0,7% (в среднем 0,3%)и редкими зернами халькопирита, галенита, сфалерита, блеклых руд, галенита.

К в а р ц образует жильные зоны, состоящие из отдельных жил, разномасштабных прожилково-жильных, линзовидных, гнездо- и седлообразных тел. Характеризуется массивным сложением и содержит вкрапленность, гнездово-прожилковые включения сульфидов, ксенолиты сланцев. Выделяется четыре генерации жильного кварца, которые могут образовывать самостоятельные жильные тела (Ильенок и др., 1971 г.; Сазонов, 1979 г.; Гонтарь и др., 1983 г.). Жильные тела первых трех генераций кварца согласны или почти согласны общей сланцеватости пород, а четвертая генерация выполняет трещины, секущие сланцеватость и тела первых трех стадий.

Кварц первой генерации связан с начальным этапом развития зон смятия. Образует отдельные протяженные жилы мощностью до 5,2 м, распределенные относительно равномерно по площади рудного поля. Представлен молочно-белыми и дымчатыми крупнозернистыми до сливного полупрозрачными разновидностями с редкими включениями полевых шпатов и биотита. Угасание зерен облачное, пористое, лоскутное. Температура образования 550-840° (Ильенок и др., 1971 г.). Химический состав водных вытяжек кварцев и

некоторых других минералов приведен в таблице 3.21.

Кварц второй генерации слагает более мелкие линзовидные, четковидные, простые и неправильные тела в составе жильных зон. Средняя мощность этих жил составляет по Первой, Второй, Третьей и Четвертой жильной зонам соответственно 0,19; 0,33; 0,32 и 0,37 м. Выделяется несколько разновидностей кварца этой генерации. Общей их чертой является равномерное средне- и крупнозернистое строение, шероховатый неровный излом, массивное и плотное сложение. Кварц обычно содержит сыпь микроскопических включений графита в межзерновых пространствах, а также пойкилобластические включения слюд, турмалина, кварца и других минералов, характерных для вмещающих пород. Цвет белый или серый, а при увеличении количества реликтов сланцев и графитоподобного вещества приобретает темно-серую или пятнистую окраски. В ассоциации с кварцем-II отмечаются биотит, гранат, олигоклаз-антипертит, апатит, ильменит, анатаз, касситерит, сульфиды и золото, которые концентрируются в виде полосообразных и гнездообразных скоплений, тяготеющих к зальбандам жил. Максимальная температура гомогенезации первичных включений составляет 500-640° С, вторичных - 40-140°С. С кварцем этой генерации связано основное количество золота на месторождении.

Кварц третьей генерации выполняет, как правило, одиночные секущие жилы четковидной формы мощностью до 0,2 м. Кварц-III имеет полупрозрачную до белой окраску и гигантозернистое массивное строение. В приконтактовых со сланцами частях приобретает дымчатую или черную окраску. Сопутствующими минералами являются полевой шпат, биотит, гранат, апатит, турмалин, актинолит. Температура образования кварца составляет 490-540° С.

Кварц четвертой генерации часто в виде нитевидных маломощных прожилков сечет кварцевые образования перечисленных генераций. Они имеют северо-восточное простирание и секущее положение по отношению к сланцеватости. По внешнему виду кварц белый полупрозрачный, под микроскопом чистый. Встречается в ассоциации с хлоритом, мусковитом, альбитом, турмалином, карбонатами, сульфидами, золотом. Гомогенезация большинства газовых первичных включений происходит при температуре 340-390° С, вторичных включений - 40-90°С. Вследствие незначительного распространения практического значения это кварц не имеет.

Схожее представление о разновидностях кварца имеет и Л.В. Ли (1970 г.). По его мнению, наиболее ранним является молочно-белый, крупнозернистый со стеклянным блеском кварц, слагающий, обычно, мощные, но всегда безрудные жилы. Затем, по времени образования следует белый, серовато-белый полупрозрачный сливной слабозолотоносный кварц. Обе разновидности пользуются незначительной распространенностью. Главная масса жильного выполнения представлена серым до темно-серого, голубоватым, средне- и мелкозернистым полупрозрачным кварцем со стеклянным до жирного блеском. С ним связано основное количество золота. Наконец, четвертая разновидность - прозрачный, тонкозернистый, в постоянной ассоциации с кальцитом он слагает тонкие прожилки, секущие как жилы ранних кварцев, так и вмещающие породы.

Слюдисто-глинистые минералы представлены мусковитом и хлоритом. Мусковит встречен как в виде мелких чешуек, так и в виде сравнительно крупных кристаллов до 2-3 см в поперечнике. Макроскопически мусковит прозрачен с ржаво-бурым или зеленоватым оттенком, под микроскопом прозрачен с сильно выраженным эффектом псевдоабсорбции. Оптические свойства минерала отвечают мусковиту, содержащему до 17% ферримусковита (Ильенок и др., 1971 г.).

Хлорит совместно с мусковитом сопровождает прожилки ортоклаза, альбита и кварца-IV, либо образует небольшие самостоятельные гнезда в зальбандах жил кварца-IV и участков развития карбонатов. Макроскопически имеет зеленую, изумрудно-зеленую окраску. Размеры чешуек редко превышают 0,5 см. Рентгеноструктурный анализ указывает на его железо-магнезиальную разновидность.

Полевые шпаты в рудных телах распространены широко. По составу и облику выделяются олигоклаз-антипертит, альбит и ортоклаз.

Олигоклаз-антипертит имеется двух генераций. Первая генерация зеленой окраски слагает либо самостоятельные линзы, либо раздувы и пережимы кварцевых жил, области их выклинивания. Размеры зерен от 0,5-1,0 до 20 мм. Ассоциирует с биотитом и гранатом. Вторая разновидность имеет белую окраску и ассоциирует с минералами 3 стадии минерализации. Образует гнезда в зальбандовых частях, либо области выклинивания жил и представлен крупнотаблитчатыми агрегатами с включениями кварца. Размеры табличек достигают 20 мм.

Альбит образует прожилки мощностью не более 3-5 см, ассоциирует с минералами пятой стадии минерализации. Окраска минерала бледно-розовая, реже белая. Оптические свойства указывают на альбит № 5.

Ортоклаз слагает очень тонкие прожилки, секущие все без исключения жильные тела. Образует эвгедральные зерна, заметно пелитизирован.

Карбонаты представлены кальцитом, сидеритом и анкеритом, которые обычно совместно образуют самостоятельные жилки, системы жил и прожилков, тяготеющих в большинстве случаев к нарушениям северо-восточного простирания. В карбонате в виде примазок, реже гнезд встречаются пирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, эпидот, гранат. Наиболее распространенным минералом среди карбонатов является кальцит, который часто образует самостоятельные прожилки. Его химический состав: CaO - 55,0%; FeO - 0,18%; MnO - 0,70%; CO_2 - 43,8%.

Сидерит часто наблюдается с кальцитом, реже кварцем и пиритом. Его кристаллы имеют пластинчатый габитус и желтовато-белую окраску. Анкерит является минералом переменного состава, обычно беден железом, имеет белую или серую окраску.

Таблица 3.21

Химический состав водных вытяжек из кварца месторождения Эльдорадо

Минерал (кол-во анализов)	Na+	K+	Mg+	Ca++	F-	Cl-	HCO_3	SO_4	pH
Кварц-I (6)	11,2	3,6	-	2,5	0,13	22,6	22,0	4,0	7,3
Кварц-II (6)	6,0	3,0			0,15	8,5	20,0	6,0	6,7
Арсенопирит (1)	н/оп	н/о	1,6	2,6	н/оп	2,0		2,3	4,2
Кварц-III (4)	8,4	3,2		4,0	0,2	13,4	20,3	4,2	7,2
Кварц-IV (2)	6,0	2,2	2,3	6,0	0,1	13,2	15,0	5,0	6,7
Сидерит (1)	9,5	3,7		3,0	н/оп		60,0	4,0	8,4
Пирротин (1)	4,5	6,2	1,0	8,0	н/оп	1,0		50,0	4,3
Сфалерит (1)	6,5	7,0	18,0	70,0	н/оп		10,0	50,0	4,8

Примечание: анализы выполнены в лаборатории Томского политехнического института, методом тройных и двойных вытяжек. Содержание ионов в мг/k.

Гранат широко развит в жильных образованиях рудного поля. Его образование происходило во вторую, третью и четвертую стадии минерализации. Встречается в составе кварц-полевошпатовых, кальцитовых прожилков и в зальбандах кварцевых жил. Цвет от розового с сиреневым оттенком до темно-коричневого. Образует ромбоэдрические кристаллы размером 0,5 мм реже более крупные. Ассоциирует с арсенопиритом, биотитом. Химический состав гранатов из жильных образований близок составу гранатов из вмещающих пород: SiO_2 - 36,0-37,2%; Al_2O_3 - 19,4-20,6%; Fe_2O_3 - 2,3-2,5%; FeO - 17,5-28,2%; MnO - 7,%-13,5%; Mg - 0,55-1,57%; CaO - 3,6-15,0%.

Апатит постоянно присутствует в пегматоидных жилах совместно с гранатом, биотитом и полевыми шпатами. Образует микроскопические зернистые агрегаты, иногда хорошо сформированные кристаллы до 1-2 см в поперечнике. Окраска бледно-зеленая, иногда с желтыми пятнами. По оптическим свойствам апатит соответствует фторапатиту.

Арсенопирит является преобладающим сульфидом в кварце рудных тел, где он образует псевдопирамидальные кристаллы и скопления зерен. Наиболее часто он встречается в сланцах рудных зон в виде сыпи идиоморфных кристаллов или совместно с кварцем-III образует линзы мощностью до 0,4 м с содержанием арсенопирита до 80-90%. Размеры кристаллов, обычно, составляют 1-3 мм, но отдельные индивиды достигают 2 см в поперечнике. Образует тройники и двойники в форме ласточкиного хвоста. Кристаллы арсенопирита, обычно, содержат большое количество равномерно рассеянных включений вмещающих пород, что свидетельствует о метасоматическом его происхождении (Ли, 1970). Зерна, обычно, катаклазированы, а трещинки залечены альбитом, карбонатом, кварцем. Арсенопирит часто обнаруживает зональное строение, а включения пирротина и пирита ориентированы согласно зонам роста. Содержание золота в арсенопирите составляет 7-9 г/т, в нем отмечаются также кобальт, сурьма, иногда свинец.

Пирротин является вторым по распространенности рудным минералом. Выполняет короткие прожилки, линзочки, а также образует неправильные зерна и скопления, зерен на контакте сланцев и кварца. Размеры отдельных зерен не превышают 5 мм в поперечнике, длина прожилков - до 1,0 м. Ассоциирует с халькопиритом, пиритом (марказитом), иногда содержит включения золота размером до 0,016 мм. Содержание золота в пирротине составляет 1-3 г/т. Прожилково-вкрапленные проявления пирротина почти постоянно встречаются в сланцах рудных зон, и в отличие от арсенопирита, за их пределами во вмещающих породах. В пределах рудных зон линзочки пирротина достигают мощности 5 см. Ориентированы они по сланцеватости пород. Пирротин сильно подвержен вторичным изменениям. Наиболее охотно по нему развиваются марказит, мельниковит и гидроокислы железа.

Пирит (марказит) в количественном отношении в несколько раз уступает арсенопириту и пирротину. Наблюдается в виде отдельных зерен размером до 2-3 мм, прожилков и небольших гнезд до 1,0 см в поперечнике. Ассоциирует в кварце с арсенопиритом, в сланцах - с пирротином. Пирит отчетливо идиоморфен по отношению к минералам полиметаллической ассоциации. Зерна пирита дробленые и цементируются халькопиритом, сфалеритом, галенитом. В пирите устанавливается золото (3,7 г/т) и примеси меди, свинца, никеля кобальта, никеля, а также повышенные содержания (более 1,0%) мышьяка.

Сфалерит, галенит, халькопирит наблюдаются в незначительных количествах, встречаются часто вместе и в ассоциации с поздними пиритом и пирротином. Образуют включения и микроскопические прожилки в кальците, либо других сульфидах. В последнем случае являются результатом распада твердых растворов. С этими сульфидами часто отмечается видимое золото.

Блеклые руды, висмутин, самородный висмут встречаются в других сульфидах. Самостоятельные зерна весьма редки и малы по размерам.

Гематит является редким минералом, хотя и наиболее распространенным из группы окислов. Выполняет отдельные трещинки мощностью не более 2-3 мм, секущие сланцеватость. Под микроскопом выявляется тонкотаблитчатый, даже листоватый облик отдельных зерен, которые образуют вееороподобные агрегаты.

Золото на месторождении находится в самородной форме и связано, в основном, с кварцем второй генерации, в меньшей мере, с сульфидами. Видимое золото часто наблюдается в сером кварце-II, по трещинкам арсенопирита и в рыхлой массе скородита или пустотах его выщелачивания. Золото известно также во вмещающих сланцах как пылеватой, так и видимой размерности. В кварцевых жилах выделения золота тяготеют к зальбандам, пережимам, участкам выклинивания и расположены в трещинках, по плоскостям спайности, в межзерновых пространствах, на контакте сульфидов и сланцев, что определяет легкую его высвобождаемость при дроблении.

Выделяется две генерации золота. Первая связана с кварцем-II и ранними сульфидами (арсенопиритом, пиритом), вторая - с кварцем-IV и сульфидами полиметаллического ряда. Несмотря на частую пространственную связь золота и поздних сульфидов, генетическое родство между ними, по мнению Ю.Н. Павлова (1971 г.), отсутствует. Для золота-I характерны более мелкие размеры частиц, большая степень их деформированности, более равномерное распределение. Этим золотом представлены основные запасы металла на месторождении. У золота-II распределение более неравномерное, чаще отмечается видимое золото, но его запасы малы. Предполагается, что оно мобилизовано, переотложено и укрупнено. Следует отметить, что ,практически, на всех золоторудных месторождениях присутствуют две главные генерации золота. Первая образует тонкодисперсную вкрапленность и связана с ранними сульфидами (пирит, арсенопирит), а вторая - в виде более крупных выделений сопровождает позднюю сульфидную ассоциацию (Петровская, 1970). Размеры золотин изменяются от 0,008-0,02 мм в сланцах и сульфидах до 0,02-1,0 мм, иногда до 2,0 мм и более в кварце. Крупные золотины состоят из сростков более мелких зерен и имеют неправильную жилковидную, комковатую форму, среди мелкого золота преобладают пластинчатые, чешуйчатые частицы из трещинок и каплевидные из сульфидов. Цвет ярко-желтый, характерный для высокопробного золота. Внутреннее строение золотин однородное, включения и существенные примеси не установлены. Пробность золота изменяется от 790 до 928 (шт. 8, рт. 3), в среднем составляя по данным изучения валовых проб 875.

По химическому составу золото отличается сравнительной простотой (табл. 3.22). Основной примесью в золоте является серебро, содержание которого колеблется от 6,5 до 18,0%, а в целом по руде серебро рассеяно по сульфидам цветных металлов. Содержание в рудах не превышает 2,0 г/т и практического интереса не представляет.

Вредной примесью в руде является мышьяк. За весь период изучения месторождения на мышьяк проанализировано около 6000 проб, показавших среднее содержание его в руде 0,6%.

Таблица 3.22

Химический состав золота месторождения Эльдорадо (Петровская, 1954 г.)

Элементы	Проба 1	Проба 2
Золото	89,11	91,69
Серебро	9,81	7,28
Железо	0,10	0,15
Медь	0,17	0,37
Висмут	0,019	0,01
Свинец	0,033	0,110
Цинк	0,005	0,022
Селен	0,012	0,013
Теллур	н/опр	н/обн
Сера сульфидная	0,012	0,013
Сумма	99,25	99,65

Зона окисления

Гипергенные процессы на месторождении Эльдорадо развиты весьма ограниченно и зона окисления в общепринятом ее понимании, практически, отсутствует. Минералогическим анализом на поверхности в канавах из гипергенных минералов в рудах обнаружены только гидроокислы железа (до 0,1%), ковеллин и скородит - сотые и тысячные доли процента. Уже в шурфах (15-20 м от поверхности) отмечаются только налеты гидроокислов железа и, исключительно редко, окислов других элементов (мышьяка, меди).

Технологические исследования руд со всех разведочных горизонтов не устанавливают заметного влияния окислительных процессов на технологию обогащения руд и извлечение золота.

Геохимические особенности пород

Химический состав пород, слагающих рудное поле месторождения, характеризуется относительным постоянством (табл. 3.23). Резких колебаний в содержаниях основных породообразующих окислов нет. Содержания SiO_2 в сланцах изменяются от 61,7 до 65,4%, Al_2O_3 от 16,8 до 18,5%, FeO от 3,0 до 8,1%; Fe_2O_3 от 2,4 до 6,2%; CaO от 0,2 до 2,0%.

Породы кординской, горбилокской и удерейской свит, слагающие рудное поле месторождения, характеризуются присутствием сравнительно небольшого круга элементов-примесей с относительно низкими их содержаниями (табл. 3.24).

Породы удерейской свиты, которые являются наиболее молодыми, развиты восточнее месторождения и имеют повышенные содержания бария, стронция, иттрия, ванадия и пониженные свинца и цинка.

Сланцы рудовмещающей горбилокской свиты, по сравнению с породами уде рейской и кординской свит, имеют повышенные содержания свинца, меди, хрома, циркония и мышьяка. В этих же кристаллических сланцах из кварцево-жильных зон увеличиваются частота встречаемости и содержания мышьяка, бария, стронция, а также золота, но уменьшаются у кобальта, хрома, циркония, по сравнению с породами этой свиты, вдали от жильных зон.

Породы кординской свиты имеют, в основном, пониженные содержания всех элементов-примесей по сравнению с отложениями других свит. Исключением являются стронций и цирконий.

Золото. Регионально метаморфизованные породы за пределами месторождения, независимо от степени метаморфизма, характеризуются примерно, равными, и низкими содержаниями золота: 0,7-1,05 мг/т. В пределах внешней зоны рудного поля породы кординской и удерейской свит содержат золото от 5,13 до 9,05 мг/т. При этом, каких-либо преобразований рудного плана эти породы не претерпели.

Породы горбилокской свиты, вмещающие рудные зоны, характеризуются максимальным и весьма неравномерным содержанием металла - от первых единиц до 744 мг/т. Среднее содержание золота в кристаллических сланцах зоны хлорита - 8,5 мг/т, зоны биотита - 10,0, зоны граната - 19,5 мг/т. Увеличение степени локального динамотермального метаморфизма пород сопровождается увеличением содержания в них золота. Аналогичная закономерность проявляется и на регрессивном этапе метаморфизма. Чем интенсивнее воздействие регрессивного метаморфизма, тем более высокие в породе содержания золота (табл. 3.25).

Наиболее высокими содержаниями золота характеризуются кристаллические сланцы, вмещающие рудные тела. Среднее содержание на удалении от 1 до 20 м составляет 61,3 мг/т при колебаниях от 3,0 до 5600 мг/т. С удалением от жильных зон содержание и дисперсия золота в породах уменьшаются. Породы, отстающие от одиночных жил на 1-2 м, содержат золото до 15-40 мг/т, а на 4-10 м снижаются до 5-9 мг/т.

Часты случаи, когда золото-кварцевое оруденение не сопровождается вторичными и первичными ореолами золота. Это обусловлено крайне неравномерным его распределением и преобладанием крупных золотин над тонкодисперсным, что затрудняло его попадание в маленькую навеску геохимической пробы.

Таблица 3.23

Химический состав пород месторождения Эльдорадо, %

Компоненты / Порода	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	S	H_2O	CO_2	Fe_2O_3	п.п.п.	Сумма
Сланец биотит-серицит-кварцевый гранатсодержащий	61,68	0,78	17,77	8,13	0,21	1,95	2,23	3,66	2,08	0,38	0,011	0,76	0,05	6,22	1,69	99,96
Сланец биотит-мусковит-кварцевый гранатсодержащий	63,50	0,92	16,98	4,59	0,06	0,33	1,28	0,73	3,50	0,22	0,014	2,90	н. обн.	3,73	4,06	100,0
Сланец биотит-серицит-кварцевый	65,40	0,84	16,80	2,98	0,08	0,20	1,61	0,80	4,70	0,10	0,012	1,50	0,05	3,52	2,97	100,0
Сланец хлорит-биотит-кварцевый	63,04	0,98	18,48	4,18	0,08	0,33	1,79	0,95	4,70	0,082	0,015	1,72	0,05	2,39	2,97	99,97
Породы амфибол-полевошпатового состава	49,88	1,45	23,33	7,46	0,24	6,88	2,03	4,75	1,13	0,036	0,52	0,65	0,22	0,95	1,29	99,53

Таблица 3.24

Содержание микроэлементов в породах месторождения Эльдорадо, n x 10^{-3}%

Породы	Количество анализов	Pb	Cu	Zn	Co	Ba	Sn	Y	Be	Sr	Ti	Zr	Cr	Mn	J	Ja	B	Ni	As
Сланцы удерейской свиты	14	1,5	0,9	30	0,3	80	0,4	10	0,6	4	600	20	8	60	1,4	1,6	8	2	0,3
Кристаллические сланцы горбилокской свиты	391	4	8	25	0,8	8,5	0,4	8	0,5	0,5	600	200	90	80	0,6	2	7	2	6
Кристаллические сланцы горбилокской свиты из жильных зон	48	4	8	27	0,3	90	0,3	9	0,6	5	600	25	9	80	0,7	2	6	2	20
Сланцы кординской свиты	32	3	3,5	17	0,5	67	0,17	6	0,3	0,9	400	25	6	50	0,5	1,5	2,3	1,3	0,3

Основным концентратором золота во всех разновидностях пород является кварц (от 5 до 13 мг/т), в меньшей мере, биотит (от 9,2 до 19,5 мг/т), серицит, а в руде - кварц-II, арсенопирит, пирит, пирротин.

Мышьяк в породах кординской и удерейской свит за пределами рудного поля не обнаружен. Наиболее высокие его содержания характерны для гранат-биотит-кварцевых и двуслюдяно-кварцевых сланцев, вмещающих кварцево-жильные зоны. Среднее содержание мышьяка в сланцах равно 0,028%, в рудах - 0,25% и околорудно-измененных пород - 0,29% при частотах встречаемости соответственно 73, 94 и 91%. В сланцах пробы с содержанием от 0,07 до 0,1% имеют частоту встречаемости 67% и только 7% проб имеют содержания от 0,1 до 0,5%. В околорудных породах максимальные содержания мышьяка (0,01-1,0%) отмечаются на расстоянии до 1-2 м от кварцевых жил, содержания 0,01-0,05 не далее 5-10 м, а с удалением до 25 м содержания падают до 0,007% при частоте встречаемости 25%. В рудах распределение мышьяка следующее: 0,01-0,07% - 57% проб, 0,1-0,7% - 23% проб и пробы с содержанием более 1,0% составляют 14%. Месторождения Перевальнинского рудного поля сопровождаются слабоконтрастными (до 0,02%), но обширными, выходящими далеко за пределы рудных зон ореолами мышьяка, отчего их поисковая значимость несколько снижается.

Основным минералом-концентратором мышьяка является арсенопирит, в меньшей мере пирит (до 0,7%) и кварц второй генерации (до 0,003%).

Барий в породах кординской, горбилокской и удерейской свит характеризуется одинаковыми содержаниями (0,067-0,085%). В рудном поле месторождения среднее содержание бария в сланцах составляет 0,4-0,1%, в околорудно-измененных породах 0,33% и в руде - 0,15%. Содержание бария возрастает при увеличении количества биотита в породе. Непосредственно в зальбандах кварцевых жил его содержания составляют в среднем 0,5%, в 5 м от жилы 0,3% и в пробах, удаленных на 10-15 м снижается до 0,1% и менее.

Самостоятельных минералов бария не обнаружено. В качестве изоморфной примеси он входит в биотит (80%), а также полевые шпаты и карбонаты.

Бор наиболее устойчивыми содержаниями характеризуется в породах удерейской свиты: от 0,005 до 0,01% при среднем значении 0,008%, наиболее низкие значения отмечаются в породах кординской свиты (среднее 0,002%, максимальное - 0,007%) и наибольший разброс значений выявляется в породах горбилокской свиты при среднем значении 0,007%. В породах прогрессивного этапа метаморфизма наибольшие содержания отмечаются в гранат-биотит-кварцевых сланцах - 0,008% и в породах зоны биотита - 0,005-0,006%. В породах регрессивного этапа метаморфизма колебания концентраций наблюдается в меньшем диапазоне - от 0,001 до 0,01% при среднем 0,007%. Среднее содержание бора в рудах 0,007% при частоте встречаемости 73%. Наибольшую частоту встречаемости имеют содержания от следов до 0,007%, пробы с содер-

Таблица 3.25

Содержание золота в породах района Эльдорадинского рудного поля

Разновидности пород	Количество проб	Содержание золота, мг/т от - до (среднее)
Продукты регионального метаморфизма		
Эпидот-амфиболитовая фация		
1. Гравелиты и кварциты за пределами рудных полей	18	0,11 - 2,3 (1,05)
2. Гравелиты и кварциты со слабым окварцеванием и редкими зернами сульфидов в пределах рудного поля	9	3,4 - 9,8 (5,13)
3. Кристаллические сланцы за пределами рудного поля	46	0,11 - 1,8 (0,7)
4. Кристаллические сланцы в пределах рудного поля	8	2,2 - 18,2 (9,1)
Зеленосланцевая фация		
1.Филлитовидные сланцы за пределами рудного поля	14	0,1 - 1,6 (0,7)
2. Филлитовидные сланцы в пределах рудного поля	28	1,3 - 23,6 (8,5)
Продукты локального динамотермального метаморфизма		
Прогрессивный этап		
1. Кристаллические сланцы зоны граната	21	1,2 - 744 (19,5)
2. Кристаллические сланцы зоны биотита	34	1,1 - 231 (10,1)
3. Сланцы зоны хлорита	39	0,95 - 24,3 (9,5)
Регрессивный этап		
1. Сланцы частично повергнутые регрессивным преобразованиям	32	1,3 - 34,1 (17,0)
2. Хлорит-стильпномелановые сланцы	34	1,8 - 36,8 (20,0)

жанием от 0,01 до 0,05% имеют следующие частоты встречаемости: в сланцах - 33%, в околорудно-измененных породах - 33%, в рудах - 17%. Непосредственно в зальбандах кварцевых жил содержания бора варьируют в пределах 0,01 - 0,05%, в 5 м от жил 0,005 - 0,01%, а с удалением до 10-25 м снижается до 0,001 - 0,003%.

Никель в породах внешней зоны изменяется в пределах от следов до 0,007% при среднем содержании в сланцах кординской свиты 0,001% и удерейской - 0,002%. В кристаллических сланцах горбилокской свиты содержание никеля колеблется от 0,001 до 0,05%. В гранат-кварцевых сланцах, биотит-кварцевых и двуслюдяно-кварцевых сланцах содержания никеля соответственно 0,005, 0,003 и 0,002%, то есть увеличивается с увеличением в составе породы количества граната и биотита. В породах регрессивного этапа содержания никеля более низкие и изменяются от 0,001 до 0,005%. Среднее содержание никеля в руде 0,0025%, в околорудно-измененных породах 0,023%. В руде 59% проб имеют содержания от следов до 0,002%, 32% от 0,003 до 0,007% и 7% от 0,01 до 0,07%. Наиболее высокие содержания (до 0,07%) никеля отмечаются в породах, удаленных на 1-2 м от кварцевых жил, в 5 м от жилы содержание составляет 0,005-0,01%, а в 10-25 м снижается до 0,001-0,003%. Основными концентраторами никеля являются арсенопирит, пирит, пирротин, биотит и гранат.

Кобальт. Средние содержания металла в породах кординской, горбилокской и удерейской свит составляют 0,0005, 0,0003 и 0,0023%. Наиболее высокие содержания характерны для сланцев, обогащенных гранатом и серицитом: в гранат-кварцевых сланцах - 0,003%, двуслюдяно-кварцевых - 0,0023%, а в биотит-кварцевых - 0,002%. Наиболее низкие содержания кобальта выявляются в продуктах регрессивного метаморфизма. Во всех разновидностях диафторитов содержания кобальта колеблются от 0,0009 до 0,001% при частоте встречаемости 99%. В руде среднее содержание составляет 0,0015% при частоте встречаемости 80%. В зальбандах кварцевых содержание обычно 0,01-0,005%, с удалением до 5 м содержание снижается до 0,003%, а на 10-20 м до 0,001%. Основными концентраторами кобальта являются гранат, жильный кварц - II, арсенопирит, пирит и пирротин.

Хром. Среднее содержание хрома в породах кординской, горбилокской и удерейской свит составляет 0,006, 0,009 и 0,008%. В гранатсодержащих сланцах хрома 0,014%, в породах зоны биотита - 0,012%, а в диафторитах - 0,008%. Среднее содержание хрома в руде 0,015%, причем 70% проб имеют содержания от 0,01 до 0,05%, 28% - от 0,001 до 0,007%. В околорудно-измененных породах среднее содержание составляет 0,027%, при этом 97% проб находятся в классе содержаний 0,01-0,05% и 3% в классе 0,003-0,005%. Непосредственно в зальбандах жил содержание 0,03-0,05%, в 5 м 0,02-0,03% и на удалении 15-20 м уменьшается до 0,01, реже 0,007%. Основными концентраторами хрома являются биотит, гранат, актинолит, арсенопирит и пирит.

Свинец. Среднее его содержание в породах кординской, горбилокской и удерейской свит составляет 0,003, 0,0045 и 0,001%. В руде его 0,002%, в околорудно-измененных сланцах 0,005%. Наибольшее содержание свинца (от 0,003 до 0,1%) отмечается в породах не далее 5 м от кварцевых жил, а на удалении 10-25 м снижается до 0,003% и менее. Основными минералами-концентраторами являются галенит, пирит, арсенопирит и кварц-II.

Медь. В породах кординской, горбилокской и удерейской свит ее средние содержания составляют 0,0035, 0,006 и 0,001%. Повышенные содержания характерны для пород, подвергнутых регрессивным преобразованиям: от 0,003 до 0,05% при среднем 0,008%. В руде меди содержится от следов до 0,03% при среднем 0,003%, околорудно-измененных породах - 0,01%. Наиболее высокие содержания отмечаются в породах не далее 10 м от кварцевых жил, при большем удалении снижаются до 0,005%. Основными минералами-концентраторами меди являются халькопирит, пирит, арсенопирит, кварц-II.

Цинк. Среднее содержание цинка в породах кординской, горбилокской и удерейской свит составляют 0,01, 0,015 и 0,01%. Повышенные содержания (до 0,025%) характерны для продуктов регрессивного метаморфизма. Среднее содержание цинка в руде составляет 0,006% при частоте встречаемости 86%, в околорудно-измененых породах - 0,03%. При этом максимальные содержания (0,05-0,07%) выявлены на расстоянии до 5 м, а с удалением до 20 м содержание снижается до 0,01%. Основными концентраторами цинка являются сфалерит, пирит, халькопирит, арсенопирит и кварц-II.

Непосредственно на месторождении геохимические особенности изучались на материале 3 и 4 рудных зон, которые оценивались геологоразведочными работами в 1984-1988 годах.

Непосредственно в контурах золотоносных кварцево-жильных зон обнаруживаются бор, серебро, золото, мышьяк, барий, частично медь. Они образуют слабоконтрастные первичные ореолы рассеяния без четкой их связи с золотоносными интервалами.

Значимые положительные связи золота установлены с серебром (0,40), медью (0,45), никелем (0,45), бором (0,35) и мышьяком (0,27). Это объясняется тем, что золото на месторождении связано не только с кварцем, но и сульфидами.

Обобщенный ряд геохимической зональности выглядит следующим образом: бор—мышьяк—барий—свинец—вольфрам—серебро—цинк—медь—золото—никель—кобальт.

К числу надрудных элементов отнесены наиболее устойчивые в данном ряду бор и мышьяк, а за подрудные элементы приняты никель и кобальт.

Более информативными в поисковом плане являются мультипликативные ореолы (Ba x B x As) и коэффициент зональности ($K_{p.з.}$ = B x As / Ni x Co), которые позволяют, в какой-то мере, повысить контрастность выявленных аномалий. Мультипликативный ореол (Ba x B x As) по изоконцентрате 1,5 x 10 $^{-6}$ полностью совпадает с ореолами золота с содержанием 1,0 г/т и более, а коэффициенты зональности (B x As / Ni x Co) со значением 6,0 и более совпадают с контурами рудных тел.

Геофизическая характеристика месторождения

Наземные геофизические исследования

Первые геофизические работы на месторождении Эльдорадо проведены в 1947 году, когда Б.И. Зубкус и Е.А. Шнейдером были выполнены ревизионные работы на уран. Участков с повышенным содержанием радиоактивных элементов не обнаружено. Средняя радиоактивность пород месторождения составила 5-7 мкр/час.

В 1957-1958 годах вся площадь Енисейского кряжа была покрыта аэромагнитной съемкой масштаба 1:200 000 (Каспаров и др.,1968 г.), а в 1962-1965 годах в районе месторождения проведена высокоточная аэромагнитная съемка масштаба 1:25 000 с применением фотопривязок.

В 1959-1960 годах на территории Перевальнинского рудного узла осуществлена аэрогаммасъемка станцией АСГМ-25.

В 1966 году на месторождении под руководством Г.Т. Ларинцева проводились магнитометрия, электропрофилирование и металлометрия масштаба 1:10 000. Был определен оптимальный комплекс методов для поисков золоторудных месторождений, выявлены некоторые критерии выделения рудоконтролирующих структур.

В 1978 году площадь месторождения покрыта АГСМ-съемкой со станцией АГС-71 см масштаба 1:2 5000. Составлены карты содержаний естественных радиоактивных элементов (Кобяков и др., 1979 г.).

В 1979 году в районе месторождения проведены гравиметрическая съемка масштаба 1:50 000 и аэромагнитная съемка с КАМ-28 в масштабе 1:25 000 (Клименко и др., 1980 г.).

Перевальнинский рудный узел в целом характеризуется простым слабо отрицательным (-4-8 мГл) гравитационным полем. Все известные месторождения и рудопроявления узла располагаются в эпицентре отрицательной аномалии Δg. По имеющимся геолого-геофизическим данным на глубине предполагаются гранитная интрузия или интенсивная гранитизация пород.

К эпицентру данной отрицательной аномалии силы тяжести приурочена положительная аномальная зона магнитного поля, состоящая из кулисообразно расположенных протяженных линейных аномалий интенсивностью 50-520 нТл. Магнитовозмущающие объекты сопровождаются линейными низкоомными зонами северо-западного простирания с сопротивлением до 350 Ом•м на фоне 2000-3000 Ом•м. Последние обусловлены интенсивной пирротиновой минерализацией, развитой в рудоконтролирующих тектонических зонах дробления, рассланцевания, милонитизации.

На месторождении наземные геофизические работы выполнены, в основном, в 1966-1967 годах - в стадию поисково-оценочных работ с целью поиска и оконтуривания с поверхности кварцево-жильных зон и рудоконтролирующих структур. Выбор комплекса методов был определен по результатам опытных исследований. В последние входили следующие методы и их модификации:

- электроразведка на постоянном токе методами:
- дипольного профилирования (ДП);
- комбинированного профилирования (КП);
- симметричного профилирования (СП);
- электроразведка на переменном токе методом отношений градиентов потенциала в модификации срединных градиентов (метод ИЖ);
- магниторазведка.

В результате опытных работ было установлено, что из комплекса методов на постоянной основе при картировании площадей с интенсивным развитием кварцево-жильных зон, тектонических нарушений и зон дробления в существенно сланцевых толщах месторождения Эльдорадо наибольшей разрешающей способностью обладает метод дипольного профилирования. Понижения кажущегося сопротивления (p_k) над этими объектами достигает 150-250 Ом•м на фоне 2000-4000 Ом•м вмещающих пород. Электроразведка (методом ИЖ) показывает совпадение графика p_k с кварцево-жильными зонами. Однако глубинность данного метода в 5-7 раз меньше, чем у метода дипольного профилирования, чем и объясняется смещение аномалий последних относительно аномалий p_k. Наиболее оптимальна сеть установки: AB = 750 м и MN = 20 м.

По данным наземных магниторазведочных работ масштаба 1:25 000 60% площади месторождения характеризуется нормальным магнитным полем, изменяющимся в пределах +/- 25 гамм. На этом фоне довольно контрастно выделяются несколько положительных аномалий, наиболее значимыми из них являются следующие.

Аномалия 1 расположена в центре участка и пространственно приурочена к Первой жильной зоне. Протяженность аномалии около 2 км, ширина ее колеблется от 50 до 250 м. Интенсивность ее варьирует от 25 до 200 гамм, достигая иногда 300-400 гамм.

Аномалия 2 пространственно совпадает со Второй жильной зоной и располагается в 100-150 м северо-восточное аномалии 1. На северо-западе аномалия примыкает к аномалии 3, а на юго-востоке - к аномалии 1. Интенсивность аномалии 2 колеблется от 25 до 190 гамм.

Аномалия 3 находится в 500 м северо-восточнее аномалии 1 и субпараллельна ей. Ширина аномалии 50-250 м, интенсивность 25-200 гамм, достигая иногда 300-400 гамм. Аномалия 3 в эпицентре вскрыта канавами 402-407, где она приурочена к кварцевым жилам с многочисленными гидроокислами железа.

Все аномалии вскрыты с поверхности канавами, на горизонте +680 м - штольнями 1, 5, 8, на горизонте +620 м - штольней 6, а ниже горизонта горных выработок - сетью буровых скважин. Аномалии обусловлены кварцево-прожилково-жильными зонами с пирротиновой минерализацией различной интенсивности. Дипольное электропрофилирование на месторождении выполнено установкой А"50 А' 40 А 30 М №20, которая имеет наибольшую разрешающую способность и глубинность. Кварцево-жильные зоны, из-за присутствия в них сульфидной минерализации, отмечаются пониженными сопротивлениями до 150-900 Ом•м на фоне сопротивления вмещающих пород, достигающего 2000-4000 Ом•м. В целом, аномальные зоны пространственно совпадают с кварцево-жильными зонами и повторяют форму последних в плане.

Использование наземных геофизических исследований заключалось в прослеживании рудоконтролирующих структур с целью рационального размещения разведочных выработок, а также при выделении пострудных нарушений.

Характер геофизического поля, ориентировка и распределение аномальных зон свидетельствуют в пользу того, что месторождение Эльдорадо, рудопроявления Первенец, Ударное, Вершинка являются единым объектом.

Геофизические исследования в скважинах

Геофизические исследования в скважинах на месторождении выполнялись в 1980-1983 гг. и имели опытно-производственный характер. Целевым назначением каротажных работ являлось:

- выделение в разрезе скважин зон сульфидной минерализации, прожилкового окварцевания, определение их мощности и глубины залегания;
- литологическое расчленение пород;
- контроль за направлением и техническим состоянием скважин;
- изучение динамики подземных вод.

В результате проведенных геофизических исследований в качестве достаточно надежного и эффективного при поисках и оценке золотого оруденения эльдорадинского типа определен следующий комплекс методов скважинной геофизики:

- каротаж сопротивлений (КС);
- каротаж скользящими контактами (СК);
- каротаж электродных потенциалов (ЭП);
- гамма-каротаж (ГК);
- магниторазведка с регистрацией вертикальной составляющей магнитного поля;
- кавернометрия (ДС).

По данным каротажа горные породы месторождения Эльдорадо характеризуются следующими физическими свойствами (табл. 3.26, 3.27).

Границы кварцево-жильных зон, устанавливаемые по появлению или исчезновению кварцевого прожилкования

при геологической документации и установленные по контуру совмещенных аномалий ГК, КС (СК) и ЭП при каротаже, в основном, совпадают. Каротажом достаточно уверенно фиксируются кварцевые жилы мощностью 0,2-0,3 м и более как внутри кварцево-жильных зон, так и обособленные за ее пределами. Кварцевые жилы выделяются аномально низкими значениями естественной радиоактивности и относительно высокими, по сравнению с вмещающими породами, показаниями кажущегося сопротивления.

Зоны сульфидной минерализации пород выделяются по данным методов КС и СК, как области с аномально низкими значениями кажущегося сопротивления ($\rho_к$) на кривых КС и высокими показателями на кривых СК, а также аномально высокими значениями электродного потенциала. Измерениями вертикальной составляющей магнитного поля в пределах зон сульфидной минерализации выделяются участки пирротинизации, границы которых определяются по наличию или отсутствию внутренних, обычно знакопеременных магнитных полей на кривых каротажа.

Приток воды в ряде скважин фиксируется по данным каротажа (ЭП) изменениями разности электродных потенциалов более плавными по сравнению с зонами сульфидной минерализации. Погрешность в определении глубины притока составляет 20 м в сторону уменьшения и объясняется «инерционностью» в установлении электродной разности потенциалов.

Технологические свойства руд

Рудой на месторождении Эльдорадо является смесь жильного кварца и вмещающих слюдисто-кварцевых сланцев. Относится к золото-кварцевому малосульфидному типу.

Перечень проб для изучения технологии обогащения руды, их вес и места взятия отражены в таблице 3.28, химический состав материала основных проб приведены в таблицах 3.29 и 3.30.

Объемная масса руды по данным 147 определений составляет 2,74 т/м^3, причем ее колебания от среднего значения не превышают 5,0%, что подтверждает однотипность руд на месторождении. Естественная влажность руды варьирует от 0,01 до 0,52%, в среднем составляет 0,11% (93 определения).

Уже первые исследования по обогатимости руд месторождения Эльдорадо показали их полное сходство с рудами Советского месторождения. Поэтому все технологические исследования осуществлялись применительно к схеме новой золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ) Советского рудника, которая предусматривала двухстадиальное измельчение руды до 0,2 мм с извлечением свободного золота из цикла измельчения отсадкой, тонкого золота из хвостов отсадки - флотацией, и доводку гравитационного и флотационного концентратов в отдельных циклах с последующим извлечением металла из «золотой головки» амальгамацией, а из флотоконцентрата - по технологии сорбционного цианирования.

Технологическая схема переработки руды месторождения, разработанная институтом «Иргиредмет» по результатам полупромышленных испытаний, приведена на рисунке 3.38.

Технологические показатели промежуточных циклов и стадий отражены в таблицах 3.31-3.34.

Технико-экономические расчеты показывают, что при разработке месторождения наиболее целесообразным является вариант, при котором на месторождении Эльдорадо предусматривается строительство золотоизвлекательной фабрики с незаконченным циклом обработки руды и доработкой черновых концентратов на Советской золотоизвлекательной фабрике.

Разработанные схема и режимы обеспечивают высокое (96,1%) извлечение золота в концентраты (см. табл. 3.31), причем основное количество металла (81,4%) извлекается в голове процесса гравитационными способами. Даже значительные колебания содержаний золота в исходной руде (от 2,4 до 5,7 г/т) не оказывают существенного влияния на стабильно высокое его извлечение и низкие потери в хвостах.

После двухкратной перечистки на концентрационных столах или в короткоконусном гидроциклоне в «золотую головку» металла в операции извлекается 90,0-91,6% или 64,6-74,6% от исходной руды (см. табл. 3.32). В «золотой головке», которая состоит из арсенопирита (55%), пирит-марказита (30%) и пирротина (10%), содержание золота составляет 2242,5-2262,0 г/т.

Дальнейшая реализация технологического процесса предусматривается на оборудовании Советской золотоизвлекательной фабрики. В пользу этого варианта свидетельствуют близость месторождения к этой фабрике, однотип-

Таблица 3.26

Физические свойства пород по данным скважинной геофизики

Наименование пород	Кажущееся удельное сопротивление, Ом•м	Гамма-активность пород, мкр/час
Кварц-биотит-серицитовые сланцы	(8-10)x10^3 / 10x10^3	(18-25) / 20
Кварц-биотит-серицитовые сланцы метасоматически измененные	(1-8)x10^3 / 6x10^3	(13-28) / 20
Кварцевые жилы, прожилки	(10-20)x10^3 / 15x10^3	(5-20) / 15
Зоны интенсивной сульфидной минерализации	5x10^2	-

Примечание: в числителе предельные значения, в знаменателе - среднее.

Таблица 3.27

Значение магнитной восприимчивости, остаточного намагничения и содержания золота в породах месторождения

Порода, свита	Средние значения		
	Магнитная восприимчивость, п x 10^{-7}%	Остаточное намагничение, п x 10^{-6}% ед.СГС	Содержание золота, п x 10-7%
Кварциты кординской свиты	9,8	9,8	5,13
Сланцы кординской свиты	-----	----	9,05
Сланцы гранатсодержащие горбилокской свиты	29,0	2,7	10,5
Сланцы безгранатовые горбилокской свиты	28,0	1,25	----
Сланцы гидротермально измененные из жильных зон горбилокской свиты	31,0	0,45	30,1
Сланцы удерейской свиты	32,6	2,4	8,5

Таблица 3.28

Перечень технологических проб на месторождении Эльдорадо

№ проб	Вес проб,т	Места отбора (номера рудных тел, выработок, интервал)
1	1,2	Рудное тело 2; к-664, инт. 7,9-27,3; к-803, инт. 8,0-18,0
2	1,0	Рудное тело 1; к-665, инт. 21.0-29,3
3	70,5	Рудное тело 3; к-664, инт. 51,9-62,5
4	250,0	Рудное тело 1,3; кв.72,74(шт.5), кв.207,208(шт.6)
5	1,0	Рудное тело 3; гор.+620м, кв. 130-а
6	1,5	Рудное тело 3; гор +660м, штр.107,инт.150-159
8	220,0	Рудное тело 1,2,3, гор+620м 105,108
10	0,3	Рудное тело 3; гор+620м, штр.108, инт.885-886

Таблица 3.29

Химический состав основных технологических проб

Проба	Содержание %											Au, г/т	Ag, г/т
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	As	Pb	Cu		
Проба 1	70,62	11,58	5,96	0,78	0,56	0,52	2,70	0,70	0,09	-	сл	4,20	-
Проба 5	67,50	14,10	6,06	0,75	1,00	1,59	2,78	1,17	0,17	0,008	0,008	5,60	2,2
Проба 6	73,80	10,47	6,23	0,73	0,57	1,10	4,25	0,35	0,21	0,040	-	2,80	0,7
Проба 8	66,46	13,83	5,94	0,60	1,12	1,42	4,25	1,35	0,62	0,010	0,030	3,70	1,3

Таблица 3.30

Минеральный состав основных технологических проб

Минералы и группы минералов	Содержание минералов в технологических пробах, %					
	Проба 1	Проба 2	Проба 4	Проба 5	Проба 6	Проба 8
1. Породообразующие						
- кварц;	35/40	18/25	41/42	55,0	56,0	35
- карбонаты (кальцит, анкерит);				2,0	1,1	1,8
- слюдисто-глинистые минералы и полевые шпаты;	55/65	75/78	56/57	39,5	42,6	60
- акцессорные примеси; апатит, флюорит, барит, циркон, турмалин, гранат, ильменит				редкие зерна	редкие зерна	
2. Рудные:						
- пирит-марказит;				0,1	0,7	0,2
- пирротин;	до 3	0,3/0,5	2	1,9	0,4	1,2
- халькопирит, галенит, сфалерит и др.				1,2 редкие зерна	0,1 редкие зерна	1,2
3. Окисленные минералы железа, мышьяка и др.	н.д.	н.д.	н.д.	Корочки и потеки на породообразующих минералах		

ность руд месторождения Эльдорадо и Советского месторождения.

«Золотая головка» перерабатывается по амальгамационной схеме с доизмельчением до 0,2 мм и извлечением 92,1% золота в шлиховой металл. Хвосты отправляются на Кочканарский мышьяковый завод для извлечения из них чернового золота. Флотационный концентрат и промпродукт гравитационного концентрата рекомендуется обрабатывать по гидрометаллургической схеме. Она предусматривает доизмельчение объединенного продукта до 0,1 мм, цианирование и сорбционное выщелачивание с противотоком смола-пульпа.

Сквозное товарное извлечение золота при его содержании в исходной руде 3,1 г/т по рекомендуемой схеме на двух золотоизвлекательных фабриках (см. табл. 3.33, 3.34) принято на уровне 92%.

В 1997 году в ГАЦМиЗ (г. Красноярск) были проведены опыты на руде месторождения Эльдорадо по двух стадиальной схеме обогащения с использованием концентратора Кнельсона. Извлечение от исходной руды составило 92,1%, содержание 300 г/т, степень концентрации 44, потери с хвостами 4,2%. Сравнение этих результатов с показателями обогащения, полученными по традиционной схеме для данного типа сырья (гравитационно-флотационный) показывает более высокие показатели концентратора Кнельсона в сравнении с отсадочной машиной. После перечистки на концентрационном столе содержание достигло 223 г/т, извлечение - 71,7%.

В 1998 году ООО «Радос» и ОАО «Технология металлургии» провели по заданию ОАО «Золото» технологические испытания руд месторождения Эльдорадо на обогатимость методом рентгенорадиометрической покусковой сепарации. Получены положительные результаты. На основе испытаний разработан регламент для составления проекта технологии предварительного обогащения.

Таким образом, действующая технологическая схема переработки руды включает предварительное обогащение, затем гравитационно-флотационное с гравитационной доводкой гравитационного концентрата и сорбционным выщелачиванием флотационного. Конкурирующим методом является гравитационное обогащение на центробежных сепараторах и доводка полученных концентратов по гравитационно-гидрометаллургической схеме.

Попутные полезные ископаемые и ценные компоненты

Руды месторождения Эльдорадо являются однокомпонентными. Попутные полезные ископаемые, либо ценные примеси отсутствуют или находятся в незначительных количествах.

Наибольшим распространением (до 1,9%) на месторождении пользуется арсенопирит, мышьяк которого является вредной примесью при извлечении золота. Содержания мышьяка в рядовых пробах колеблются в пределах 0,57-0,66% при среднем 0,6%, а среднее содержание мы-

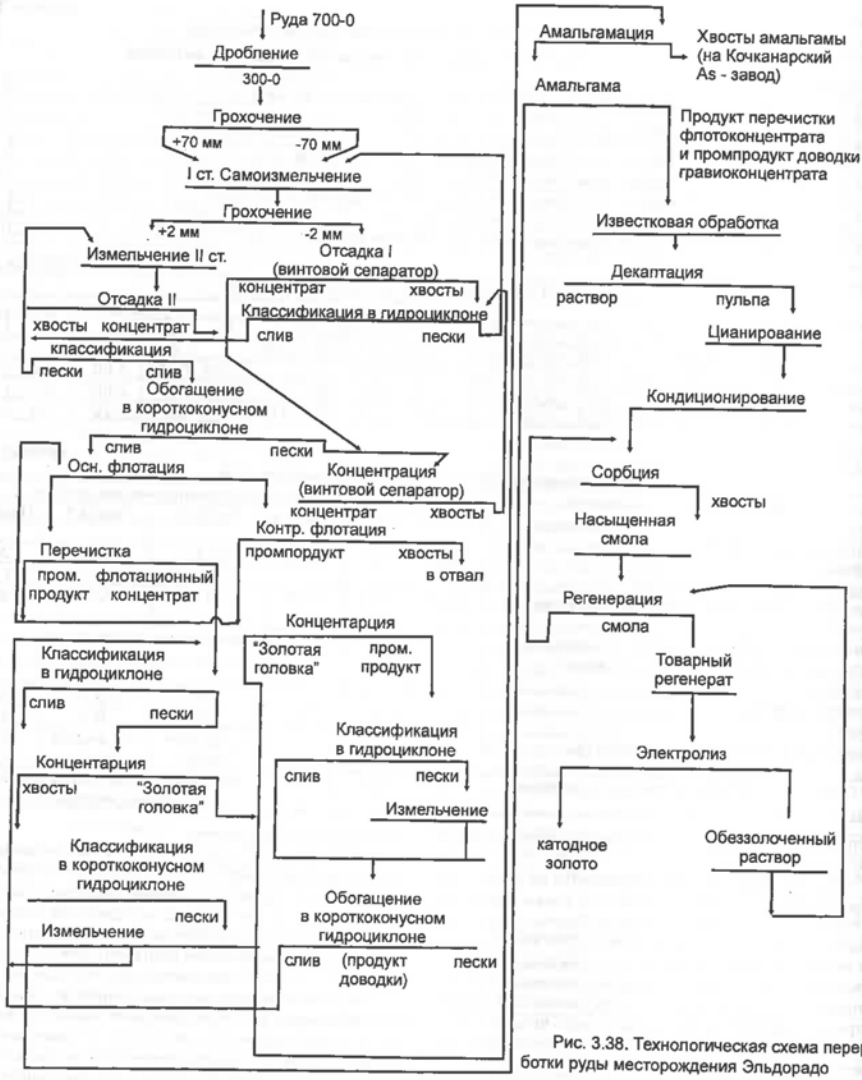


Рис. 3.38. Технологическая схема переработки руды месторождения Эльдорадо

Таблица 3.31

Показатели основного цикла обогащения

Продукт	Проба 6 (укрупненная)			Проба 8 (полупромышленная)					
				Двухстадийное измельчение			Одностадийное измельчение		
	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %
1. концентрат гравитационный	0,9	223,0	71,7	1,5	200,7	81,4	1,2	284,5	78,1
2. концентрат флотационный	2,4	27,0	23,1	2,5	21,7	14,7	2,9	22,3	17,9
3. хвосты флотации	96,7	0,2	5,2	96,0	0,2	3,9	95,9	0,2	4,0
Исходная руда	100,0	2,8	100,0	100,0	3,7	100,0	100,0	3,6	100,0

Таблица 3.32

Показатели доводки гравитационных концентратов

Продукт	Проба 6 (укрупненная)			Проба 8 (полупромышленная)		
	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %
«Золотая головка»	0,08	2262,0	64,6	0,123	2242,5	74,6
Промпродукт	0,82	24,2	7,1	1,377	18,4	6,8
Концентрат гравитационный	0,90	223,0	71,1	1,500	200,7	81,4

Таблица 3.33

Баланс металла по основному циклу обогащения на ЗИФ Эльдорадо

Продукт	Выход, %	Содержание золота, г/т	Извлечение золота, %
1. «Золотая головка»	0,135	1819,00	79,20
2. Флотоконцентрат	2,500	17,20	13,89
3. Хвосты	97,365	0,22	6,91
Исходная руда	100,000	3,10	100,00

Таблица 3.34

Баланс металла при доводке продуктов на Советской ЗИФ

Продукт	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %	Зачетное извлечение Au, %
1. Амальгама	-	-	72,90	72,90
2. Хвосты амальгамации	0,135	149,25	6,30	-
3. Катодное золото	-	-	13,24	13,24
4. Хвосты сорбции	2,500	0,80	0,65	-
5. Черновое золото из хвостов амальгамации на Когконарском заводе	-	-	-	6,05
«Золотая головка» + флотоконцентрат	2,635	-	93,09	92,19

шьяка в групповых пробах - 0,08%.

Их других компонентов следует отметить серебро. По данным изучения технологических проб его содержания не превышают 2,2 г/т и промышленного интереса не представляют.

Исследованиями технологической пробы 2 установлено возможное использование отвальных хвостов, содержащих 83% кремнезема, 2,2% железа и 0,2 г/т золота, в качестве флюсов при выплавке меди и никеля с попутным извлечением оставшегося золота. Однако отсутствие потребителя в районе и экономическая нецелесообразность транспортировки материалов хвостов за пределы района исключают реальную возможность использования в обозримом будущем хвостов обогащения в металлургической промышленности.

Породами вскрыши на месторождении являются кристаллические слюдяные сланцы, общий объем которых в границах проектируемого карьера составляет 49 млн. м³. Щебень, полученный из этих сланцев, по всем своим показателям отвечает требованиям ГОСТ 8267-82 «Щебень из природного камня для строительных работ». Марка щебня по прочности 600-800, морозостойкости МРЗ-25, истираемости И-11, сопротивлению удару У-50. Из-за отсутствия потребностей района в запасах строительного камня для производства щебня, детальная разведка вскрышных пород месторождения не проводилась и запасы на утверждение не представлялись.

По одной пробе изучены хвосты амальгамации с целью определения возможности их использования в качестве мелкого заполнителя в бетонах. По содержанию пылевидных и глинистых частиц, зерновому составу и модулю крупности хвосты амальгамации не удовлетворяют требованиям ГОСТ 8736-77.

Гидрогеологические и горнотехнические условия разработки месторождения

Гидрогеологические условия разработки

Месторождение Эльдорадо расположено на территории Енисейской гидрогеологической складчатой области - структуры I порядка и северо-западной части Больше-Питского гидрогеологического массива (Гидрогеология СССР, 1972).

По классификации О.А. Алекина (1953 г) поверхностные и подземные воды площади месторождения по величине общей жесткости относятся к очень мягким. Минерализация поверхностных и подземных вод не превышает 0,1 г/л, по составу макрокомпонентов первые относятся к гидрокарбонатно-натриево-кальциевым, вторые - к гидрокарбонатно-кальциево-натриевым. Реакция поверхностных вод нейтральная, подземных - слабокислая. Температура поверхностных вод в годовом разрезе колеблется от 0,1-0,5° до 7-10° С, подземных от 1,5 до 4,5°С. Низкие значения приурочены к зимне-весеннему периоду, высокие - к лету и осени.

Содержание микрокомпонентов по данным химанализов незначительное (табл. 3.35). Также низкую концентрацию имеют и другие микрокомпоненты по данным спектральных анализов сухих остатков проб воды.

На площади месторождения и прилегающей к ней территории распространена водоносная зона открытой трещиноватости, приуроченная к верхнепротерозойским метаморфическим сланцам, роговикам и кварцитам, из ко-

Таблица 3.35

Микрокомпонентный состав вод месторождения

Элемент	Содержание, мг/т	
	Поверхностные воды	Подземные воды
Свинец	0,0075	0,0075
Фтор	0,655	0,273
Молибден	0,0025	0,005
Уран	0,019	0,0016
Медь	0,003	0,0075
Цинк	0,15	0,36
Бериллий	не обн.	не обн.
Мышьяк	не обн.	не обн.
Марганец	не обн.	не обн.
Стронций	0,7	менее 0,5

торых первые резко преобладают. В вертикальном разрезе с некоторой долей условности выделяются две гидродинамические подзоны:

I-я - подзона интенсивного водообмена с глубиной залегания нижней границы 60-70 м на площади склонов и плоских вершин водоразделов и 20-40 м вдоль тальвегов долин ручьев;

II-я - подзона замедленного водообмена, основную роль коллекторов и путей движения подземных вод в которой выполняют тектонические трещины со значительно меньшей степенью приоткрытия. Глубина подошвы ее не установлена.

Обе подзоны рассекаются на блоки различной величины преимущественно крутыми, до вертикальных, разломами и крупными трещинами, являющимися путями движения трещинно-жильных вод. Установленная глубина их развития составляет 120 м, а предполагаемая, по аналогии с Советским рудником, - 400 м. По условиям фильтрации подземных вод водоносная зона является типичной «трещинно-трещинной» средой (Боревский и др., 1973 г).

На всей площади месторождения подземные воды имеют свободную поверхность, расположенную выше местного базиса эрозии. Глубина ее залегания зависит от геоморфологического положения участка, времени года, удаленности от горных выработок.

Приведенные в таблице 3.36 данные относятся к площади развития депрессионной воронки, формирующейся в результате оттока воды из штолен.

В целом обводненность пород, слагающих месторождение, слабая. Область питания водоносной зоны совпадает с площадью ее распространения и разгрузки, а источниками являются инфильтрация талых, дождевых и поверхностных вод (последних - в период осеннего и весеннего паводков). Отсутствие водоупорных пород с поверхности и в зоне аэрации, лесной покров благоприятны для питания подземных вод и определяют, как правило, безнапорный характер вод.

В период весеннего снеготаяния при значительном уклоне подземных вод и наличии водоупорного экрана, залегающего на водоносной зоне, на отдельных участках иногда формируется местный напор, величина которого достигала 2,74 м над дневной поверхностью (скв. 241, июнь 1983 г.).

Движение подземных вод направлено к понижениям в рельефе, где они, частично дренируясь, образуют ручьи и родники. Величина дебитов родников не превышает 0,5 л/с.

Сильно расчлененный рельеф, обусловивший значительный перепад абсолютных отметок поверхности, способствует ускоренной сработке естественных запасов и ресурсов подземных вод в массиве пород, залегающих выше тальвегов долин ручьев в летне-осеннюю и, особенно, в зимне-весеннюю межень.

Режим подземных вод площади месторождения относится к типу сезонного, преимущественно весеннего питания, к подтипу обильного питания и классу сильно дренированных областей, что и определяет его закономерности. Наступление весеннего минимума в уровнях и расходах приурочено к марту-маю, а весенне-летнего максимума - маю-июню. Повышение уровней и расходов связано с началом снеготаяния. Годовая амплитуда колебания уровней между весенне-летним максимумом и весенним минимумом на склонах и водоразделах изменяется от 16,0 до 76,0 м, в тальвегах долин и ручьев - до 20,5 м.

Второе повышение уровней связано с осенними дождями, максимум которого приходится на сентябрь-октябрь. Летне-осенний минимум приурочен к августу - первой половине сентября.

Глубины среднегодовых уровней воды по площади месторождения колеблются от 8,45 м (скв.34) до 69,25 м (скв.117).

В многолетнем разрезе депрессионная воронка на месторождении в плане и по глубине не образуется. Ее формирование носит сезонный характер с полным восстановлением поверхности в период весенне-летнего максимума в результате инфильтрации талых вод.

Несмотря на увеличение общей длины подземных горных выработок, в течение 1978-1983 гг. роста расходов водотоков из них не происходило.

Водопроявление в подземных горных выработках происходило в виде:

- редкого рассредоточенного или частого капежа и высачивания с видимым или невидимым движением воды, которые наблюдаются на большей части длины всех выработок и на разных глубинах от поверхности;
- концентрированного излияния в виде струй с расходами в зимнюю межень от тысячных долей до 0,08 л/с (шт. 6; гк-40, февраль 1983 г.).

Учтенный разовый водоприток из штолен составил 314 м3/час.

Подземные горизонтальные скважины при длинах 30-100 м и также глубинах от дневной поверхности в зимнюю межень имеют дебиты от 0 до 0,42 л/с, фоновые же их значения составляли сотые и тысячные доли л/с.

Подземные воды месторождения по отношению к бетону являются среднеагрессивными, по водородному показателю - слабоагрессивны, по содержанию свободной углекислоты и магнезиальных солей слабо- и неагрессивны, железо подземные воды не корродируют, агрессивность к кабелям в свинцовой и алюминиевой оболочках - низкая.

Поверхностные воды по степени агрессивного воздействия на различные материалы аналогичны подземным, но не агрессивны к бетону по водородному показателю, а также агрессивны к карбонатам кальция по содержанию агрессивной углекислоты.

Месторождение до горизонта +590 м расположено выше местного базиса эрозии (слияние ручьев Банный и Актолик, Безымянка и Севагликон) имеет хорошие естественные условия дренирования за счет сильно расчлененного рельефа, слагающие его породы имеют слабую обводненность, транзитные поверхностные водотоки на площади месторождения и вблизи него отсутствуют, что позволяет согласно геолого-промышленной группировке месторождений твердых полезных ископаемых, разработанной ВСЕГИНГЕО (Плотников, 1969), отнести месторождение к 1 группе, т.е. к месторождениям с простыми гидрогеологическими условиями, не требующим применения специальных инженерных мероприятий по борьбе с водопритоками. Среднегодовой приток в карьер за счет подземных вод и атмосферных осадков может составить 132 м³/час. При отработке месторождения до горизонта +680 м поступающие в карьер поверхностные, подземные и ливневые воды будут уходить самотеком, а ниже этой глубины спускаться по подземным выработкам (восстающим, скважинам) на горизонт +620 м в систему выработок штольни 6. Ниже горизонта +620 м дренажные воды следует удалять путем принудительной откачки насосными установками. Мощность последних должна обеспечить водоотлив в объеме 100-150 м³/час. Наиболее напряженным в работе водоотливного хозяйства будет период май-июнь.

Таблица 3.36

Уровни воды на различных участках рельефа

Геоморфологическое положение участка	Глубина уровней воды от дневной поверхности, м	
	Весенний минимум	Весенне-летний максимум
Водоразделы, склоны	16,3 - 83,4 (скв. 23, 118)	0,0 - 54,4 (скв. 23, 117)
Тальвеги долин ручьев	24,6 - 45,1 (скв.245, 219)	0,0 - 24,6 (скв. 245, 219)

Горнотехнические условия эксплуатации

Месторождение расположено на территории Енисейского денудационного грядово-сопочного и плосковершинного низкогорья - инженерно-геологической области, входящей в Енисейский регион (Гидрогеология...,1972).

Согласно геолого-промышленной группировке месторождений твердых полезных ископаемых (Плотников, 1969) месторождение Эльдорадо относится к 1 группе (простые условия). При его эксплуатации не потребуется проведение специальных мероприятий по борьбе с негативными инженерно-геологическими процессами. Объемная масса руды - 2,73 т/м³, коэффициент разрыхления - 1,6, пористость изменяется от 0,35 до 3,62%, величина коэффициента крепости по М.М. Протодьяконову пород и руд варьирует от 6,3 до 9,6, что соответствует крепким и довольно крепким породам. Содержание свободной двуокиси кремния достигает в рудах 70%, а во вмещающих породах - 30%, то есть ведение горных работ на месторождении силикозоопасно. Месторождение не является газоопасным, а его руды не способны к самовозгоранию. Внезапные выбросы исключены, что подтверждает и практика геологоразведочных и добычных работ на месторождении. В воде сланцы не размокают.

Разработка месторождения предусмотрена комбинированным способом: до горизонта +590 м (средняя глубина 130 м) - карьером, а от дна последнего до горизонта +440 м - подземным способом. Приведенные данные, а также уже имеющийся опыт разработки месторождения Эльдорадо и рядом расположенного Советского месторождения дают полное основание прогнозировать спокойную горно-геологическую обстановку для всего периода отработки месторождения.

Генезис месторождения

Несмотря на длительную историю изучения месторождения ответы на многие вопросы его генезиса еще не найдены.

Так, Т.М. Дембо (1941) отмечает решающую роль контактового воздействия Каломинского гранитоидного массива при образовании месторождения. И. С. Туркин (1970) указывает на парагенетическую связь золотого оруденения с гранитоидами повышенной основности татарско-аяхтинского комплекса. Л.В. Ли на протяжении трех десятилетий (Ли, 1968; 1997) традиционно отстаивает точку зрения о связи оруденения золото-кварцевой формации, в том числе месторождения Эльдорадо, с позднеорогенным гранитоидным магматизмом и определяет принадлежность последнего к плутоногенно-гидротермальному рудноформационному ряду (Ли, 1990). Г.А. Середенко (1975 г) золотое кварцево-жильное оруденение месторождения Эльдорадо связывает с процессами регрессивного метаморфизма, при котором диафторитогенные растворы рассматриваются как остаточные образования, поднимающиеся в зонах тектонического рассланцевания пород из глубинных очагов гранитоидного палингенеза. В.Г. Петров (1982) первопричиной образования золото-кварцевых месторождений считает повышенную первичную золотоносность вмещающих пород.

Месторождение Эльдорадо относится к золото-кварцевой малосульфидной формации (пирит-арсенопиритовая минеральная ассоциация). Формирование месторождения происходило в высокотемпературном режиме в условиях средних (до 5 км) глубин. Значительная протяженность жильных зон и относительно устойчивый характер распределения рудной минерализации без явных признаков зональности, большое сходство минеральных ассоциаций в кварцево-жильных зонах и вмещающих породах и термодинамических условий их образования свидетельствуют, на наш взгляд, о большом химическом и генетическом родстве золотоносных растворов с вмещающими породами, что является характерным для растворов метаморфогенно-гидротермального происхождения. Приуроченность рудных зон и тел к зонам смятия и дробления пород и породам с более высокой степенью метаморфизма, чем за пределами зон, позволяет нам вместе с другими фактами, вслед за С.С. Ильенком с соавторами (1971 г.) и А.М. Сазоновым (1979 г.), связать золотое оруденение с процессами локального динамотермального метаморфизма. По их мнению, длительный процесс формирования месторождения тесно связан с особенностями развития региона и состоит из стадий минералоотложения, отвечающих постепенному общему падению температуры и давления.

Гипогенная эпоха минералообразования подразделяется на пять стадий: безрудную, золото-арсенопиритовую, полиметаллическую, карбонатную и полевошпатовую (табл. 3.37).

Безрудная стадия является начальной в формировании месторождения и характеризуется длительным отложением жильных минералов. Растворы в эту стадию характеризовались повышенной температурой (560-640°) и кислой средой (pH = 6,5) (Ильенок и др., 1971 г.).

Золото-арсенопиритовая стадия является наиболее продуктивной, характеризуется незначительным снижением температуры раствора до 500°С и слабокислой средой. Формируются основные кварцевые тела жильных зон. Происходит отложение серого кварца, полевых шпатов, граната, биотита, турмалина, апатита и ,в незначительных количествах, касситерита, ильменита, анатаза.

После образования и подновления трещин в рудном сером кварце и вмещающих сланцах начали отлагаться ранние сульфиды (арсенопирит, пирротин, пирит). Установлено, что образование арсенопирита происходило в узком температурном интервале 450-520°С (Ли и др., 1971 г.). В эту стадию отложились основные запасы золота на месторождении. При этом золото характеризуется сравнительно равномерным распределением и мелким размером золотин.

Полиметаллическая стадия. Новые тектонические подвижки привели к дроблению, образованию трещин, ослабленных зон в кварце и ранних сульфидах. Отложение сфалерита, галенита, халькопирита, висмутина происходило из слабощелочных (pH - 8,5) растворов, насыщенных железом и серой в условиях возрастания восстановительного потенциала. Общие запасы золота, связанные с этой стадией, невелики. Золото невидимое, как правило, отмечается в ассоциации с этой группой поздних сульфидов. Не исключено, что основная роль в этой стадии принадлежит процессам мобилизации уже ранее отложенного золота и его переотложения с укрупнением.

Карбонатная стадия завершает гипогенную часть процесса формирования месторождения. Она нашла свое отражение в образовании многочисленных прожилков, линз и гнезд, сложенных анкеритом и кальцитом часто с незначительной и редкой вкрапленностью пирита, пирротина и сульфидов полиметаллической группы. С этой стадией также связано наиболее крупное и часто встречаемое видимое золото. Его отложение происходило в тех же трещинках, но на некотором удалении от сульфидов.

Таблица 3.37

Парагенетическая схема минералообразования месторождения Эльдорадо (по материалам А.М. Сазонова, 1979 г.)

Этапы, стадии, минералы	Первый этап (прогрессивный)			Второй этап (регрессивный)	
	1 стадия (безрудная)	2 стадия (золото-арсенопиритовая)	3 стадия (полиметаллическая)	4 стадия (карбонатная)	5 стадия (полевошпатовая)
1. Кварц	—	—	—	—	
2. Полевые шпаты		—			—
3. Арсенопирит		—			
4. Пирротин					
5. Пирит		—			
6. Золото					
7. Биотит					
8. Гранат					
9. Апатит					
10. Касситерит					
11. Турмалин					
12. Ильменит					
13. Анатаз					
14. Актинолит					
15. Хлорит					
16. Мусковит	—				
17. Карбонаты					
18. Клиноцоизит					
19. Эпидот					
20. Флюорит					
21. Халькопирит					
22. Сфалерит					
23. Галенит					
24. Висмутин					
25. Самородный висмут					
26. Гематит					
27. Стальпомелан					
28. Сфен					

Полевошпатовая стадия представлена редкими маломощными (до 0,5 см) прожилками, сложенными в центральной части ортоклазом и альбитом на внешних участках. Золото в этой стадии не обнаружено.

Экзогенная стадия на месторождении Эльдорадо получила довольно слабое развитие и сопровождалась образованием скородита, марказита, халькозина, гидроокислов железа и марганца. В результате растворения и выщелачивания на месте вторичных минералов образовались пустоты ячеистого и сетчатого обликов.

В заключение мы можем добавить, что все факторы, без исключения, (седиментационные, метаморфические, магматические, тектонические и другие) внесли свой вклад в процесс формирования современного облика месторождения.

Модель месторождения

Месторождение Эльдорадо относится к малосульфидной золото-кварцевой формации и представлено четырьмя кварцево-жильными зонами среди кварц-слюдяных сланцев горбилокской свиты среднего рифея. Ориентировка зон совпадает с генеральным направлением структур Енисейского кряжа. Простирание северо-западное (315-330°), падение на северо-восток под углом 65-75°. Общая длина кварцево-жильных зон Перевальнинского рудного поля составляет более 10 км, ширина от 500 м до 4,0 км (вместе с Ольгинским рудопроявлением). Перевальнинское рудное поле входит в состав Советско-Перевальнинской рудной зоны, которая прослеживается также в северо-западном направлении на расстояние порядка 60 км до р. Оллонокон. Ширина изменяется от 1-2 км в районе Александро-Агеевского месторождения до 15 км на широте Советского месторождения.

Месторождение Эльдорадо приурочено к зонам локального динамотермального метаморфизма, сопровождающим зоны дробления и повышенной трещиноватости пород. Положение последних определяется неоднородностью литологического состава первично-осадочных пород. Чередование кварцитовидных сланцев с существенно слюдяными способствовало образованию зон дробления и повышенной проницаемости, которые впоследствии явились проводниками и вмещающими структурами для гидротермальных и метасоматических процессов рудообразования.

Обобщенная модель месторождения: система субпараллельных жильно-прожилковых кварцево-жильных зон, локализованнных в зонах динамометаморфизма (зоны смятия и катаклаза).

Максимальными размерами, золотоносностью и изученностью характеризуется Первая жильная зона. Длина по простиранию достигает 2650 м, мощность изменяется от 10 до 30 м, по падению прослежена до глубины 350 м без явных признаков выклинивания и уменьшения содержаний с глубиной.

На месторождении выделено 22 рудных тела, из них 17 - в первой жильной зоне. Форма рудных тел в плане и разрезе, как и зон в целом, линзовидно-ленточная. Руды месторождения являются однокомпонентными. Попутные полезные ископаемые отсутствуют.

Вещественный состав руд представлен кварцем (35-65%), слюдистыми минералами и полевыми шпатами (40-60%), карбонатами (1-2%) и рудными минералами, состоящими из арсенопирита (0,4-1,9%), пирротина (0,1-1,2%), пирита (0,1-0,7%) и редких зерен халькопирита, галенита, сфалерита, блеклых руд и золота. Основное количество золота связано с кварцем и ранними сульфидами (арсенопиритом, пиритом), в меньшей мере, с поздними сульфидами полиметаллического ряда. Коэффициент вариации содержаний золота изменяется по рудным телам от 148 до 309%. Пробность - 875. Гипергенные процессы развиты весьма ограниченно и зона окисления практически отсутствует.

Метаморфогенно-метасоматические изменения пород проявлены только в пределах кварцево-жильных зон. Максимальным распространением пользуются окварцевание, серицитизация, биотитизация, хлоритизация, полевошпатизация, сульфидизация, турмалинизация и графитизация.

Разработка месторождения предусматривается по варианту, при котором на месторождении предусмотрено строительство золотоизвлекательной фабрики с незаконченным циклом обработки руды и доработкой черновых концентратов на Советской золотоизвлекательной фабрике. Сквозное извлечение металла на двух фабриках принято на уровне 92%. Гидрогеологические и горно-технические условия отработки месторождения просты.

Золотое оруденение по Первой рудной зоне скважинами прослежено до глубины 350 м (Гонтарь и др., 1983 г.). Явных признаков выклинивания рудных тел либо уменьшения содержаний металла с глубиной не установлено. Ли Л.В. (1970) глубину развития оруденения месторождения Эльдорадо соизмеряет с размахом оруденения на Советском месторождении, Ю.Н. Павлов (1971 г.) считает, что золотое оруденение месторождения прослеживается до глубины 1,0 км, а С.С. Ильенок (1971 г.) и А.М. Сазонов (1979 г.) - до глубины 3-5 км.

Поисковые признаки и критерии оруденения

При поисках месторождений малосульфидной золото-кварцевой формации эльдорадинского типа установлен ряд поисковых признаков и критериев. Наиболее значимыми из них являются: минералогические, геохимические, россыпеобразующие признаки, структурные, литологические, геофизические критерии.

Минералогический признак. Золото-кварцевый малосульфидный тип руды наполовину и более состоит из кварца. Поэтому сосредоточенные кварцево-жильные обособления являются прямым поисковым признаком. Поисковые работы практически сводятся к выявлению, оконтуриванию и определению степени золотоносности кварцево-жильных зон.

Характерны отсутствие либо незначительные количества (до 1-2%) карбоната во вмещающих породах и, как следствие этого, в руде. Отсутствует и карбонатизация, как метаморфогенно-метасоматический процесс. Для месторождений и проявлений Перевальнинского рудного узла из сульфидов наиболее характерны арсенопирит и, в меньшей мере, пирротин, для Александро-Агеевского - пирит и арсенопирит и для Советского рудного узла - пирит и пирротин, то есть роль арсенопирита в северо-западном направлении от месторождения Эльдорадо к месторождению Советское уменьшается. В этом же северо-западном направлении от месторождения Эльдорадо к Советскому увеличиваются насыщенность сульфидов серой и общее возрастание роли серы вплоть до образования залежей пирита и пирротина или интенсивной вкрапленности галенита (Григорьевское рудопроявление).

Весьма благоприятным фактором при поисках золото-кварцевых малосульфидных руд является присутствие в кварце вкрапленности поздних сульфидов полиметаллической группы (халькопирит, сфалерит, галенит). Такие участки характеризуются более высокими содержаниями золота и большей частотой встречаемости видимого золота. По-видимому, это связано с перераспределением и укрупнением более раннего золота.

Геохимические признаки. Многолетние площадные геохимические работы установили, что наиболее информативными элементами-спутниками золота в пределах всей Советско-Перевальнинской рудной полосы являются мышьяк, серебро, медь, свинец, цинк.

Характерной особенностью всех вторичных ореолов рассеяния являются их четко выраженная линейная вытянутость согласно простирания пород, залеганию рудных зон и полное соответствие качественных и количественных параметров ореолов минералогическим особенностям рудных тел и вмещающих пород. Особенно это заметно в рамках рудных узлов: Перевальнинского, Александро-Агеевского и Советского.

Рудные зоны в целом сопровождаются вторичными ореолами с содержанием золота до 0,01 г/т, а над участками с промышленным оруденением (рудные тела) содержание золота достигает 1,0 г/т и более.

Самым информативным в поисковом плане элементом-спутником золота является мышьяк. Наиболее контрастные положительные аномалии этого элемента с содержанием до 0,1% распространены в Перевальнинском рудном узле. В Александро-Агеевском узле они уже меньше по размерам и ниже по содержанию, а в Советском рудном узле аномалии мышьяка практически отсутствуют. Геохимическая зональность подчеркивается минералогической: содержание арсенопирита в рудах уменьшается от месторождения Эльдорадо в направлении к месторождению Советскому.

Ореолы серебра фиксируются только в пределах Советского рудного узла. В Александро-Агеевском и Перевальнинском рудных узлах ореолы серебра практически отсутствуют.

Ореолы мышьяка для Перевальнинского рудного узла, а свинец и медь для Советского узла, являются прямыми поисковыми признаками, а комплекс элементов, состоящий из мышьяка, свинца и меди - элементами-индикаторами оруденения.

Объектами внимания при поисках золото-кварцевых малосульфидных руд должны быть все, в том числе и слабоконтрастные разрозненные вторичные ореолы золота, мышьяка, серебра, а также ореолы свинца и меди с содержаниями выше фона.

Россыпеобразующий фактор. Россыпи Советско-Перевальнинской зоны сконцентрированы в узкой полосе верхнепротерозойских пород шириной 15-20 км, протягивающейся в северо-западном направлении на расстояние 60-70 км. Общая конфигурация золотоносных площадей, положение наиболее богатых россыпей относительно известных месторождений и проявлений рудного золота и ряд других признаков свидетельствуют в пользу того, что между ними существует прямая связь. Золотоносные россыпи р.Енашимо являются крупнейшими в Сибири. Из них добыто порядка 300 т металла. Наиболее богатой ее частью является отрезок долины длиной 35 км вместе с правыми притоками от устья р. Каломи до р. Количикан вдоль которого протягивается Советско-Перевальнинская полоса. Наибольшим богатством россыпей из правых притоков характеризуются р. Севагликон (добыто 63551 кг металла) и р. Актолик (добыто 48928 кг металла). Концентрация металла в россыпях этих рек составляла до 450-500 г/м³. Обе эти реки берут свое начало на площади месторождения Эльдорадо.

При изучении закономерностей распределения россыпей устанавливается зависимость между масштабами россыпи, особенностями россыпного золота и коренным золотым оруденением. Самые крупные золотоносные россыпи расположены в пределах или вблизи площадей с интенсивным проявлением золото-кварцевого оруденения и отражают в общих чертах их генетические особенности.

Еще в «Атласе приисков Северо-Енисейской тайги»

за 1886 год (!) был сделан вывод, что «высокая золотоносность истоков р. Актолика, Севагликона, Каломи и притоков Огне указывают на наличие в их пределах богатых золоторудных месторождений» (Середенко и др., 1992 г.). Позднее, в 1925 году И.А. Молчанов по характеру множества россыпей района выделил ряд площадей с предполагаемыми коренными источниками. Впоследствии на их территории были открыты новые золотоносные кварцево-жильные проявления.

В этой связи анализ россыпной золотоносности оказывает существенную помощь при поисках золото-кварцевого малосульфидного типа руд, и наоборот.

Структурный фактор определяет размеры, морфологию и пространственное положение рудных тел.

Месторождение Эльдорадо, как и другие месторождения Советско-Перевальнинской рудной полосы, приурочено к верхнепротерозойскому структурному этажу миогеосинклинальной зоны. Расположение месторождений в целом контролируется зоной Ишимбинского глубинного разлома, прослеживающегося в северо-западном направлении через весь Енисейский кряж. В структурном плане месторождение приурочено к северо-восточному крылу Успенско-Ольгинской антиклинали.

Напряженный характер дислокаций с широким развитием зон трещиноватости, рассланцевания и мелкой складчатости обуславливают на отдельных участках возникновение зон динамометаморфизма и повышенной проницаемости в сланцевой толще, которые являются вмещающими структурами для кварцево-жильных зон. Последние имеют северо-западное простирание, кулисообразное расположение, мощность от первых метров до первых сотен метров, длину до десятков километров.

Разрывные нарушения широтного и северо-восточного направления на пространственное размещение золотого оруденения оказывают меньшее влияние. Увеличение интенсивности оруденения отмечается на участках пересечения северо-западных и широтных разрывов и обусловлено, по-видимому, большей проницаемостью пород.

Крупные месторождения золота района приурочены к местам резких изгибов региональных геологических структур, при формировании которых в примыкающей к изгибу переслаивающейся толще образуются зоны открытых трещин, которые явились проводящими и вмещающими структурами для гидротермальных растворов.

Литологический фактор контроля оруденения. Месторождения и рудопроявления Перевальнинского рудного узла приурочены к отложениям горбилокской и удерейской свит сухопитской серии. Вверх и вниз по разрезу интенсивность оруденения уменьшается.

Тип руды находится, как правило, в тесной взаимосвязи с составом вмещающих пород. У золото-кварцевых малосульфидных руд вмещающими породами являются, в большинстве случаев, сланцы слюдисто-кварцевого состава с примесью углистого вещества (0,1-0,5%) и повышенным фоном золотоносности (Петров, 1971). К числу благоприятных факторов относятся и контакты литологически разнородных пачек пород, характеризующихся различными физико-механическими и химическими свойствами. Такие контакты благоприятны и для образования линейных кор выветривания .

Геофизические критерии являются косвенными. При поверхностных работах электроразведка, в сочетании различных методов, позволяет выявить по повышенным значениям кажущегося сопротивления отдельные кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны, а по аномальным значениям электронной проводимости и вызванной поляризации - зоны прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. Рудное поле месторождения сопровождается пониженным фоном естественной радиоактивности. В скважинах кварцевые жилы и зоны повышенной вкрапленной сульфидной минерализации на каротажных диаграммах четко фиксируются резкими пиками повышения удельного сопротивления и снижением гамма-активности напротив кварцевых жил и изрезанными графиками повышенных значений проводимости напротив зон сульфидной минерализации, пропускаемые нередко при геологической документации из-за потери керна в процессе бурения.

Прогнозная оценка

На месторождении Эльдорадо подсчет запасов выполнен раздельно для открытой и для подземной добычи (Гонтарь и др.,1983 г.). Протоколом 9327 от 27.10.83 г. ГКЗ утверждены запасы в следующих количествах (табл. 3.38).

При определении прогнозных ресурсов месторождения Эльдорадо нельзя ограничиваться оценкой только его флангов и глубоких горизонтов. В непосредственной близости к нему (не далее 8-10 км) расположены месторождение Пролетарское и рудопроявления Вершинка, Ударное, Первенец и Ольгинское. Все они образуют практически непрерывную кварцево-жильную зону северо-западного простирания и характеризуются одинаковым золото-кварцевым малосульфидным типом руды. Это позволяет рассматривать их как минерально-сырьевую базу единого горнорудного предприятия.

Оценка перспектив месторождения на флангах и на глубину, а также прогнозная оценка других объектов Перевальнинского рудного узла выполнена по результатам работ различных лет и стадий. На месторождении Эльдорадо ресурсы глубоких горизонтов и флангов Первой рудной зоны оценены по материалам детальной разведки (Гонтарь и др., 1983 г.), Третьей и Четвертой жильных зон и месторождения Пролетарское - по данным поисково-оценочных работ (Гонтарь, 1988 г.), выполненных по рекомендации ГКЗ после утверждения запасов по Первой и Второй жильным зонам месторождения Эльдорадо. Прогнозные ресурсы остальных объектов Перевальнинской рудной зоны определены по результатам поисково-оценочных работ, выполненных в период 1974-1988 годов. Результаты сведены в таблицу 3.39.

Ближайшие перспективы укрепления минерально-сырьевой базы горнодобывающего предприятия связаны с переводом в активные запасы имеющихся прогнозных ресурсов месторождения Эльдорадо и других близлежащих объектов Перевальнинского рудного узла. Золотое оруденение ни месторождении Эльдорадо прослежено редкой сетью скважин до глубины 350 м без видимых признаков уменьшения содержаний, либо мощностей рудных тел. Л.В. Ли (1970) на основании изучения вещественного состава руд месторождения сделал вывод о более высокотемпературных и более глубинных условиях его образования, чем Советское, но с более глубоким эрозионным срезом. Действительно, значительная протяженность жильных зон, устойчивый характер распределения рудной минерализации в пространстве свидетельствуют о большом удалении источников золотоносных растворов и значительном размахе оруденения по вертикали. С.С. Ильенок с соавторами (1971 г.) и А.М. Сазонов (1979 г.) в результате длительного изучения месторождения пришли к выводу, что оруденение на месторождении Эльдорадо выдерживается до глубины 3-5 км. Ю.Н. Павлов (1971 г.) развитие золотого оруденения ограничивает глубиной 1,0 км.

Дополнительные перспективы будут реализованы, по-видимому, в юго-восточном направлении от месторождения Эльдорадо, куда более чем на 30-40 км прослеживается рудовмещающая полоса сланцев горбилокской свиты, обуславливая золотоносность ручьев Хококо, Шевандак, Мекся и реки Вангаш.

Таблица 3.38

Сводная таблица запасов по месторождению Эльдорадо

Категория Запасов	Для открытой разработки			Для подземной отработки		
	Руда, тыс.т	Содержание, г/т	Металл, кг	Руда. тыс.т	Содержание, г/т	Металл, кг
C_1	11296	2,8	32013	724	3,8	2768
C_2	1518	2,5	3857	7176	3,3	23641
C_1+C_2	12814	2,8	35870	7900	3,3	26409
Всего для открытой и подземной отработки C_1+C_2	20714	3,0	62279			

Учитывая кулисообразное расположение рудных зон с «уступом вправо», первоочередной интерес представляет также и полоса от Ольгинского рудопроявления до рудопроявлений Источное, Верхне-Таловские жилы и далее на юго-восток.

Анализ материалов по изучению месторождения Эльдорадо и других месторождений и рудопроявлений Перевальнинского рудного поля и Советско-Перевальнинской рудной зоны позволяет предположить, что условия образования месторождения Эльдорадо являются типичными для месторождений, приуроченных к локальным линейно-вытянутым зонам повышенного динамотермального метаморфизма.

С этой позиции геолого-структурная модель месторождения представляется в виде системы протяженных кварцево-жильных зон северо-западного простирания и крутого северо-восточного падения среди слюдисто-кварцевых, часто гранатсодержащих сланцев горбилокской свиты среднего рифея. Всего на месторождении выделяется четыре кулисообразно расположенных рудных зоны. Максимальными размерами и золотоносностью характеризуется Первая рудная зона. Ее длина составляет 2650 м, мощность 10-150 м, установленная глубина развития - 350 м.

Рудные тела выделяются по данным опробования. Форма рудных тел в плане и разрезе линзовидно-ленточная. Максимальная длина наибольшего рудного тела 1 - 1380 м, средняя мощность - 11,7 м, по падению прослежена на 325 м. Вещественный состав руд прост, в основном, это кварц, слюдисто-глинистые минералы, сульфиды (арсенопирит, пирротин). Золото связано с кварцем, в меньшей степени, с сульфидами. Схема переработки руды включает предварительное рентгенрадиометрическое обогащение, затем гравитационно-флотационное с гравитационной доводкой гравитационного концентрата и сорбционным выщелачиванием флотационного концентрата. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия отработки месторождения просты.

Выдержанная прямолинейная форма рудных зон в плане и разрезе на значительном расстоянии при относительно малой мощности свидетельствует о том, что кварцево-жильные зоны приурочены к прямолинейным тектоническим структурам разрывного характера. Отсутствие какой-либо зональности (минералогической, геохимической и т.д.) по простиранию и падению свидетельствуют о значительной удаленности рудогенерирующего источника и о значительном размахе оруденения как по простиранию, так и по падению. Предполагаемая нами глубина развития золотых руд месторождения Эльдорадо соизмерима с таковой Советского месторождения и составляет не менее 1200-1500 м.

Запасы месторождения, в первую очередь, могут быть увеличены за счет перевода ресурсов золота категории P_1 в запасы промышленных категорий при доразведке месторождения на глубину. Общие перспективы месторождения связаны с поисками новых рудных зон; в том числе и слепых, не выходящих на поверхность как в пределах самого рудного поля, так и юго-восточном направлении от него.

3.1.3. Аяхтинский рудный узел

Введение

Район расположен в Северо-Енисейском районе Красноярского края в нижнем течении р. Пенченга. Ближайшим населенным пунктом является пос. Брянка, пристань на р. Бол. Пит. Участок работ связан грунтовой дорогой с пос. Брянка (30 км), грунтовой дорогой с районным центром пос. Мотыгино (150 км). Пристань Брянка связана шоссейной дорогой с пос. Северо-Енисейск, центром Северо-Енисейского района. Сообщение пос. Северо-Енисейск и пос. Мотыгино с г. Красноярском осуществляется автотранспортом и вод-

Таблица 3.39

Сводная таблица запасов категории C_1+C_2 и прогнозных ресурсов категории P_1 золота объектов Перевальнинского рудного узла

Объект	Запасы категории C_1+C_2			Прогнозные ресурсы категории P_1		
	Руда, тыс.т	Содержание, г/т	Металл, кг	Руда, тыс.т	Содержание, г/т	Металл, кг
Месторождение Эльдорадо						
Первая жильная зона	20714	3,0	62279			
Рудное тело 1				7155	3,9	27905
Рудное тело 2				5308	3,0	15924
Рудное тело 3				2599	3,3	8577
Третья жильная зона	62	5,5	341	19	14,6	277
Четвертая жильная зона	699	3,8	2684	1325	3,3	4352
Месторождение Пролетарское						
Вторая жильная зона	224	4,3	963	153	4,2	643
Рудопроявление Первенец	834	4,4	3684	590	5,9	3457
Рудопроявление Ударное	362	3,7	1325	1001	2,9	2903
Рудопроявление Вершинка	697	4,5	3111			
Рудопроявление Ольгинское				567	2,4	1361
Итого	23592	3,0	74387	18717	3,5	65399

ным путем по рр. Бол. Пит – Енисей и Енисей – Ангара.

Рельеф района образован сочетанием широких, частично заболоченных речных долин с плоско-увалистым водоразделом. Склоны водоразделов относительно пологие 15-20°, интенсивно задернованные, превышения водоразделов над тальвегами долин гидросети 120-250 м. Абсолютные отметки вершин 560-615 м, долин 360-415 м. Наиболее крупная река района р. Пенченга, более мелкие водотоки Утунгун, Аяхта, Кондуяк, Оллонокон, Севагликон.

Площадь покрыта смешанной тайгой, с преобладанием темнохвойных пород деревьев. Обнаженность района низкая, коренные породы обнажаются в основании крутых бортов рек. Остальная часть территории, за исключением вершинных поверхностей, перекрыта рыхлыми образованиями делювиальных отложений и рыхлыми образованиями кор выветривания.

По ландшафтно-геохимическому районированию площадь относится к предгорной хвойно-смешанной подзоне (Кудрявцев, 1974 г.). Внутри подзоны выделяются долинные закрытые, трансэлювиальные открытые и элювиальные ландшафты, различающиеся видами почв и растительности.

Наибольшим распространением пользуются таежные кислые нео-подзоленные почвы, развитые на водоразделах и склонах на терригенных породах сухопитской серии.

Климат района резко континентальный, средняя годовая температура -3,7 °С, положительный максимум в июле +37°С, минимум -50°С в декабре и январе. Среднегодовое количество осадков 400-600 мм, устойчивый снежный покров ложится в начале октября, таяние снега и вскрытие рек происходит в мае. Глубина сезонного промерзания грунта 1-2 м. Многолетняя мерзлота носит островной характер и встречается на склонах северной экспозиции.

Климатические условия определяют продолжительность полевого периода работ, с учетом организации и ликвидации, - 4 месяца.

Освоение золотых месторождений началось более 150 лет назад, с разработки богатых россыпей золота. В настоящее время в районе ведется добыча россыпного золота в верховьях р. Красавица

Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность

Геологическая изученность. Открытие месторождения Аяхта относится к 1909 г., а эксплуатация осуществлялась с перерывами с 1911 до 1945 гг., в 1945 г. разработка была остановлена. Разведано месторождение с поверхности канавами и шурфами, на глубину вскрыто шахтами – Аяхта, Центральная, №1 и №3 до горизонта 105 м. Буровыми скважинами оно изучалось до глубины 200-230 м. Эксплуатационные работы были сосредоточены на одном участке протяженностью около 600 м. За весь период эксплуатации на месторождении было добыто 2,4 т золота при среднем его содержании в рудах 8,3 г/т (с вариациями в различные годы от 4,16 до 10,6 г/т).

Первоначально оно изучалось рудничными геологами Б.Л. Степановым (1924 г), А.Н. Кулинковичем (1937 г), А.П. Конышевым (1939 г), Л.И. Замориным (1941 г), а также профессором Н.Н. Горностаевым (1934 г), позднее район и рудное поле месторождения подвергались изучению при геологической съемке масштаба 1:50 000 (Смирнов,1963 г.) и геологическому доизучению масштаба 1:50 000 (Середенко,1979 г).

Район Аяхтинского рудного узла изучался при геологической съемке масштаба 1:200 000 (Горбунов, 1951), при общих поисках масштаба 1:25 000-1:100 000 (Озерский, 1954 г; Покровский, 1955 г; Неволин, 1959 г), детальных поисках масштаба 1:1000-1:10 000.

Б.Л. Степанов (1924 г.) определил перспективы месторождения, исходя из представлений о его глубоком эрозионном срезе. Детальная сводка о россыпях и коренных месторождениях золота приводится И.А. Молчановым (1929 г.). Разведочные работы на месторождении в 1937-39 гг. проведены А.Н. Кулинковичем и А.П. Конышевым, установившими строение кварцево-жильных зон.

В.Г. Назаров в отчете за 1947 г. Аяхтинской ПРП указывает на золотоносность не только кварцевых жил, но и гранитов, мигматитов и сланцев.

В ходе геологосъемочных работ под руководством Е.В. Покровского (1960 г.) выявлены рудопроявления в бассейнах рек Севагликон, Оллонокон (Смирнов, 1963 г.).

При геологическом доизучении (Середенко, 1979 г.) с целью опробования кварцевожильных зон на месторождении пройдены магистральные траншеи. Для оценки золотоносности кварца и вмещающих сланцев опробование проводились бороздами длиной до 5 м и задирками по кварцевым жилам. Те содержания, которые были известны по предыдущим работам, не обнаружены и причины этого пока не выяснены. На западном фланге месторождения пройдены две скважины глубиной 234 и 285 м с целью прослеживания оруденения на глубину. Установлено продолжение кварцево-жильных зон на глубину (0,9 г/т на интервал 9,6 м, 1,1 г/т на интервал 9,2 м) и появление новых кварцево-жильных зон.

Современные представления о геологии месторождения основаны на результатах исследований П.С. Бернштейн, Н.В. Петровской, Л.В. Ли, В.М. Даценко, С.С. Сердюка, В.А. Зонова, подробно изучавших минералогию, структуру и генезис месторождения (Бернштейн, 1951; Бернштейн, Петровская, 1954; Петровская, 1955; Ли, Даценко, 1970; Сердюк, Зонов, 2003; Сердюк, 2004).

Геохимическая изученность. В процессе геологосъемочных работ, выполненных в пределах рудного узла, проводились литогеохимические поиски, шлихогеохимическая съемка (Смирнов, 1962 г.; Середенко, 1979 г.), которые позволили установить контрастные и слабоконтрастные локальные и площадные моноэлементные ореолы мышьяка, свинца, шлихового золота, а также комплексные площадные ореолы мышьяка, серебра, свинца, цинка, висмута. Литогеохимические ореолы локализованы преимущественно, в поле пород пенченгинской, кординской, горбилокской и удерейской свит. На площади рудного поля проведена литогеохимическая съемка масштаба 1:10 000, спектрозолотометрическая съемка в том же масштабе, которые выявили полосу вторичных аномалий золота, мышьяка, полиметаллов северо-восточного простирания. Полоса имеет форму прямолинейной зоны, включающей на северо-востоке Аяхтинское месторождение. Характерной особенностью крупных месторождений Енисейской провинции является выдержанная линейная форма группировки кварцевых жил и кварцево-жильных зон.

Наиболее крупные комплексные литохимические ореолы охватывают Аяхтинскую кварцево-жильную зону и протягиваются почти на 15 км, от Аяхтинского месторождения через верховье р. Красавицы и до верховьев р. Севагликон. Максимальной ширины (около 4 км) комплексный литогеохимический ореол достигает в периклинальном замыкании Кадринской брахиантиклинали, сложенного породами пенченгинской и кординской свит и осложненного внедрением гранитоидов Аяхтинского массива.

Ю.А. Озерским (1954 г.) при поисково-съемочных работах масштаба 1:100 000, на Кондуякском участке по данным металлометрического опробования отстроены ореолы с повышенным содержанием кобальта, при проверке которых вскрыты лимонитизированные породы.

Ю.А. Кудрявцевым (1974 г.) завершены работы по ландшафтно-геохимическому районированию части Енисейского кряжа. Было показано, что наиболее эффективными являются поиски по потокам рассеяния и по первичным ореолам рассеяния элементов-спутников золотого оруденения, т.к. в полигенетических рыхлых отложениях склонов и водоразделов концентрации микроэлементов сильно разубожены.

Б.И. Суганов, М.Н. Афанасьев (1976 г.) обобщили результаты геохимических поисков и пришли к следующим выводам: месторождения золота фиксируются ореолами рассеяния мышьяка на уровне рудный полей и рудных зон; подлежат оценке аномальные зоны и поля ореолов индикаторов оруденения; основным методом поисков золотого оруденения является спектрозолотометрия с анализом проб на 14 элементов-спутников.

В.А. Загоскин (1979 г.) в Южно-Енисейском районе провел литохимические поиски по потокам рассеяния масштаба 1:500 000. Данные поисков показали, что по потокам рассеяния территория дифференцируется по степени рудоносности, выявляются основные рудоконтролирующие направления, аномальные зоны, приуроченные как к известным, так и к вероятным золоторудным объектам.

Геофизическая изученность. Площадь Аяхтинского рудного узла покрыта региональными геофизическими работами: магниторазведкой, гравиразведкой, спектрогаммаметрией.

Н.Н. Дашкевич (1963 г.) провел гравиметрическую съемку масштаба 1:100 000, которая дала новые данные по глубинному строению район. В.П. Артемьев, Т.П. Валента (1965 г.) провели аэромагнитную и аэрорадиометрическую съемку масштаба 1:5000 станцией АСГ-46, которая выявила горизонты магнитных пород в составе кординской, горбилокской, удерейской свит и свиты карточки, контактовые образования Аяхтинского гранитоидного массива. Новые элементы глубинного строения получены при гравиметрической съемке масштаба 1:200 000 Б.А. Жураковским и В.А. Одеговым (1971 г.), выявляется продолжение Аяхтинского массива на глубине к юго-востоку от обнаженной части массива. З.А. Козлов (1979 г.) выполнил для целей картирования магнитную съемку и электроразведочные работы методами ДЭП и ЕП масштаба 1:10 000 на площади Аяхтинского рудного поля. Получены новые данные по геологическому строению и положению кварцево-жильных зон.

Геологическое строение и металлогения Аяхтинского рудного узла

В Енисейской золотоносной провинции Аяхтинский золотоносный узел, несмотря на почти столетнюю историю изучения, остается слабоизученным, его металлогенический потенциал во многом еще не раскрыт. Выполненные обобщение и анализ имеющихся материалов позволили провести предварительную металлогеническую оценку золотоносности узла и наметить перспективные участки для проведения поисковых работ.

Аяхтинский рудный узел находится в центральной части Енисейского кряжа, охватывая площадь, примерно, в 200 км² на междуречье Панимбы, Пенченги, Большого Пита. Золотое оруденение концентрируется вокруг Аяхтинского гранитоидного массива, а наиболее его богатая часть, представленная месторождением Аяхта, рядом рудопроявлений и россыпями золота по рекам Аяхта, Унтугун, Кондуяк, Красавица, Оллонокон, Севагликон, Томпо, расположена в поле его южного экзоконтакта.

Геологическое строение Аяхтинского золотоносного узла определяется структурно-вещественными образованиями трех мегакомплексов: карельского, байкальского и альпийского (рис. 3.39).

Образования карельского мегакомплекса представлены вулканогенно-терригенно-карбонатной формацией (пенченгинская свита, нижний протерозой). Породный парагенез формации представлен ассоциацией зеленых серицит-хлорит-кварцевых сланцев (метавулканитов ?), хлоритоидных сланцев, углеродистых карбонатно-кварцево-слюдистых сланцев, мраморов, мраморизованных известняков. Региональный метаморфизм пород соответствует зеленосланцевой и местами эпидот-амфиболитовой фациям. Контактовометаморфические преобразования проявлены в связи с массивами гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса; ширина зон ороговикования вмещающих пород достигает нескольких сотен метров, в отдельных участках – до 1 км.

Байкальский мегакомплекс представлен образованиями сухопитской серии, слагающими карбонатно-вулканогенно(?)-терригенную (кординская свита), флишоидную сланцевую (горбилокская, удерейская свиты), песчано-сланцевую (свиты: погорюйская, карточки), вулканогенно-карбонатно-терригенную (потоскуйская свита), черносланцевую (шунтарская свита) и карбонатно-терригенную (киргитейская свита) формации. Породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации. Интрузивные образования, синхронные становлению байкалид, представлены телами гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса (Аяхтинский и Томповский массивы).

Стратифицированные образования карельского и байкальского мегакомплексов в пределах Аяхтинского рудного узла смяты в складку первого порядка – Кадринскую брахиантиклиналь, осложненную складчатостью более высоких порядков и системой региональных и локальных разрывных нарушений, преимущественно, северо-восточной и северо-западной ориентировки. Осевая плоскость брахиантиклинали ориентирована в нетрадиционном для Енисейского кряжа субширотно-северо-восточном направлении. Ее восточное периклинальное замыкание в пределах рудного узла осложнено внедрением гранитоидов Аяхтинского массива. Особенностью зоны контакта гранитоидов и вмещающих пород является довольно сильные ее «изрезанность» и волнистость, формирующие отдельные «заливы» и «выступы» сланцевого (Аяхтинский «клин») и гранитоидного (Нижне-Оллононконский «выступ») состава.

Альпийский мегакомплекс представлен фрагментами каолиновых кор выветривания (верхний мел-палеоген ?), элювиально-делювиальными, аллювиальными и террасовыми терригенными образованиями (древнечетвертичные – современные отложения) общей мощностью до первых десятков метров.

Изучение геологического строения Аяхтинского золоторудного узла с применением методов структурных построений, дешифрирования космоснимков, интерпретации геофизических данных выявило новые элементы структуры, которые значительно увеличивают перспективы выявления ресурсов золота. Такими структурными элементами являются Аяхтинская перспективная кварцево-жильная зона, кольцевая структура плутоногенной природы, брахиформная антиклиналь, зоны смятия ССВ и СВ направлений, горизонт пирротинизированных пород кординской свиты.

Кольцевая структура выделена на космоснимке по таким элементам морфоскульптуры как дуговые линии водоразделов, долин водотоков I и II порядка. Структура приурочена к Аяхтинскому массиву гранитоидов, ее контуру следует "сланцевый клин" – останец кровли массива. Это указывает на вероятный плутоногенный характер коль-

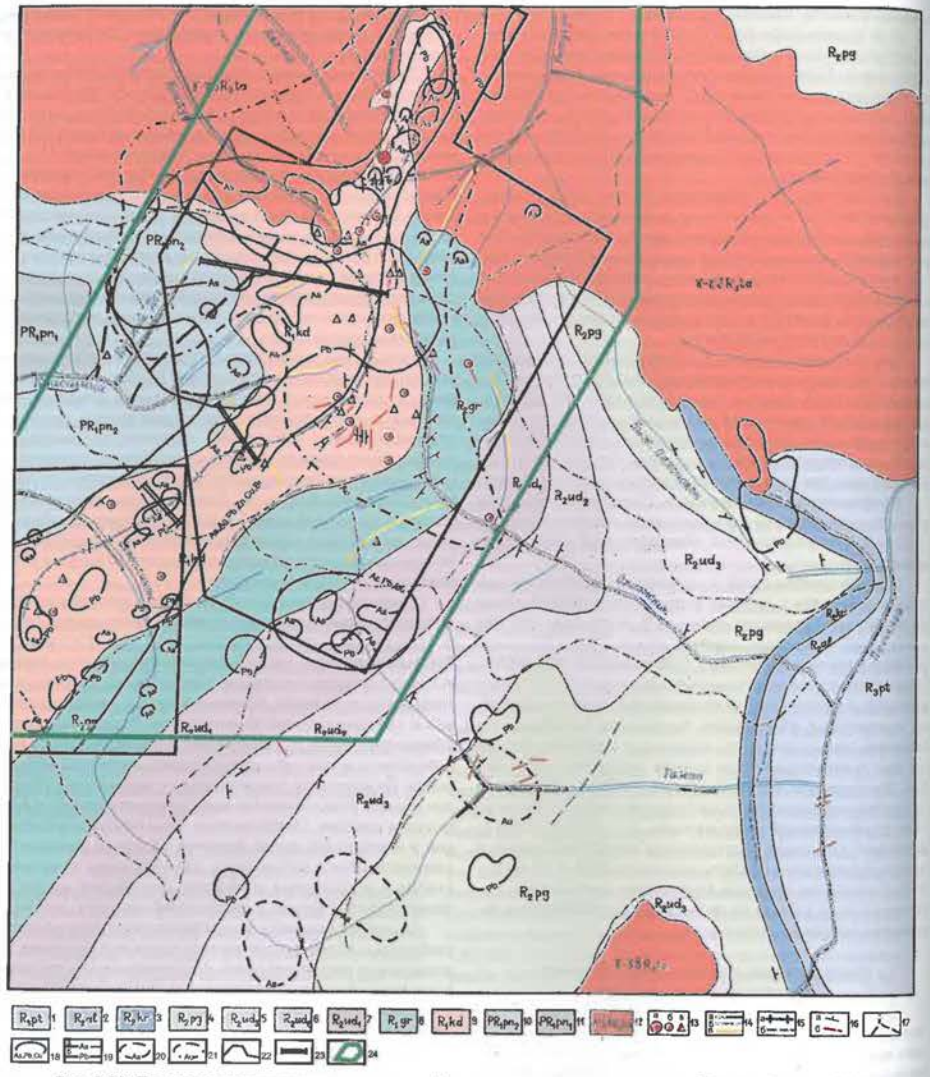


Рис. 3.39. Прогнозно-металлогеническая карта Аяхтинского золоторудного узла (Сердюк, Зонов, 2003)

Геологическая основа.1 - потоскуйская свита: сланцы кварц-серицитовые, кварц-хлорит-серицитовые, известняки, метапесчаники; 2 - аладьинская свита: известняки, доломиты, магнезиты; 3 - свита карточки: сланцы кварц-хлорит-серицит-карбонатные зеленые и лилово-красные; 4 - погорюйская свита: сланцы серицит-кварцевые в ритмичном переслаивании с метаалевролитами и метапесчаниками; 5-7 - удерейская свита: 5 - верхняя подсвита, сланцы углеродистые; 6 - средняя подсвита, сланцы хлорит-серицитовые; 7 - нижняя подсвита: сланцы серицитовые темно-серые с метаалевролитами и метапесчаниками; 8 - горбилокская свита: сланцы серицит-хлоритовые серо-зеленые, иногда с магнетитом; 9 - кординская свита: сланцы биотит-хлорит-серицит-сланцевые, часто известковистые, метапесчаники кварцевые; 10-11 - пенченгинская свита: 10 - верхнепенченгинская подсвита, углисто-карбонатные кварцево-слюдистые сланцы, мрамора; 11 - нижнепенченгинская подсвита, мрамора с прослоями известняков; 12 - татарско-аяхтинский комплекс: граниты, грано-диориты, аплиты, пегматиты. Металлогеническая основа.13 - коренные руды золота: месторождение Аяхта (а), рудопроявления (б), свалы кварца с золотом (в);14 - россыпи золота: богатые и средние (а), бедные (б), прогнозируемые (в); 15 - результаты интерпретации данных магниторазведки: горизонт магнитных пород, содержащих пирротин (а); структурные линии в осадочных породах и гранитоидах (б); 16 - элементы залегания пород (а), простирания кварцевых тел и жил (б); 17 - линии водоразделов; 18 - комплексные литогеохимические вторичные ореолы элементов-спутников золота; 19 - литогеохимические вторичные ореолы мышьяка (а), свинца (б); 20 - шлихогеохимические аномалии мышьяка; 21 - шлиховые ореолы золота; 22 - участки детальных литогеохимических поисков. Прогнозное районирование. 23 - рекомендуемые профили геофизических и геохимических исследований; 24 - рекомендуемый Аяхтинский участок для проведения поисковых работ на золото

цевой структуры, которая могла образоваться при становлении Аяхтинского батолита и поэтому, вероятнее всего, является купольным поднятием. В региональном плане поднятие контролирует золотое оруденение, к нему приурочено Аяхтинское месторождение, проявления 1-е и 2-е Базисные и Верхнее, россыпь по р. Оллонокон, локальное обогащение россыпей по р. Пенченге, россыпи по притокам р. Унтугун, расположенные на гранитах.

Кадринская брахиформная антиклиналь отчетливо выражена на космоснимках благодаря отложениям кординской свиты с горизонтами кварцитов, более устойчивых к выветриванию и поэтому слагающих водораздельные возвышенности, подчеркивающие структуру брахиантиклинали. К периклинальной части брахиантиклинали тяготеют головки россыпей рр. Оллонокон, Кондуяк, Кадра и приустьевой части р. Севагликон, в сводовой внутренней части брахиантиклинали находятся россыпи р. Красавицы и ее притоков Коровий Лог и Ивановский. Если россыпи золота периклинальной части антиклинали имеют своим источником, вероятнее всего, кварцевожильные зоны в образованиях кординской свиты, то россыпи внутренней части не имеют признаков связи с коренными источниками в виде кварцево-жильных зон. Учитывая, что внутренняя часть антиклинали сложена сланцами и мраморами пенченгинской свиты, есть основание предположить здесь наличие золото-сульфидных руд по аналогии с месторождениями Самсон и Олимпиада.

На площади и в районе Аяхтинского рудного узла выявлено три зоны смятия север-северо-восточного направления и одна – северо-восточного. Они дешифрируются по космоснимкам как линеаменты, строение и природа которых были выявлены на основе структурных построений с использованием элементов складчатости стратифицированных пород. Зоны смятия представляют собой линейные участки протяженностью до 12 км интенсивной складчатости с крутым падением крыльев складок, выдержанной ориентировкой осевых линий складок, согласным залеганием кварцевых жил.

Зоны смятия ССВ направления отчетливо контролируют золотое оруденение, в одной из зон находится месторождение Аяхта и полоса рудопроявлений и проявлений южнее месторождения. Расположенная западнее зона контролирует группу рудопроявлений и проявлений в бассейне р. Севагликон и россыпь по р. Красавица (руч. Коровий Лог), одну из самых богатых в районе. Еще одна зона смятия располагается к востоку от Аяхтинского рудного узла; она пересекает восточный контур купольного поднятия. В этом месте отмечается локальное обогащение россыпи золота по р. Пенченге. Зона в нескольких местах пересекает прямолинейный участок долины р. Пенченги, где можно предположить наличие подрусловых коренных источников питания россыпи.

Анализ магнитного поля по осевым линиям положительных аномалий выявил присутствие в осадочных породах пирротинсодержащих слоев. Большинство аномалий имеет слабую интенсивность до 50 нТл, одна линейная положительная аномалия имеет более высокую интенсивность - до 400 нТл. Слабые магнитные аномалии совпадают с простиранием пород и дают возможность значительно уточнить складчатую структуру рудного узла. Повышенная магнитная аномалия приурочена к отложениям средней части кординской свиты, прослеживается на 11 км от р. Севагликон до месторождения Аяхта, в том числе и внутри «сланцевого клина» месторождения.

Локализация магнитного горизонта внутри отложений кординской свиты позволяет отнести рудовмещающие породы Аяхтинского месторождения к одноименной свите. С учетом новых контуров отложений кординской свиты изменены границы горбилокской свиты, ее подошва проведена по линейным положительным аномалиям.

Магнитный пирротинсодержащий горизонт кординской свиты пространственно совпадает с местонахождением пяти рудопроявлений и семи точек минерализации золота и, вероятно, указывает на рудолокализующую роль горизонта. Это подтверждается данными по эксплуатации месторождения Аяхта, где отмечалось значительное содержание пирротина в рудах. В кварцеворудных телах Параллельной зоны и некоторых участков Основной зоны отмечался пирротин, который нередко преобладал над другими минералами. Нахождение в Аяхтинском рудном узле пирротинсодержащего рудолокализующего горизонта большой протяженности, значительно расширяет перспективы обнаружения новых месторождений золота.

Металлогенические особенности Аяхтинского золотоносного узла определяются развитием в его пределах таксонов разного масштаба: рудных полей и месторождений золотокварцевой формации (Аяхтинское), перспективных рудных полей, зон, участков, рудопроявлений (1-е и 2-е Базисные, Верхнее), точек рудной минерализации этой же формации, перспективных объектов золото-сульфидной формации (верховье р. Красавица), участков гидротермально-метасоматических образований (кварцевые жилы и их зоны, зоны метасоматитов и сульфидной минерализации), объектов экзогенной золотоносности (золотоносные коры выветривания, аллювиальные россыпи золота), литогеохимических, шлиховых, шлихогеохимических аномалий.

В пределах рудного узла нами прогнозируется Аяхтинская кварцевожильная зона шириной от первых сотен метров до 2 км, протягивающаяся в юг-юго-западном направлении более чем на 10 км, от Аяхтинского месторождения, через верховье р. Красавица, до верховьев р. Севогликон, и охватывающая около 30 локальных кварцевожильных зон, маркирующих их кварцевых свалов.

Приведем краткую характеристику некоторых изученных рудопроявлений и точек минерализации, заимствованную из работ М.С. Смирнова (1962 г.), Г.А. Середенко (1979 г.), С.К. Никифорова (1944 г.), К.Ш. Яркаева(1959 г.).

Проявление на левобережье р. Кондуяк (южнее пос. Кондуяк, Аркадьевские отводы): в углеродистых черных сланцах канавами вскрыта зона кварц-полевошпатовых и кварцевых жил и прожилков мощностью от 1-5 мм до 1,0 м. В протолочках жильного материала установлено до 100 знаков торита, шеелита, арсенопирита, пирита. Проявление в верховьях рр. Кондуяк и Унтугун: сложная жила Первая Базисная, представленная серией прожилков и линз кварца мощностью от 0,3 до 1,0 м,(падение северо-западное 5-45°), прослеженной по простиранию на 140 м (и глубину 35 м); среднее содержание золота 4,5 г/т, максимальное – 50,0 г/т. Там же, сложная жила Вторая Базисная – серия кварцевых линз мощностью 0,2-0,45 м, (падение северо-западное – 45°), прослеженных на 60 м, максимальное содержание золота 12,8 г/т. В верховье р. Оллонокон – рудопроявление «зона Верхняя»: в мусковитизированных кварцитах выявлено 50 секущих жил кварца от первых сантиметров до 3,0 м, изученная протяженность зоны (простирание СЗ – 330°, падение на северо-восток под углом 60-70°) составляет 60 м, содержание золота достигает 10-26 г/т.

Проявления в верховьях р. Оллонокон: 1) шесть кварцевых жил мощностью до 0,3 м, длиной до 3 м, содержание золота до 5,2 г/т, в одной пробе – 100 г/т; 2) тринадцать линзовидных кварцевых жил мощностью до 1,0 м, прослеженных по простиранию на 13,5 м, по падению (северо-восток 60-75°) на 15,6 м, содержание золота низкое, в единичных пробах до 60,0 г/т; 3) одиннадцать кварцевых жил мощнос-

тью от 0,1 до 1,3 м, длина по простиранию (СЗ 330°) до 30 м, содержание золота до 2,8 г/т; 4) в углеродистых кварц-серицитовых сланцах выявлена серия линзовидных жил мощностью до 2,0 м, прослеженных на 40 м, падение юго-восточное по углом 60-70°, содержание золота 1,0 г/т. На водоразделе рр. Красавица и Оллонокон – в песчаниках кординской свиты бульдозерной расчисткой в интервале 70 м вскрыты многочисленные секущие кварцевые прожилки ноздревато-го лимонитизированного кварца мощностью 1-10 см, содержание золота в пробах на массу составило 0,1-0,3 г/т. На водоразделе рр. Севогликон и Красавица в темно-серых хлоритоидных сланцах кординской свиты вскрыта система многочисленных кварцевых прожилков и жил мощностью 0,1-0,3 м, максимальное содержание золота достигает 5 г/т.

На остальной территории узла также известны отдельные проявления золото-кварцевого типа в виде единичных жил и их групп (рр. Оллонокон, Томпо, Пенченга), значение которых пока также не установлено.

Оценка перспектив Аяхтинского рудного узла, в значительной мере, определяется наличием россыпей золота, их богатством и площадным распространением. Золоторосыпной потенциал (добыча + запасы) и протяженность россыпей по водотокам следующие: руч. Коровий Лог -1520 кг (протяженность 2 км), р. Красавица – 821 кг (8,5 км), руч. Кондуяк – 1226 кг (5,0 км), р.Аяхта – 576 кг (4,0 км), р. Унтугун – 936 кг (5,8 км), р. Оллонокон – 2285 кг (9,8 км), руч. Севогликон – 254 кг (2,0 км), что в сумме составляет 4332 кг. Средняя линейная продуктивность россыпей узла 123 кг/км. Каждая россыпь золота располагается в долине, где находятся источники коренного золота.

По результатам предварительной комплексной интерпретации геофизических полей, выполненной В.А. Кириленко (2003 г.), в пределах Аяхтинского рудного узла выделяются тектонические нарушения северо-западного, северо-восточного и северного направлений, осложняющие структурный план Кадринской брахиантиклинали и Аяхтинской синклинали. Отмечается четкая пространственная связь всех золоторудных месторождений, проявлений с зонами и узловыми пересечениями вышеперечисленных тектонических нарушений. Золоторудные тела Аяхтинского месторождения расположены в зоне северо-восточных дислокаций и имеют согласное с ними направление. Золотоносные жилы верховья рр. Кондуяк, Оллонокона приурочены к крупному северо-западному амплитудному разлому со взбросово-сдвиговой кинематикой.

С зонами и узловыми пересечениями тектонических нарушений пространственно связаны: литогеохимические аномалии золота, серебра, висмута, мышьяка и др.; контрастные отрицательные аномалии ЕП интенсивностью до – 1000 mV, фиксирующие области высокой сульфидизации пород; высокоомные аномалии электросопротивлений (от 5000 до 20 000 Омм), отвечающие зонам окварцевания пород; линейные коры выветривания, прослеживающиеся по низкоомным (100-500 Омм) аномалиям электросопротивлений.

По данным анализа физических полей выделяется комплексная аномальная зона вдоль системы тектонических нарушений северо-восточного направления, (отрицательные аномалии ЕП интенсивностью от - 300 до - 1000 mV, положительные магнитные аномалии), пространственно совпадающая с полями развития образований средне- и нижнекординской подсвит. Зона обусловлена, вероятнее всего, сульфидизированными (пирротинизированными) породами кординской свиты.

Судя по характеру аномалий ЕП, области сульфидизации отмечаются и вдоль разрывных нарушений северо-западного направления (верховье р. Севогликон и р. Оллонокон), секущих образования пенченгинской, кординской, горбилокской свит. Следует отметить, что сульфидная минерализация в юго-восточной и центральной частях Аяхтинского рудного узла проявлена в гораздо большей мере, чем это отмечается в районе Аяхтинского месторождения.

Учитывая результаты интерпретации физических полей, наиболее перспективными площадями на проявление промышленного золотого оруденения могут явиться – центральная (междуречье верховьев рр. Кондуяк и Оллонокона) и юго-восточная (верховье р. Севогликон) части Аяхтинского рудного узла, где отмечается высокая нарушенность разломами образований, слагающих территорию, а также отмечаются отрицательные аномалии ЕП наибольшей интенсивности.

По результатам интерпретации данных магниторазведки выделенная Аяхтинская кварцевожильная зона четко совпадает с прогнозируемым горизонтом пирротинсодержащих пород. В поле пород пенченгинской свиты, в верховьях р.Красавица, прогнозируется участок развития золотосульфидного оруденения и золотоносных кор выветривания самсоновского или олимпиадинского типов.

Выполненные в пределах рудного узла литогеохимические поиски, шлиховая съемка (М.С. Смирнов, 1962 г.; Г.А. Середенко, 1979 г.) позволили установить контрастные и слабоконтрастные локальные и площадные моноэлементные ореолы мышьяка, свинца, шлихового золота, а также комплексные площадные ореолы мышьяка, серебра, свинца, цинка, висмута. Литогеохимические ореолы локализованы преимущественно в поле пород пенченгинской, кординской, горбилокской и удерейской свит.

Наиболее крупные комплексные литохимические ореолы охватывают Аяхтинскую кварцевожильную зону и протягиваются почти на 15 км, от Аяхтинского месторождения через верховье р. Красавицы и до верховьев р. Севогликон. Максимальной ширины (около 4 км) комплексный литогеохимический ореол достигает в периклинальном замыкании Кадринской брахиантиклинали, сложенном породами пенченгинской и кординской свит и осложненном внедрением гранитоидов Аяхтинского массива.

Спектрозолотометрическая съемка на площади рудного поля месторождения Аяхта показала высокую результативность по выявлению золоторудных кварцево-жильных зон, которые проявляются по комплексным ореолам Au, As, Pb, Bi.

3.1.3.1. Золото-кварцвая, золото-кварц-сульфидная формации

Аяхтинское месторождение

Наиболее изученным объектом рудного узла является Аяхтинское золотокварцевое месторождение. Первоначально оно изучалось рудничными геологами Б.Л. Степановым (1924 г.), А.Н. Куриловичем (1937 г.), А.П. Конышевым (1939 г.), Л.И. Замориным (1941 г.), а также профессором Н.Н. Горностаевым (1934 г.), позднее район и рудное поле месторождения подвергались изучению при геологической съемке масштаба 1:50 000 (М.С. Смирнов, 1963 г.) и геологическому доизучению масштаба 1:50 000 (Г.А. Середенко, 1979 г.). На район месторождения имеются региональные геологические карты, а также карты аэромагнитного (1:50 000), гравитационного (1:200 000), электрических (1:10 000) полей. Наиболее полная геологическая характеристика месторождения осуществлена П.С. Бернштейном и Н.В. Петровской, материалы которых использованы в данной статье.

Открытие месторождения относится к 1909 г., а эксплуатация осуществлялась с перерывами с 1911 до 1945 гг., в 1945 г. разработка была остановлена. Разведано месторождение с поверхности канавами и шурфами, на глубину вскрыто шахтами – Аяхта, Центральная, №1 и №3 до горизонта 105 м. Буровыми скважинами оно изучалось до глубины 200-230 м. Эксплуатационные работы были сосредоточены на одном участке протяженностью около 600 м. За весь период эксплуатации на месторождении было добыто 2,4 т золота при среднем его содержании в рудах 8,3 г/т (с вариациями в различные годы от 4,16 до 10,6 г/т).

Месторождение приурочено к «сланцевому клину», сложенному породами кординской свиты рифея и глубоко вдающемуся в тело Аяхтинского массива позднеорогенных гранитоидов. «Сланцевый клин» вытянут в северном, северо-восточном направлении на 5 км (рис. 3.40). Ширина его в наиболее узкой средней части 350 м, в южной и северо-восточной – до 600 м. Месторождение расположено в средней части "клина" и имеет вид вытянутой в север-северо-восточном направлении полосы длиной около 2 км при ширине от 80 до 120 м. Своеобразие его геологической позиции – нахождение над провесом кровли гранитной интрузии. Глубина погружения кровли не выяснена. Такое же положение определило неравномерные контактово-метаморфические преобразования пород сланцевой толщи, выразившиеся в процессах ороговикования, биотитизации, мусковитизации, турмалинизации, окварцевания. Широко развиты на площади мелкие тела гранитов, в различной степени подвергшиеся окварцеванию, альбитизации, микроклинизации, грейзенизации, а также мелкие линзы пегматитов, группирующиеся в узкие протяженные полосы. Последние, также как и граниты, затронуты постмагматическими преобразованиями.

Сланцевая тоща «клина» сложена преимущественно рифейскими кварц-биотитовыми и кварц-биотит-мусковитовыми сланцами с гранатом, реже с андалузитом и силлиманитом. Среди них отмечаются тела ороговикованных сланцев и роговиков.

Мелкие тела гранитов, секущих сланцевую толщу, представлены лейкократовыми разностями светло-серых и зеленоватых тонов, среднезернистого или порфировидного сложения; для южной эндоконтактовой зоны массива в целом характерно развитие неравномернозернистых такситовых разновидностей гранитов, обогащенных биотитом и роговой обманкой со шлировидными их скоплениями.

Слоистая структура «сланцевого клина» – асимметричная синклиналь с более коротким и крутым (углы 70-80°) запад-северо-западным крылом, длинным и пологим (углы 40-50°) – восток-юго-восточным. Она осложнена дополнительными сравнительно пологими правильными открытыми складчатыми формами различных порядков, вплоть до микроплойчатости, и разрывными нарушениями субширотного, северо-западного и северо-восточного направлений, имеющими характер сбросо-сдвигов.

Н.Н. Горностаев (1934 г.) предполагает, что вдоль "сланцевого клина" проходит зона сдвигов. Субширотные нарушения в преобладающей массе являются пострудными и часто смещают кварцевожильные образования. Амплитуда горизонтального сдвига по ним обычно не превышает 5-8 м. Значительная часть разрывных нарушений северо-западной группы также относится к пострудным; они иногда группируются в зоны. Плоскости этих нарушений падают к северо-востоку под углом 40-50°. Северо-восточные разрывные нарушения, вероятно, были заложены в дорудное и додайковое время, с ними часто сопряжены зоны повышенного рассланцевания пород и кварцевожильные образования. На месторождении развита зона окисления глубиной 70-80 м, в верховьях ручьев Оллонокон, Кондуяк, Аяхта сохранились реликты кор выветривания (М.С. Смирнов,1963 г.).

На Аяхтинском месторождении выявлены две кварцевожильных зоны 1-го порядка: Основная и Западная. В свою очередь Основная зона 1-го порядка состоит из девяти зон 2-го порядка, а Западная зона 1-го порядка - из четырех зон 2-го порядка.

Основная кварцевожильная зона 1-го порядка располагается на юго-восточном крыле синклинали и протягивается согласно ее простиранию. Она прослежена поверхностными горными выработками и буровыми скважинами на расстояние около 2000 м при ширине 60-70 м, местами и более. Строго подчиняясь складчатой структуре, кварцевожильная зона изменяет направление простирания с северного (0°), южнее шахты Центральной на северо-восточное (по азимуту 20-35°), к северу от последней. Причём, в своей северо-восточной части жильная зона имеет более устойчивый прямолинейный характер и крутое (75-80°) падение к северо-западу, в отличие от южной части, где она нередко складкообразно изгибается, что, очевидно, обусловлено влиянием дополнительных складчатых форм, и смещается сбросо- и взбросо-сдвиговыми нарушениями в пределах до 3 м. Падение ее здесь западное под углом 65-70°. Внутри рассматриваемой зоны выделяется восемь кварцевых жильных зон, из которых относительно лучше изучены две – Основная и Параллельная, являвшиеся объектами золотодобычи. Основная жильная зона по простиранию на поверхности прослежена горными выработками на 370 м, на горизонте 105 м ее протяженность 600 м и на горизонте 130-140 м. На отдельных участках (между шахтами «Аяхта» и «Центральная») она нарушена сбросами и взбросами, имеющими небольшую амплитуду перемещения. Общее простирание Основной жильной зоны северо-восточное по азимуту 25°, падение на северо-запад под углом 70-75°.

Параллельная жильная зона расположена в 5 м от Основной жильной зоны и простирается в том же северо-восточном направлении по азимуту 35° с падением на северо-запад под углом 75°. От Основной жильной зоны она отделена сдвиговым нарушением. Ее длина, прослеженная горными выработками, на поверхности составляет 400 м, на глубине на горизонте 105 м ее протяженность 490 м. Эта жильная зона, как и Основная, отработана преимущественно до горизонта 105 м.

В 13 м к северо-западу от Параллельной жильной зоны находится Западная жильная зона, которая вскрыта двумя квершлагами на горизонте105 м и несколькими колонковыми скважинами до глубины 145 м только в северо-восточной части, где имеет протяженность не менее 500 м. Она полностью не оконтурена и изучена слабо.

К юго-востоку от Основной жильной зоны с интервалами 9, 16 и 35 м располагаются Первая и Вторая Восточные и Октябрьская жильные зоны, протягивающиеся параллельно друг другу в северо-восточном направлении по азимуту 20° с падением к северо-западу под углом 65-70°. Они пересечены преимущественно небольшим числом скважин и изучены слабо. Мощность их достигает 5-6 м, на отдельных участках 7-10 м.

В пределах Основной кварцевожильной зоны жильные зоны характеризуются средними мощностями и содержаниями, приведенными в таблице 3.40.

Западная кварцево-рудная зона 1-го порядка приурочена к северо-западному крылу синклинали и вскрыта редкими канавами на протяжении 700 м. По строению, условиям залегания и морфологии кварцево-рудных тел она сходна с Основной и простирается в том же северо-восточном направлении по азимуту 40°, но с падением в противоположную сторону – на юго-восток под углом 80°. В ее пределах обособляются четыре жильных зоны мощностью

Таблица 3.40

Характеристика кварцевожильных зон 2-го порядка, составляющих Основную жильную зону 1-го порядка Аяхтинского месторождения

Жильная зона	Мощность, м	Содержание золота г/т
Западная	0,5	7,2
Промежуточная	0,12	14,7
Восточная (Первая и Вторая Восточные)	0,62	11,6
Основная	0,79	23,7
Параллельная	0,6	5,5
Октябрьская (кварциты)	25,6	0,9
Восточно-Октябрьская (кварциты)	11,4	0,4

5-6 м, редко до 8-10 м каждая. Общая ширина кварцевожильной зоны достигает 120 м. В отношении золотоносности она совершенно не изучена. В единичных пробах содержания золота составляют 2-3 г/т.

Жильные зоны состоят из системы параллельных и субпараллельных прожилков и еще большего количества кварцевых линз различной длины и мощности. Прожилки и линзы залегают согласно со структурой вмещающих сланцев, сменяя друг друга по простиранию жильной зоны и вкрест нее, и образуют, в совокупности, систему параллельных линейных цепочек. Длина линз колеблется от нескольких сантиметров до десятков метров, толщина достигает 1,5-2 м, редко более; по падению они протягиваются до 20 м. Расстояние между отдельными линзами по простиранию варьирует от десятков сантиметров до нескольких метров. Наиболее значительные по длине и мощности линзы концентрируются в центральной части жильной зоны; по направлению к периферии размеры их значительно уменьшаются. Более крупные линзы по простиранию и падению то увеличиваются в мощности, то уменьшаются с образованием мелких апофиз и прожилков. Иногда они разбиваются на целый ряд коротких линз (чечевиц), соединяющихся тонкими проводничками. Расстояние между "чечевицами" обычно не превышает 20-25 м. Нередко линзы, изгибаясь, следуют вдоль складкообразно искривленных поверхностей трещин и облекаются сланцеватостью, образующей мелкие складки в местах их выклинивания. В линзах часто наблюдаются включения вмещающих сланцев различных размеров и формы, а в зальбандах- глинки притирания. Эти кварцево-рудные образования подвергались селективной разработке на золото.

Кварцевожильные тела имеют массивные, местами вкрапленные и гнездовые текстуры. Характерна также текстура мелкопрожилкового внутрирудного пересечения и инкрустации (жилки гребенчатого кварца с друзовыми полостями).

Вещественный состав кварцевожильных образований довольно однообразен и прост. Преобладающая масса линз и прожилков сложена белым, серовато-белым крупнозернистым и сливным мелкозернистым кварцем, в котором отмечается небольшое количество мелкой рассеянной вкрапленности пирита и арсенопирита, редко – других рудных минералов. Менее распространены линзы и прожилки серого, темно-серого, голубоватого мелко- и среднезернистого кварца с жирным блеском, заметно более обогащенные пиритом и арсенопиритом, в меньшей степени пирротином, халькопиритом, золотом, находящимся преимущественно в виде мелкой неравномерно рассеянной вкрапленности, изредка – мелких гнезд и жилковидных обособлений в призальбандовых частях. Кроме этих рудных минералов обнаруживаются редкие зерна марказита, замещающего пирротин, висмутина, самородного висмута; исключительно редок молибденит обычно в ассоциации с турмалином. В линзах обеих отмеченных разновидностей кварца также встречаются в сравнительно заметных количествах мусковит и анкерит, реже альбит, хлорит, биотит, турмалин, цоизит, гранат, сфен, рутил.

В целом, для кварцеворудных тел Аяхтинского месторождения свойственно очень небольшое содержание сульфидов, редко превышающее 2-3%. Причем, среди них количественно преобладает пирит, образующий, наряду с мелкой вкрапленностью гнездовые обособления, состоящие из агрегата сравнительно крупных катаклазированных зерен, местами в срастании с арсенопиритом. На отдельных участках, например, между горизонтами 105 и 130 м Основной жильной зоны наблюдались обильные выделения арсенопирита как в виде вкрапленности, так и небольших гнезд. Арсенопирит и, особенно, пирит довольно широко развиты в боковых породах, в которых образуют также гнезда, прожилки и отдельные неправильные по форме кристаллы. Имеются сведения о том, что при эксплуатации месторождения в Параллельной и некоторых участках Основной жильных зон отмечался пирротин, который нередко преобладал над другими рудными минералами. В южной части Основной жильной зоны доминирующим среди рудных минералов является сфалерит, образующий сравнительно крупные (до 1-3 см в поперечнике) выделения в кварце и в трещинах боковых пород.

Золото в рудах Аяхтинского месторождения свободное, преимущественно, мелкое и тонкое. Отмечалось также макроскопически видимое золото размером до 1-2 мм в поперечнике, редко – более. Встречались также самородки. Золото наблюдается как в кварце, так и в боковых породах зальбандов жил и линз. При этом установлено, что вмещающие породы в висячем боку жильных зон, при всех прочих равных условиях, более обогащены золотом, чем в лежачем боку. Пробность золота 850.

По материалам опробования содержание золота в рудах крайне неравномерное. На смежных участках оно изменяется нередко от "следов" до высоких значений. Богатые золотом участки имеют форму неправильных, вытянутых по восстанию "столбов" со склонением на юго-запад под углом 45-50°.

Наряду с жилами и линзами кварца, подвергавшимися разработке, повышенным содержанием золота обладают боковые породы жильных зон. По сохранившимся результатам опробования содержание золота в сланцах часто составляет 2 г/т, увеличиваясь в направлении к кварцеворудным телам до 4,5 и 9 г/т. Повышенной золотоносностью в пределах жильных зон обладают также пегматиты и граниты. По результатам анализа 686 проб, отобранных в 1935 г., среднее содержание золота в сланцах составило 1,9 г/т без учета проб с высоким содержанием, а в одной валовой пробе весом 232,4 т оно определилось в 3,6 г/т.

Оценка запасов и прогнозных ресурсов золота Аяхтинского месторождения

В рудном поле известно два типа руд: золото-кварцевый и золото-сульфидный (золото-кварц-сульфидный).

Золото-кварцевой тип. Аяхтинское месторождение золота известно с начала 20-го века. Оно расположено на водоразделе, между реками Аяхтой, Оллонококом и Унтунгуном, который резко возвышается над окружающей местностью. Центральная часть водораздела сложена узкой полосой слюдяных сланцев, зажатых среди гранитов Аяхтинского интрузива. Сланцы залегают в виде клина с северо-восточным простиранием. К этому сланцево-

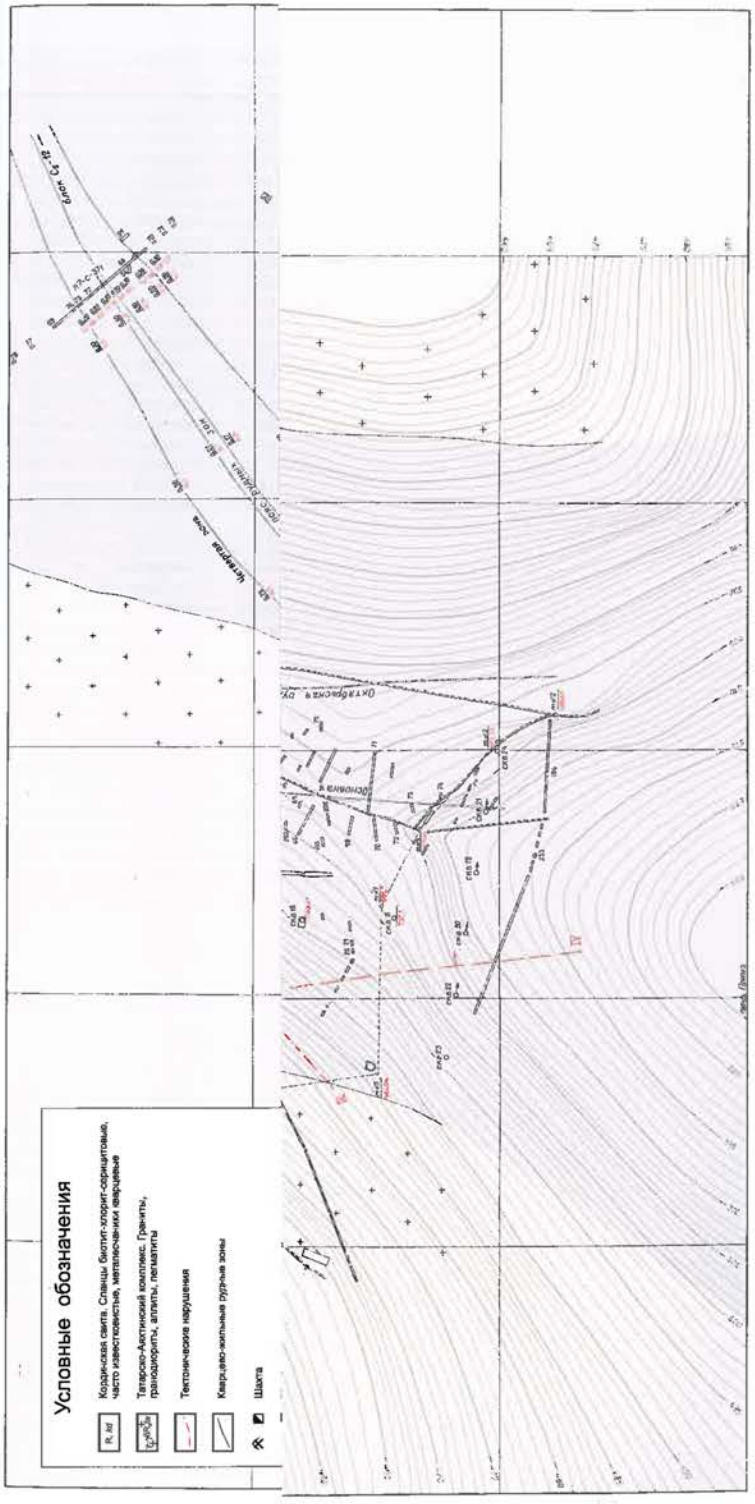


Рис. 3.40. Геолого-разведочный план Аяхтинского месторождения золота (по материалам геологоразведочных работ)

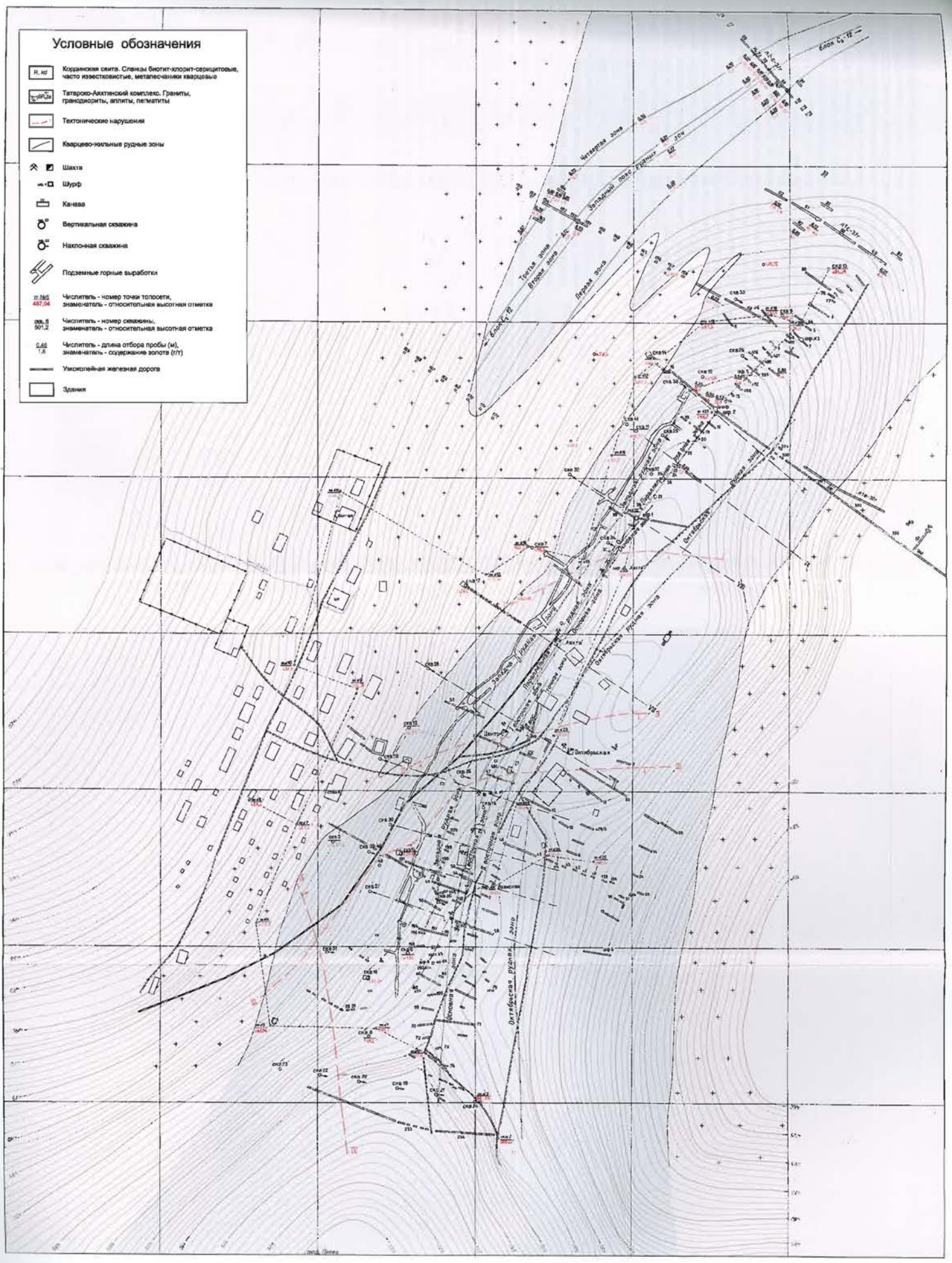


Рис. 3.40. Геолого-разведочный план Аяхтинского месторождения золота (по материалам геологоразведочных работ)

му клину и приурочены золотокварцевые рудные тела.

Месторождение состоит из двух рудных поясов: Западного и Восточного. Западный пояс, известный с 1937 года, состоит из четырех рудных зон, представленных кварцевыми жилами, с общей площадью 40000м². Восточный пояс, эксплуатировавшийся в первой половине 20-го века, состоит из шести рудных зон, общей площадью 117000м². Он включает в себя следующие рудные зоны: Западную, Параллельную, Основную, I-ю Восточную, II-ю Восточную и Октябрьскую. Кварцевые жилы восточного пояса круто падают на северо-запад, в среднем, под углом 75°, простирание жил от 340° до 40°, в среднем 12°-16°.

Восточный пояс рудных зон изучен наиболее подробно. Кварцевые жилы вскрыты с поверхности горными выработками и прослежены на глубину скважинами. По Западной, Параллельной, Основной и Октябрьской рудным зонам старшим геологом рудника Замориным приведены запасы по состоянию на 1939 год (табл. 3.41). Запасы по зонам составляют: Западная по категории C_2 - 2740,5 кг, Параллельная по категориям $A+B+C_1+C_2$ - 1035,64 кг, Основная по категориям $A+B+C_1+C_2$ - 658,47 кг, Октябрьская по категории C_2 - 2597,5 кг. Промышленные запасы по перечисленным выше зонам категорий $A+B+C_1+C_2$ составляют 7032,11 кг.

I Восточная и II Восточная зоны в подсчет запасов не вошли. Они прослежены по простиранию на 350 и 358 метров соответственно, по глубине прослежены скважиной 14 до глубины 189 метров. Используя метод экстраполяции, можно спрогнозировать их распространение до глубины 300 метров (кат. P_1).

Рудные зоны, слагающие западный рудный пояс, изучены слабо. Среднее простирание рудного пояса северо-восточное, составляет 40°, падение юго-восточное – 130°, угол 80°. Он вскрыт лишь двумя линиями разведочных канав. Опробование кварцевых жил по канавам выявило содержания золота до 5,4 г/т. Работы по прослеживанию жил на глубине не проводились, из-за этого по Западному поясу рудных зон возможно лишь оценить прогнозные ресурсы по категории P_2 до глубины 200 м.

Для подсчета прогнозных ресурсов по категориям P_1 и P_2 использован метод аналогии. Наиболее изучены Основная и Параллельная рудные зоны, т.к. по ним велась добыча. В качестве эталонных объектов использованы эти рудные зоны, а точнее фактические данные добычи золота по ним (табл. 3.42).

Исходя из приведенных в таблице 3.42 данных, можно рассчитать золотоносность эталонных зон (а):

$$a = \frac{M}{D1} * 1000 \text{ , г/т}$$

где М – количество добытого металла, D – количество добытой руды.

$$a = \frac{1612,1}{192999,6} * 1000 = 8,35 \text{ , г/т}$$

Зная золотоносность эталонных зон, можно рассчитать ресурсы по оставшимся кварцевым жилам Аяхтинского месторождения. Прогнозные ресурсы будут рассчитываться через значения веса руды (D2) и рассчитанную золотоносность эталонных зон:

$$P = k * a * D2 \text{ , кг}$$

Поправочный коэффициент (k) принимается равным 0,5. Вес руды для каждой

рудной зоны рассчитывается по формуле:

$$D2 = l * h * m * y.в. \text{ , т}$$

где *l* – длина рудной зоны; *h* – высота рудной зоны; *m* – мощность зоны, принята равной 0,6 метров по аналогии со средней мощностью Основной и Параллельной жил; *у.в.* – удельный вес руды, равен 2,7 т/м³.

Рудные зоны залегают согласно с вмещающими породами, в среднем их угол падения равен 75°. Протяженность зон по падению рассчитывается как отношение глубины прогноза к синусу среднего угла падения (табл. 3.43).

Для расчета прогнозных ресурсов по категориям P_1 и P_2 приведены все необходимые данные. Расчет прогнозных ресурсов приведен в таблице 3.44.

Золото-сульфидный тип. На протяжении всего периода эксплуатации Аяхтинского месторождения добыча металла велась из золото-кварцевого типа руд. Соответственно разведка и опробование проводились для целей оценки запасов золота только по этому типу руд.

Хотя золотоносность сланцев на время эксплуатации месторождения была уже известна давно, но, существо-

Таблица 3.41

Запасы золота по Восточному поясу рудных зон Аяхтинского месторождения, (по материалам рудника Аяхта, по состоянию на 1939 г.)

Наименования рудных зон	Категория А		Категория В		Категория C_1		Категория C_2		Категория $A+B+C_1+C_2$	
	Руда, т	Золото, кг	Руда, т	Золото, кг	Руда, т	Золото, кг	Руда, т	Золото, кг	Руда, т	Золото, кг
	Выше горизонта 105м									
Основная	2094	26,7	4898	51,5	11715	47,73				
Параллельная	1278	16,71	2807	19,76	16361	71,2				
Западная							111800	835,5		
Октябрьская							203500	796,5		
	Ниже горизонта 105м до 155м									
Основная					26350	362,01				
Параллельная			4891	26,1	23900	134,6				
Западная							55900	417,7		
Октябрьская							102300	399		
	От горизонта 155м до 240м									
Основная					11900	163,3	26170	384,4		
Параллельная					23350	126,7	47645	263,4		
Западная							196800	1487,3		
Октябрьская							354700	1402		
Итого промышленных запасов	3372	43,41	12596	97,36	113576	905,54	1098815	5985,8	1228359	7032,11

Таблица 3.42

Добыча золота по годам на Аяхтинском руднике

Период работы	Среднее содержание золота, г/т	Добыто	
		Золота, кг	Руды, т
1911	58,3	4,4	74,8
1912	61,2	30,5	499,6
1913	33,8	90,5	2528,6
1914	24,2	269,6	11043,4
1915	20,4	180,5	8977,2
1916	19,0	115,1	5988,5
1917	9,1	29,5	3287,5
1932	4,16	69,4	16700
1933	4,72	95,8	20300
1934	4,41	134,0	30400
1935	10,6	164,5	15500
1936	5,1	90,9	22900
1937	5,2	124,0	24300
1938	7,0	213,4	30500
Итого		1612,1	192999,6

Таблица 3.43

Протяженность рудных зон по падению

Рудная зона	Средний угол падения	Глубина прогноза	Протяженность рудной зоны
Западный пояс рудных зон	80	200	203
I Восточная	75	300	311
II Восточная	75	300	311

вавшая в те времена технология добычи, не позволяла эффективно извлекать из них металл. Широкомасштабных исследований по изучению золото-сульфидного типа руд Аяхтинского месторождения не проводилось, однако, некоторые работы в этом направлении были. По рекомендации профессора Н.Н. Горностаева было проведено опробование скважин и подземных горных выработок. К сожалению, опробование керна скважин проводилось не на всем протяжении, а лишь в наиболее интересных, по мнению исследователей, интервалах. В частности опробовались зальбандовые части и интервалы с наличием прокварцевания и сульфидизации, что не дает полного представления о распределении золота во вмещающей толще.

Опробование подземных горных выработок было проведено по этажным штрекам 105-го и 85-го горизонтов. По 105 горизонту опробовались сланцы в районе Центральной шахты, в северном направлении на 40 м, в южном на 70 метров. Сланцы 85 горизонта опробовались в южном направлении от дворика Центральной шахты на 120 м, в северном направлении на 100 м (табл. 3.45).

По данным опробования этажных штреков преобладают содержания золота первые граммы на тонну, но есть и пробы с ураганными содержаниями: 1384г/т, 512,8г/т. Наличие золота установлено практически на всем протяжении штреков, что говорит о сравнительно большой протяженности рудных тел. По этим данным можно прогнозировать протяженность тел по простиранию до 400 м. Так же есть данные опробования сланцев квершлага №66. Его опробование показало высокие содержания золота по сланцам, в одной пробе даже выявлено содержание 200г/т. По данным опробования квершлага №66 мощности золото-сульфидных рудных тел порядка 6-10 м.

Таблица 3.44

Расчет прогнозных ресурсов золота по категории P_1 и P_2 месторождения Аяхта. Золото-кварцевый тип (КНИИГиМС, 2004 г).

Рудная зона	Глубина прогноза, м	Протяженность по простиранию, м	Протяженность по падению, м	Мощность, м	Объем рудного тела, м³	Удельный вес, т/м³	Вес руды, т	Прогнозные ресурсы золота, кг	
								кат. P_1	кат. P_2
Восточный пояс рудных зон									
I Восточная	300	350	311	0,6	65310	2,7	176337	736,21	
II Восточная	300	358	311	0,6	66802,8	2,7	180368	753,04	
Всего по Восточному поясу								1489,24	
Западный пояс рудных зон									
Первая	200	536	203	0,6	65284,8	2,7	176269		735,92
Вторая	200	674	203	0,6	82093,2	2,7	221652		925,4
Третья	200	518	203	0,6	63092,4	2,7	170349		711,21
Четвертая	200	534	203	0,6	65041,2	2,7	175611		733,18
Всего по Западному поясу									3105,7
Итого P_1+P_2								4594,95	

Таблица 3.45

Результаты опробования вмещающих сланцев в подземных горных выработках месторождения Аяхта (по данным рудника «Аяхта»)

Содержание в г/т	Горизонт 85 м		Горизонт 105 м		Всего по горизонтам	
	Количество проб	%	Количество проб	%	Количество проб	%
0,0-1,0	12	31,6	15	17,8	27	22,1
1,0-5,0	16	42,2	50	59,6	66	54,1
5,0-10,0	8	21	12	14,3	20	16,4
>10,0	2	5,2	7	8,3	9	7,4
Сумма	38	100	84	100	122	100

Еще стоит отметить наблюдения В.С. Елисеева. Он указывает на то, что в сланцах, без всяких видимых следов золотокварцевого оруденения и далеко от рудных зон, встречаются содержания золота 20-40 г/т. Повышенные содержания золота в сланцевых породах наблюдаются при наличии в них пиритизации в виде тонких прожилков. По всему руднику Аяхта наблюдается следующая картина содержания золота в сланцах по данным 475 проб (табл. 3.46).

По расчетам В.С. Елисеева: среднее содержание золота в сланцах по всему руднику составляет 2,82 г/т. По горизонтам: 70-75 м – 3,28 г/т, 85 м – 2,82 г/т и 105 м – 2,35 г/т.

Для целей прогнозирования и выделения блоков прогноза принято бортовое содержание 1г/т. Подсчет прогнозных ресурсов по золото-сульфидному типу Аяхтинского месторождения будет произведен по результатам опробования сланцев. Опробование велось по скважинам 32, 29, 15, 31. Выделено 14 блоков. (табл. 3.47).

Блок 1 вскрыт скважиной №32 на глубине 140м. Блок приурочен к висячему боку Западной рудной зоны. Мощность блока 2,5м, содержание золота 4 г/т. Высота по падению до поверхности составляет 163м, используя метод экстраполяции, можно прогнозировать продолжение блока ниже подсечения скважиной на половину прослеженного расстояния. Прогнозируемая протяженность блока по падению равна 250 м. По простиранию блок спрогнозирован на север до окончания Западной рудной зоны, что составляет 170 м. В южном направлении из-за того, что блок не прослеживается в скважине 29, методом интерполяции можно прогнозировать его развитие до середины расстояния между разрезами, т.е. блок простирается в северном направлении на 216 м. Общая протяженность блока по простиранию равна 386м.

Блок 2 вскрыт скважиной №32 на глубине 144,5 м, приурочен к лежачему боку Западной рудной зоны. Мощность блока 0,67 м, содержание золота 1,8 г/т. По простиранию аналогичен блоку 1. Протяженность блока по падению от поверхности до подсечения 165 м, с учетом экстраполяции 250 м.

Блок 3 вскрыт скважиной №29 на глубине 100м. Приурочен к висячему боку Основной рудной зоны. Мощность блока 0,55 м, содержание 1,2 г/т. Протяженность блока по падению 142м, с учетом экстраполяции 220 м. В северном направлении блок 3 не прослежен соседней скважиной 32. Методом интерполяции можно прогнозировать простирание блока 3 в северном направлении на 198 м. В южном направлении блок 3 вскрыт скважиной 15 на глубине 76м и не прослеживается по скважине 31. По интерполяции простирание блока на юг составляет 212 м. Общая протяженность блока по простиранию составляет 410 м. По скважине 15 блок 3 имеет мощность 2,4 м, содержание золота 4г/т. Средняя мощность по блоку 1,48 м, среднее содержание золота 3,5г/т.

Блок 4 вскрыт скважиной №29 на глубине 105,5 м, размещается между серией кварцевых линз Основной рудной зоны. Общая мощность сланцев, представляющих интерес, 4,33м, среднее содержание 8,1г/т. Протяженность блока по падению 162 м, с учетом экстраполяции 250 м. Но Основная рудная зона отработана до 105 горизонта, поэтому для подсчета прогнозных ресурсов можно учесть высоту блока по падению только на 130 м. Длина простирания блока 4, в северном направлении, аналогична блоку 3 (198 м). В южном направлении блок 4 вскрыт скважиной 15 на глубине 79,5 м и скважиной 31 на глубине 139 м. В южном направлении блок простирается на 404 м. Об-

Таблица 3.46

Содержание золота в сланцах месторождения Аяхта

Содержание в г/т	0,0-0,1	0,11-1,0	1,01-3,0	3,01-5,0	5,0-7,0	>7,1	Сумма
%	16,43	14,1	27,27	18,11	7,37	16,63	100
Количество проб	78	67	130	86	35	79	475

Таблица 3.47

Расчет прогнозных ресурсов категории P_1 и P_2 по золото-сульфидному типу Аяхтинского месторождения (КНИИГиМС, 2004 г.)

№ блока	Протяженность по простиранию, м	Протяженность по падению, м	Мощность, м	Объем рудного тела, м³	Удельный вес	Вес руды, т	Содержание золота, г/т	Прогнозные ресурсы золота по категории P_1, кг	Прогнозные ресурсы золота по категории P_2, кг
1	386	250	2,5	241250	2,7	651375	4	2605,5	
2	386	250	0,67	64655	2,7	174569	1,8	314,22	
3	410	220	1,48	133496	2,7	360439	3,5	1261,54	
4	602	130	4,3	336518	2,7	908599	5,07	4606,6	
5	410	260	0,35	37310	2,7	100737	1,95	196,44	
6	306	200	0,32	19584	2,7	52876,8	1,6	84,6	
7	110	225	0,18	4455	2,7	12028,5	5,4	64,95	
8	110	250	6,3	173250	2,7	467775	3,73	1744,8	
9	110	100	0,18	1980	2,7	5346	3,4	18,18	
9а	110	100	6,32	69520	2,7	187704	3,4		638,2
10	110	130	0,68	9724	2,7	26254,8	1,4	36,76	
10а	110	130	6,82	111826	2,7	301930	1,4		368,65
11	110	200	2,7	59400	2,7	160380	3,8	609,44	
12	110	200	4,5	99000	2,7	267300	1,16	310,07	
13	110	250	0,75	20625	2,7	55687,5	11,85	659,9	
14	110	260	1,2	34320	2,7	92664	5,4	500,39	
Итого								13013,38	1006,8

щая протяженность блока по простиранию составляет 602м. По скважине 15 блок имеет мощность 2,28м, содержание золота 2,2г/т, а по скважине 31 мощность 2м, содержание золота 1,8г/т. Средняя мощность по блоку 4,3м, содержание золота 5,07г/т.

Блок 5 вскрыт скважиной №29 на глубине 122,5м, приурочен к лежачему боку Основной рудной зоны. Мощность блока 0,55м, содержание золота 2г/т. Протяженность блока по падению 171м, с учетом экстраполяции 260м. Длина простирания блока в северном направлении аналогична блоку 3 (198м). В южном направлении блок 5 вскрыт скважиной 15 на глубине 86м и не прослежен в скважине 31. Методом интерполяции протяженность блока по простиранию в южном направлении прогнозируется на 212м. Общая протяженность блока по простиранию составляет 410м. По скважине 15 блок имеет мощность 0,19м, содержание золота 1,8г/т. Средняя мощность по блоку 0,35м, среднее содержание золота 1,95 г/т.

Блок 6 расположен между кварцевыми линзами I Восточной рудной зоны, вскрыт скважиной №29 на глубине 138,5м. Мощность блока 0,32м, содержание золота 1,6г/т, протяженность по падению с учетом экстраполяции 200м. Протяженность блока по простиранию в северном направлении аналогична блоку 3 (198м). В южном направлении блок не прослежен по соседней 15 скважине, прогнозируемая протяженность по простиранию на север 108м. Общая протяженность блока по простиранию составляет 306м.

Блок 7 вскрыт скважиной №15 на глубине 117м, приурочен к висячему боку I Восточной рудной зоны. Мощность блока 1,8м, содержание золота 5,4г/т, протяженность по падению 150м, с учетом экстраполяции 225м. По соседним скважинам не прослеживается. Протяженность блока по простиранию 110м.

Блок 8 вскрыт скважиной №15 на глубине 120м, приурочен к лежачему боку I Восточной рудной зоны. Мощность блока 6,3м, содержание золота 3,73г/т, протяженность по падению 156,6м, с учетом экстраполяции 250 м. Протяженность блока по простиранию аналогична блоку 7 (110м).

Блок 9 вскрыт скважиной №15 на глубине 36,7м, мощность блока 0,18м, содержание золота 3,4г/т, протяженность по падению 61,8м, с учетом экстраполяции 100м. Протяженность блока по простиранию аналогична блоку 7 (110м).

Блок 9а. Блок 9 выделен по единичной пробе сланцев, взятой из керна скважины №15. Истинная мощность сланцев на этом интервале 6,5м, но в расчет прогнозных ресурсов по категории P_1 попало только 0,18м. Весь этот интервал учтен в блоке 9а. Протяженность по простиранию и падению блока 9а аналогичны блоку 9, мощность 6,32м. Из-за недостаточного опробования по блоку 9а можно учесть только прогнозные ресурсы по категории P_3.

Блок 10 вскрыт скважиной №15 на глубине 67,25м, мощность блока 0,68м, содержание золота 1,4г/т, протяженность по падению 87м, с учетом экстраполяции 130м. Протяженность блока по простиранию аналогична блоку 7 (100м).

Блок 10а. Блок 10 выделен по единичной пробе сланцев, взятой из керна скважины №15. Истинная мощность сланцев на этом интервале 7,5м, но в расчет прогнозных ресурсов по категории P_1 попало только 0,68м. Весь этот интервал учтен в блоке 10а. Протяженность по простиранию и падению блока 10а аналогичны блоку 10, мощность 6,82м. Из-за недостаточного опробования по блоку 10а можно учесть только прогнозные ресурсы по категории P_3.

Блок 11 вскрыт скважиной №15 на глубине 91м, мощность блока 2,7м, среднее содержание золота 3,8г/т, протяженность по падению 126м, с учетом экстраполяции 200м. Протяженность блока по простиранию аналогична блоку 7 (110м).

Блок 12 вскрыт скважиной №15 на глубине 96м, мощность блока 4,5м, среднее содержание золота 1,16г/т, протяженность по падению 131,4м, с учетом экстраполяции 200м. Протяженность блока по простиранию аналогична блоку 7 (110м).

Блок 13 вскрыт скважиной №15 на глубине 133м, мощность блока 0,75м, среднее содержание золота 11,85г/т, протяженность по падению 162,3м, с учетом экстраполяции 250м. Протяженность блока по простиранию аналогична блоку 7 (110м).

Блок 14 вскрыт скважиной №15 на глубине 136м, мощность блока 1,2м, содержание золота 5,4г/т, протяженность по падению 174м, с учетом экстраполяции 260м. Протяженность блока по простиранию аналогична блоку 7 (110м).

По Восточному рудному поясу суммарные прогнозные запасы и ресурсы золото-кварцевые и золото-сульфидного типов составляют 22,5 т, из которых ресурсы золото-сульфидного типа – 14 т (62%). Данный рудный пояс взят как аналог для прогнозирования ресурсов кат. P_3 золото-сульфидного типа по Западному рудному поясу, которые определяются в 1,9 т (3,1 тх0,62).

Суммарные прогнозные запасы и ресурсы золота по рудным поясам и, в целом, по Аяхтинскому месторождению сведены в таблице 3.48.

Оценка перспектив золотоносности месторождения и рудного узла

Оценка перспектив Аяхтинского рудного узла, в значительной мере, определяется богатством россыпей и их широким площадным распространением. Золотоносный потенциал (добыча + запасы) и протяженность россыпей по водотокам следующий: руч. Коровий Лог-114 кг (протяженность 1,5 км), р. Красавица-2270 кг (протяженность 8,5), руч. Кондуяк -1226 кг (5,0 км), р. Аяхта – 576 кг (4,0), р. Унтугун -1630 кг (5,8), р. Олононкон -2514 кг (9,8 км), руч. Севогликон – 254 кг (2,0), что в сумме составляет 8235 кг. Линейная продуктивность россыпей изменяется от 76 кг/км

Таблица 3.48

Сводные прогнозные запасы (кат. $A+B+C_1+C_2$) и ресурсы ($P_1+P_2+P_3$) золота по рудному полю Аяхтинского месторождения (КНИИГиМС, 2004 г)

Наименования рудных зон	Золото-кварцевый тип (ЗКТ)						Золото-сульфидный тип (ЗСТ)			
	$A+B+C_1+C_2$ на 1939 г.		P_1		P_2		P_1		P_3	
	Руда, тыс.т	Золото, т	Руда, тыс.т	Золото, т	Руда, тыс.т	Золото, т	Руда, тыс.т	Золото, т	Руда, тыс.т	Золото, т
Восточный РП	1228	7,0	357	1,5	–	–	3336	13,0	490	1,0
Западный РП	–	–	–	–	746	3,1	–	–	462	1,9
Итого ЗКТ	1228	7,0	357	1,5	746	3,1	3336	13,0	952	2,9
	Руда – 2331 тыс.т, золото – 11,6 т						Руда – 4288 тыс.т, золото – 15,9 т			
Всего ЗКТ+ЗСТ	Руда – 6619 тыс.т, золото – 27,5 т									

до 281 кг/км. Анализ распределения россыпей и коренного оруденения приводит к выводу, что только россыпи р. Аяхта и руч. Унтугун имеют отчетливо определенный источник – месторождение Аяхта. Остальные россыпи имеют в качестве коренных слабо изученные рудопроявления и зоны минерализации, что указывает на возможность выявления месторождений золота аяхтинского типа.

Наиболее перспективными для поисков новых рудных месторождений необходимо считать бассейны рр. Красавица, Коровий Лог, Кондуяк, Олононкон, Севогликон. Прогнозные ресурсы р. Красавицы и Севогликон, где возможно выявление крупных месторождений первичных золото-сульфидных руд и золотоносных кор выветривания, оцениваются по категории P_3 соответственно в количестве 90 т и 70т. Прогнозные ресурсы месторождения Аяхта по оценке ЦНИГРИ, утвержденной МПР РФ на 01.01.2003 г., составляют по категории P_2-70 т. Они приурочены к юго-западному (Кондуяк – 30 т) и южному (Олононкон – 40 т) продолжениям кварцево-жильной зоны месторождения. В целом, ожидаемые прогнозные ресурсы Аяхтинского рудного узла по категориям $P_1+P_2+P_3$ оцениваются в 257 т (27+70+160) (Сердюк, 2003 г.).

Месторождение имеет перспективы прироста запасов за счет оценки жильных зон Первая Восточная, Вторая Восточная и Октябрьская. В единичных пересечениях этих жильных зон горными выработками и скважинами на разных горизонтах на глубине установлены содержания золота от 1-1,5 до 8, 10, 18 г/т в Первой Восточной и Второй Восточной и 7,9-12,2 г/т в Октябрьской. По одной валовой пробе по Октябрьской жильной зоне содержание золота составило 3,2 г/т.

Вторым направлением повышения перспектив месторождения является оценка Западной кварцеворудной зоны, в которой обособлены четыре жильных зоны, изученные с поверхности на 700 м канавами и опробование которых выявило содержания золота до 2-3 г/т.

Третье направление существенного прироста запасов и прогнозных ресурсов - оценка жильных зон на массу (кварц + сланцы). На высокую золотоносность околорудных сланцев постоянно указывают все исследователи месторождения. Г.А. Середенко (1979 г.) подчеркивает, что в северном и южном направлении от месторождения Аяхта характер кварцевых жил меняется, они становятся более рассеянными, маломощными и зачастую сменяются системами кварцевых прожилков. Кварцевые жилы сменяются зонами прожилкования и на горизонтах 105-130 м отрабатывавшихся жильных зон. По скважинам сланцы с такими прожилками кварца содержат золото на уровне 5-10 г/т, что, по мнению рудничных геологов, гарантирует промышленную золотоносность до глубины, по меньшей мере, 300 м.

Анализ распределения россыпей и коренного оруденения приводит к выводу, что только россыпь руч. Унтугун (запасы 936 кг) имеет отчетливо определенный источник золота – месторождение Аяхта. Остальные россыпи имеют в качестве коренных источников слабо изученные рудопроявления и зоны минерализации, что указывает на возможность выявления месторождений золота аяхтинского типа. Наиболее перспективны для поиска новых рудных месторождений долины рр. Красавица, Коровий Лог, Кондуяк, Олононкон, Севогликон. Верховья р. Красавицы являются в отношении золотосульфидного оруденения высоко перспективным участком на основании анализа ряда признаков сходства с месторождением Олимпиада (табл. 3.49).

Прогнозные ресурсы месторождения Аяхта по оценке ЦНИГРИ, утвержденной МПР РФ, по категории P_2 составляют 70 т с учетом слабой разведанности жильных зон, золотоносности сланцев, запасов руд на глубине. Прогнозные ресурсы участка р. Красавица предварительно оцениваются в количестве 90 т по категории P_3.

Прогнозные ресурсы юго-западного продолжения Аяхтинской кварцевожильной зоны, прослеженной более чем на 10 км от одноименного месторождения по полосе золотокварцевых рудопроявлений и проявлений, литогеохимическим аномалиям мышьяка, золота, горизонту пирротин-содержащих пород, оцениваются по категории P_3 в количестве 70 т.

Имеются перспективы прироста ресурсов золота на северо-западном контакте Аяхтинского массива и на участке между Аяхтинским и Томповским массивами, где вероятно присутствие гранитов на глубине.

Таким образом, устанавливается, что в пределах узла имеются три участка, перспективных на выявление ре-

Таблица 3.49

Сопоставление поисковых признаков Олимпиадинского месторождения и участка р. Красавица

Поисковые признаки	Олимпиадинское месторождение	Перспективный участок р. Красавицы
Рудовмещающая толща	Неоднородная по литологическому составу, состоящая из горизонтов кварц-слюдистых, кварц- карбонат-слюдистых сланцев с телами мраморов и кварц-слюдисто-углеродистых сланцев	Углеродистые карбонатные кварцево-слюдистые сланцы и мраморы
Взаимоотношения с магматическими образованиями	Позднеорогенные гранитоиды гранит - батолитовой формации; оруденение в провисе кровли интрузии, находящейся на глубине до 1 км от дневной поверхности	Экзоконтактовая зона Аяхтинского массива гранитоидов гранит-батолитовой формации; расстояние до контакта 1-2 км, с погружением контакта в поле пород пенченгинской и кординской свит участка р.Красавица
Геохимические и шлиховые ореолы	Первичные ореолы рудных тел – Au, Sb, As, W, Pb, Ag, Zn, Cu, Mn	Вторичные ореолы – Au, As, Pb, комплексный ореол As, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi; шлиховой ореол Au
Тип руды	Золото-сульфидное оруденение, представленное тонкой вкрапленностью сульфидов в пластообразных телах метасоматитов	Прогнозируется оруденение золото-сульфидного типа
Присутствие россыпей золота	Россыпь руч. Олимпиадинского, добыто 1376 кг, разведанные запасы 600 кг	Россыпь р. Красавица с притоками добыто 1800 кг; запасы и ресурсы 470 кг
Коры выветривания	Богатые окисленные руды локализованы в линейной коре выветривания	Присутствие коры выветривания в вершинах водотоков, существование неотектонической депрессии с корами выветривания
Рудолокализующая тектоническая структура	Медвежья антиклиналь	Кадринская брахиантиклиналь

сурсов и запасов рудного золота: само Аяхтинское месторождение, перспективы которого могут быть значительно расширены за счет оценки юго-восточного и северо-западного флангов; выделенная Аяхтинская золотокварцевая зона протяженностью более 10 км, от одноименного месторождения на юго-запад до верховий р. Севоликон; наиболее перспективным участком представляется верховья р. Красавицы, где возможно выявление крупного месторождения первичных золотосульфидных руд и золотоносных кор выветривания.

В 2004-2007 гг. выполнены прогнозно-поисковые работы в рудном поле Аяхтинского месторождения (участок Аяхтинский) и на его южном и юго-западном флангах (участки Кондуякский, Оллоноконский, Красавица) (М.Н. Секретарев, А.П. Липишанов, 2007 г.). По результатам работ по рудному узлу в целом оценены прогнозные ресурсы по кат. P_1 – 12,2 т (Аяхтинское месторождение), по кат. P_2 – 50,5 т (Южная, Северная и Базисная зоны Кондуякского участка) и кат.P_3 - 75 т (участки Оллоноконский и Красавица).

Кроме указанных перспективных участков отметим еще одну - Ваганскую площадь, расположенную западнее месторождения Аяхта. Она, на наш взгляд, одна из наиболее перспективных для дополнительного наращивания сырьевого золоторудного потенциала Аяхтинского рудного узла.

Ваганская площадь (30 км²) расположена в бассейне одноименного водотока, левого притока р. Бол, в 16-18 км на запад от Аяхтинского месторождения.

В пределах площади выявлено 22 рудопроявления золота. Рудные образования района руч. Ваган, по заключению предшественников, представлены кварцевыми жилами и телами (телом) кварцитов, залегающими в метаморфизованных глинистых сланцах (Жуков, 1946). Золотоносные жилы и прожилки нередко представлены зонами тонкого прожилкования, которые довольно часто соединяются и составляют мощные жилы, обладающие более выдержанной протяженностью. Средняя мощность кварцевых жил по группе проявлений 0,8 м. Жилы сложены белым и серым, слегка голубоватыми крупнозернистым кварцем. Кварцевые жилы слабо сульфидизированы. Сульфиды представлены пиритом, реже арсенопиритом. Свободное золото в протолочке было встречено в единственном случае.

Тело (тела) кварцитов, по определению предшественников - кварцитовый пояс, выделяются в современном рельефе в виде останцов и представляет собой группу выдержанных мощных жил. Простирание его северо-восточное, с падением на юг-юго-восток.

Мощность кварцитового тела в разведанной его части относительно постоянная и колеблется от 7,5 м до 27,0 м, средняя - 14,7 м. Кварцит светлого цвета, густо пронизан разноориентированными прожилками белого кварца, имеющими непостоянную мощность, в среднем от 1 см до 5-10 см. Имеются крупные жилы мощностью более 1 м. Сульфидизация (пирит) в кварцитах бедная. По заключению профессора Н.Н. Горностаева (1937 г) «кварцитовидный» пояс имеет значительные параметры: «Парабола мощных кварцитовых выходов начинается из-за р. Бол. Пит и идет в юго-восточном направлении на протяжении около 5 км, постепенно загибаясь к востоку, затем к северо-востоку, в долину кл. Ваган, и образует выпуклость на юг. Этот пояс представляет собой рудную зону, залегающую между глинистыми сланцами и известняками. Вся эта толща образует антиклиналь Ваган».

Открытие Ваганской группы проявлений относится к 1929 г. Поисковые работы проводились с перерывами до 1946 г. Выполнялись они различными исполнителями и имели спорадический, неплановый характер с односторонней целевой задачей: определение содержаний золота в кварцевой составляющей. Изучение проявлений на массу (вмещающие породы +кварц) не проводилось. Поисковые работы на одних и тех же проявлениях выполнялись повторно в разные годы разными исполнителями, часто только с ревизионным переопробованием предшествующих выработок, что приводило, в конечном результате, к противоречивым данным по содержанию золота. Все это безусловно получило противоречивое отражение в оценке Ваганской площади в целом.

Архивные материалы исследовательских работ по группе проявлений очень скудные. Графические материалы отсутствуют, местоположение проявлений не ясно. В отчете последних поисковых работ (Жуков, 1946 г.) дается некоторая привязка отдельным проявлениям (жилам) или группам проявлений. Из этого отчета также заимствуется краткая информация о результатах предыдущих геологических работ.

Проявления 1, 7 и 8 расположены на левом склоне руч. Ваган, в 3 км от устья; проявление 12 – на правом бортовом склоне в 2 км выше указанных проявлений или в 5,2 км от устья ; проявления 14-21 – на правом склоне руч. Ваган в 1,5 км выше проявления 12.

Кварцевый пояс проявления №1 был открыт в 1929 г. Среднее содержание по 32 пробам определяется в 5,8 г/т или по 11 пробам – в 6,2 г/т. В конце 1929 г проявление разведывалось штольней, а с середины 1930 г с поверхности - канавами. Штольней на отрезке 0,0-7,9 м вскрывается жила серо-голубого кварца мощностью 0,5-0,7 м, сильно обогащенная свинцовым блеском. Содержание золота по штольне не превышало 1,4 г/т. Повторное опробование - (31 проба) показало среднее содержание – 3,55 г/т. Пробы из канав показали содержание золота 1-1,5 г/т, при максимальном содержании в одной пробе 79 г/т. В 1930 г дополнительно из пройденных разведочных выработок отобрано 98 проб. Среднее арифметическое содержание золота по этим пробам составило 1,43 г/т., при максимальном значении в одной пробе 12 г/т.

В 1932 г на проявлении № 1 были продолжены поисковые работы, по результатам которых установлено, что кварцитовая жила имеет повышенную мощность до 150 м, она прослежена на 200 м. Среднее содержание золота по 145 пробам составило 3 г/т. Дана рекомендация на продолжение работ.

Проявления 6-8 открыты в 1932 г. Среднее содержание золота по проявлению 6 по 6 пробам составило 2,47 г/т, при максимальном значении в одной пробе 12,4 г/т. Опробование проявлений 7 и 8 показало отсутствие золота (2 пробы).

Поисковыми работами 1946 г установлено, что проявления 1, 6-8 представляют собой единое рудное тело кварцитов протяженностью 1,5 км при средней мощности 14,7 м. В теле кварцитов выделяются кварцевые жилы мощностью до 2 м, их протяженность достигает 220 м. Отобрано 123 пробы, среднее содержание по которым составило 0,39 г/т, при повышенных значениях от 1,2 г/т до 3,2 г/т.

Проявления 2 и 9 открыты в 1932 г. Среднее содержание золота по 77 пробам проявления 2 составило 0,75 г/т, при повышенном содержании до 8-10 г/т. В 1934 г из проявления отобрана валовая проба весом 8 т. Руда обработана толчеей. Содержание золота отошло в 4,2 г/т, в хвостах этой пробы – 0,6-1,8 г/т. Среднее содержание по 67 пробам с проявления 9 отошло в 0,3 г/т, при повышенном значении в одной пробе 7,6 г/т.

Проявления 3-5, 10, 11, 13 и 22 открыты в 1932 г. Из проявлений 3-5, 10, 11, 13 отобрано по 2-4 пробы, результаты анализов отрицательные. В проявлении 22 содержание золота в 10 пробах составило от 0,52 г/т до 5,6 г/т.

Проявление 12 открыто в 1932, среднее содержание в кварце по 15 пробам составило 2,36 г/т. В 1933 г проявление изучено с поверхности канавами на протяжении 260 м. Среднее содержание золота составило 3,16 г/т при средней мощности жилы 0,9 м. В 1934 из жильной массы проявления взята валовая проба весом 12 т, содержание по которой составило 3,4 г/т. В 1946 г на проявлении возобновляются поисковые работы. Кварцевая жила разведана на отдельных интервалах, ее фактическая протяженность не установлена. Среднее содержание по 43 пробам составило 1,36 г/т при повышенных значениях от 1,2 г/т до 5,4 г/т.

Проявления 14-21 открыты в 1933 г. Кварцевая жила проявлении 14 по простиранию прослежена на 60 м, среднее содержание – 1,09 г/т, средняя мощность 0,7 м.

Кварцевая жила проявления 15 прослежена на 56 м. Установленная средняя мощность жилы 0,6 м, среднее содержание золота 5,6 г/т.

В 85 м от проявления 15 канавами вскрыты параллельные кварцевые жилы 16, 17, 18 и 19 мощностью до 0,7 м каждая. Среднее содержание по 12 пробам – 0,66 г/т.

На проявлении 20 прослежены по простиранию на 30 м две кварцевые жилы мощностью 1,2 м каждая, среднее содержание составило 1,7 г/т.

Жила проявления 21 вскрыта одной канавой, результаты анализов отсутствуют.

В 1946 г кварцевые жилы проявлений 14, 15, 16, 20 и 21 дополнительно изучены с поверхности канавами. Средние содержания соответственно по ним – 0,52 г/т (6 проб), 0,66 г/т (17 проб), 0,6 г/т (12 проб), 0,5 г/т (4 пробы), 0,4 г/т (4 пробы). Получены первые данные о золотоносности вмещающих пород, среднее содержание по 11 пробам 0,45 г/т при повышенных значениях до 1,2 г/т.

В 1935 г выполнено ревизионное переопробование разведочных канав проявления 1. Отобрано 17 проб, из которых 30% проб показали повышенные содержания золота. Проведенное валовое опробование не подтвердило данные содержания.

В 1938 г на проявлении 1 были вторично переопробованы штольня и канавы на протяжении кварцевой жилы в 1,5 км. Практически все пробы показали весьма низкие содержания золота – «следы» и только в одной пробе – 20 г/т.

Профессор Н.Н. Горностаев считает, что такие противоречивые данные по содержанию золота можно отнести за счет неправильного опробования разными исполнителями и их малой опытностью, а также неточностью химического определения золота в пробах.

Из вышеизложенного следует, что Ваганская группа проявлений, несмотря на противоречивые данные опробования предшественников, может рассматриваться в качестве потенциально перспективного значительного по масштабам золоторудного месторождения с золото-кварцевым и золото-сульфидным типами оруденения.

Протяженность золотого оруденения в бассейне руч. Ваган, по данным предшественников, составляет более 4 км, начиная с 3 км от устья.

Перспективы района золоторудного месторождения Ваган, по заключению профессора Н.Н. Горностаева, не ограничиваются известными проявлениями в кварцитах, и они могут пополнится дополнительно приводораздельной площадью руч. Ваган, где было встречено большое количество кварцевых жил, предварительное опробование которых показало неплохое содержание золота.

Оценка прогнозных ресурсов (кат. P_3) по Ваганской перспективной площади выполнена прямым расчетом. За объект аналог взято Аяхтинское месторождение, его общий потенциал (прогнозы + добыча) составляет 30 т, площадь оруденения 2 км². Площадная продуктивность месторождения: 30 т : 2=15 т/км².

Прогнозные ресурсы Ваганской площади с коэффициентом надежности 0,2 составляют: 15х30х0,2=90 т (кат. P_3).

На указанных перспективных участках рекомендуется проведение прогнозно-металлогенических и поисковых работ по выявлению оруденения традиционного золото-кварцевого типа и новых перспективных типов – золото-сульфидного и золотоносных кор выветривания.

3.1.4. Партизанский рудный узел

Введение

Партизанский рудный узел, находящийся в Южно-Енисейском золотоносном районе, обладает высокими перспективами на обнаружение месторождений золота.

Одним из оснований для такого предположения является количество золота, добытого из россыпей района, которое составляет 245 т. При принятом среднем коэффициенте 10, характеризующем соотношение количества рудного золота в недрах к количеству золота, добытого из россыпей, металлогенические ресурсы рудного золота района оцениваются в 2500 т.

Выявленные к настоящему времени коренные месторождения золота Герфед, Николаевское, Самсон, Васильевское, Удерейское, Урал, Архангельское, Бабушкина Гора и перспективные рудопроявления рудных зон Южно-Енисейского района имеют оцененные ресурсы рудного золота в количестве более 25% от его прогнозируемого металлогенического потенциала (Сердюк, 2002 г.).

Расхождение количества оцененных прогнозных ресурсов рудного золота с перспективной металлогенической оценкой ресурсов района свидетельствует о недостаточной степени опоискованности узла и перспективах выявления новых золоторудных объектов.

В свете изложенного, в районе целесообразно проведение работ, направленных на прогнозирование и выявление золотого оруденения.

Изученность

В данном разделе приводятся краткие сведения о геологических, геофизических и геохимических исследованиях, проведенных в пределах Партизанского рудного узла.

Первое открытие месторождения россыпного золота по Малому Шааргану системы р.Удерей сделано в 1837 г. поисковой партией купца Рязанова.

В 1890 году владельцем прииска Черемных была обнаружена в правом борту Боровой мощная кварцевая жила, названная, изучавшим ее в 1897-98 гг. геологом А.К. Мейстером, Магистральной. Рядом с ней были обнаружены другие жилы, в том числе с видимым золотом. Месторождение впоследствии получило наименование по имени и отчеству управляющего местными приисками Герасима Федоровича Лазичева, сокращенно - Герфед. До 1917 г. на месторождении производились бессистемные геологоразведочные и эксплуатационные работы. Рудник имел три горных отвода вдоль жилы Магистральной на протяжении трех с лишним километров. За все это время было добыто 18,9 кг золота при среднем содержании 13,0 г/т (по данным проф. И.А. Молчанова). В 1914-15 гг. золотопромышленником Саввиных было открыто месторождение Урал, переданное затем в аренду английской компании, разведывавшееся вплоть до 1917 г. инженером Пайпером. Результаты разведки месторождения Урал англичанами не известны, но судя по приготовлениям английской компании к постройке фабрики, они, вероятно, были благоприятными.

Первые представления о стратиграфии, петрологии и металлогении района были даны геологом А.К. Мейстером в его обобщающей работе в 1910 г. (Мейстер, 1910).

Кроме того, он приводит подробную сводку всех опубликованных предшествующих сведений по экономике и географии золотодобычи, геологии россыпей, начиная с первой экспедиции Гофмана в 1899 г., которым сведены данные о производительности и содержаниях золота по всем приискам Южно-Енисейского района по состоянию на 1897 г.

В 1925-1927 годах профессором И.А. Молчановым выполнена большая сводная работа по горно-экономической характеристике Енисейского золотоносного района. Его труд основывается на обработке материалов Томского и Красноярского архивов бывших горных округов и собственных наблюдениях по отдельным месторождениям с выводами и обобщениями из старой статистики добычи золота, оценкой перспектив отдельных районов и участков, особенно, на рудное золото. Особое значение для поисков рудных месторождений золота имела составленная им картограмма, отражающая относительное богатство отработанных золотоносных россыпей. Труд И.А. Молчанова не был опубликован и хранился в рукописи в фондах Южно-Енисейского поискового управления.

Партией Нигризолото под руководством А.Р. Бурачек в 1944 г. проводились специализированные геоморфологические исследования золотоносных россыпей Южно-Енисейского района. Была составлена карта распределения золотоносных россыпей масштаба 1:84 000 с указанием относительной и абсолютной добычи золота, его крупности и числящихся разведанных запасов по отдельным объектам.

В 1947 году в районе месторождений Герфед, Урал и Бабушкина гора проводились геолого-поисковые работы партией Томского университета под руководством В.К. Ермакова. Поставленную задачу - дать перспективную промышленную оценку месторождениям Герфед и Урал, партия не решила. Определенную ценность имеют результаты минералогических и спектральных анализов проб, выполненных в университете. Профессором А.Я. Булынниковым определено наличие теллуридов золота в рудах месторождения Урал (Ермаков, 1948 г.).

Исследования по минералогии и структуре золоторудных месторождений Енисейского кряжа в 1946-1949 гг. проводили П.С. Бернштейн и Н.В. Петровская. Ими выделены основные рудоконтролирующие структуры и пять типов золоторудных месторождений, которые классифицированы по геолого-структурным, минералогическим и морфологическим признакам. Отмечается большая роль рудного метаморфизма в формировании месторождений и влияние на него состава метаморфизуемых пород. На основании ряда поисковых критериев и признаков дается перспективная оценка рудоносности отдельных районов и участков Енисейского кряжа.

С 1948 г. Герфедской экспедицией треста "Енисейзолото" под руководством В.Г. Голубева в районе проводились поисковые работы на рудное золото. В результате десятилетних работ этой экспедиции было открыто, и в разной степени, разведано четыре мелких золоторудных месторождения (Партизанское, Верхне-Удерейское, Николаевское в Герфедском рудном поле и Попутное на р. Рыбной) и среднее по масштабам Васильевское месторождение. Кроме того, единичными канавами вскрыто несколько кварцево-жильных зон и отдельных жил с промышленным содержанием золота (рудопроявления участков: Петропавловского, Мамона, Мало-Пенченгинского и Южного, расположенного на р. Б. Мурожной). Установлено широкое распространение рассеянной кварцево-сульфидной минерализации (Голубев, 1952 г., 1960 г.).

Следует отметить, что вплоть до конца пятидесятых годов описываемый район не был охвачен государственной геологической съемкой, что не позволяло геологам вести целенаправленные поисковые работы на золото и другие полезные ископаемые. Планомерное изучение геологического строения и полезных ископаемых района началось с конца 50-х годов. Кондиционная геологическая съемка проводились в 1959-1963 гг. геологами Ангарской геологоразведочной экспедиции (АГРЭ) Красноярского геологического управления, которыми была составлена Государственная геологическая карта описываемого района (лист О-46-XVI) масштаба 1:200 000 (Яркаев, 1961 г.). Геологическая съемка масштаба 1:50 000 для центральной и северной части района выполнена в 1962 г. (Михеев, 1962 г.), южной части - в 1970 г. (Хисамутдинов, 1970 г.). Геологическая съемка сопровождалась площадным литогеохимическим опробованием. Впервые было сделано детальное расчленение разреза протерозойских пород и выделены мелкие складчатые и разрывные структуры, к которым приурочены известные месторождения и рудопроявления золота и сурьмы Партизанского рудного узла. В этот же период была выполнена аэромагнитная съемка масштаба 1:25 000, позволившая выделить общие черты глубинного строения района (Валента, 1963 г.). С целью увязки геологических съемок разных лет было проведено геологическое доизучение района масштаба 1:50 000 (Середенко, 1979 г.). Составленная на основе этих работ геологическая карта масштаба 1:50 000 принята в качестве основы для данного рудного узла.

Период с 1955 по 1986 г. характеризуется проведением в районе широкомасштабных геохимических и геофизических исследований, детальных поисков, поисково-оценочных и разведочных работ на рудное золото, сурьму, бокситы, редкоземельные металлы и другие полезные ископаемые.

Геофизические исследования в пределах Партизанского рудного узла впервые были поставлены в 1937 г. под руководством А.И. Богданова с целью выявления погребенного рельефа коренных пород в долинах верховьев рек Б. Мурожной и Удерея методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). В результате было установлено наличие мощной толщи рыхлых отложений (до 100 м) вдоль ряда современных долин рек. В дальнейшем геофизические исследования в районе проводили В.Н. Иванов (1960 г.), М.Н. Горленко (1960 г.), В.В. Бобыкин, С.В. Мукомело, Р.Ф. Гибадулин, Л.М. Каменных, Р.Р. Власова (1976 г., 1978 г., 1980 г.), З.А. Мышко, Г.Г. Зятев, А.П. Меркулов (1981 г., 1982 г.), И.В. Микеев, З.В. Михайлова, В.В. Кобяков (1986 г.), Ф.Б. Бакшт (1981 г.).

В 1959-1960 гг. Енисейской геофизической партией ЦНИГРИ под руководством А.П. Васильева и Центральной геофизической партией, возглавляемой Н.Н. Горленко, проводились геофизические работы масштаба 1:25 000 и 1:2000 в комплексе включающем: магниторазведку, металлометрию и электроразведку на Мамонском участке (1959-60 гг.), Герфедском (1959 г.) и Урало-Васильевском (1960 г.) рудных полях. В результате, в северной части Герфедского рудного поля при проверке выделенных ими аномалий открыто несколько кварцевых жил.

В 1960 г. Васильевская геофизическая партия КГУ под руководством В.И. Иванова провела магниторазведку масштаба 1:25 000 и электроразведку масштаба 1:50 000 на площади, включающей Герфедское и Урало-Васильевское рудные поля, и электроразведку масштаба 1:5 000 в районе месторождения Бабушкина Гора. По результатам работ был рекомендован комплекс поисковых, разведочных работ и геофизических методов для изучения золоторудных месторождений.

В 1961 г. Енисейской тематической партией под руководством А.П. Васильева проводилась электроразведка и магниторазведка в пределах Верхне-Удерейского месторождения. Установлено, что зоны окварцевания отмечаются интенсивными аномалиями $\rho_к$, а участки развития мелких тел габбро-диабазов - положительными аномалиями магнитного поля.

В 1975 г. Енисейской партией (В.В. Бобыкин, С.В. Мукомело и др.) был проведен комплекс геофизических методов, включающий магнитную съемку с квантовым магнитометром КАМ-28 масштаба 1:25 000 и наземную электроразведку масштаба 1:50 000, в пределах Васильевского и Мамонского рудных полей. По результатам аэромагнитной съемки выделены три типа магнитных полей, соответствующих геолого-структурным условиям образования месторождений, и крупные разрывные нарушения. По данным электроразведки установлены зоны повышенных значений $\rho_к$ субмеридионального простирания.

В 1978 г. комплекс геофизических методов, включающий различные методы электроразведки и высокоточную магнитную съемку, был применен В.В. Бобыкиным и Л.М. Каменных для оконтуривания и прослеживания участков золотого оруденения в районе Бабушкиной горы (рудопроявление Алексеевское). В результате установлена прямая связь магнитных полей с золотым оруденением, предложен комплекс геофизических методов для выявления золотого оруденения. Проведена геофизическая съемка масштаба 1:10 000 площади Удерейского месторождения (электроразведка, магниторазведка, гравиразведка) (Бобыкин и др., 1980 г.).

Выполнены профильные гамма-спектрометрические наблюдения на месторождениях Урал и Васильевское и региональные профильные исследования магнитного, гравитационного и естественного электрических полей, пересекающие Партизанский район (Бакшт и др., 1981 г.).

В 1986 году основная часть территории рудного района покрыта аэрогаммаспектрометрической съемкой масштаба 1:25 000 с аппаратурой СКАТ-77 (Минеев и др., 1986 г.). В результате этих работ намечены элементы региональной геофизической зональности района и положение золоторудных месторождений в границах региональных метаморфогенно-метасоматических зон накопления радиоактивных элементов, графитизации и сульфидизации.

Систематические литогеохимические поиски были начаты при проведении геологосъемочных работ масштаба 1:50 000. Специализированные геохимические поиски масштаба1:25 000 и 1:10 000 проводились в комплексе с площадными геофизическими работами (Васильев, 1960 г.; Стеблева, 1967-1972 гг.; Сазонов и др., 1980 г.). Металлометрическим опробованием масштаба 1:25 000 (Васильев, 1960 г.) выявлены аномалии с содержанием сурьмы до 0,2% в истоках кл. Счастливого (правый приток р. Удерей) и в приустьевой части на правобережье руч. Безымянного (левый приток р. Удерей), на месте которых в 1966 г. В.З. Яковчуком было открыто Удерейское золото-сурьмяное месторождение. К 1971 г. большая часть описываемого района (около 230 кв. км) была охвачена гидрогеохимическим и литогеохимическим опробованием масштаба 1:25 000 (Стеблева, 1971 г.). В 1967-1972 гг. была проведена литогеохимическая съемка масштаба 1:10 000 в центральной части рудного узла на площади, охватывающей бассейн верхнего течения р. Удерей и включающей Удерейское золото-сурьмяное месторождение. Работы сопровождались проходкой поисковых канав и шурфов, бурением поисковых скважин с целью проверки выявленных геофизических и геохимических аномалий. В результате были выделены три участка для постановки геологоразведочных работ на сурьму.

Геохимические поиски на рудное золото были продолжены геологами Ангарской геологоразведочной экспедиции в 1980-83 гг. Литогеохимическим опробованием разных лет выявлены многочисленные ореолы рассеяния золота с содержанием металла от тысячных долей до 30 г/т. При проверке ряда аномалий горно-буровыми работами выявлены месторождения и рудопроявления золота (Бабушкина Гора и Удерейское золото-сурьмяное месторождения, Самсоновская, Урало-Архангельская, Петропавловская группы рудопроявлений), выделены перспективные участи на флангах известных месторождений золота (Васильевского, Бабушкина Гора, Удерейского).

Несмотря на столь длительную историю поисков и разведки коренных месторождений золота в Партизанском рудном районе, детальные разведочные работы были проведены только на Васильевском (Голубев, 1960 г.), Николаевском (Шелехов, 1965 г.) и Удерейском золото-сурьмяном (Стеблева, 1973 г.) месторождениях. Часть запасов золота Васильевского и запасов сурьмы Удерейского месторождений разведана до категорий В, C_1 и C_2 и утверждена ГКЗ СССР. Поисково-оценочные работы с выделением запасов золота по категории C_2 и оценкой прогнозных ресурсов по кат. P_1 проведены на Центральном участке месторождения Бабушкина Гора, на Центральном и Ново-Удерейском участках Удерейского месторождения (Власов, 1980 г.), на Центральном участке Самсоновской группы рудопроявлений. Разведанные и предварительно оцененные запасы рудного золота категории $B+C_1+C_2$ к настоящему времени составляют около 31%, а утвержденные ГКЗ и ТКЗ менее 10% от суммы запасов и ресурсов кат. P_1+P_2, выявленных и изученных месторождений и рудопроявлений.

Большинство аномалий с содержанием золота 0,02 г/т и выше, и, в ряде случаев, сопровождающихся ореолами мышьяка, не совпадают с ранее известными и изучавшимися кварцево-жильными зонами. Предполагается, что они обусловлены золотым оруденением штокверокового типа и золото-сульфидными прожилково-вкрапленными рудами. Оценка этих аномалий горно-буровыми работами не проведена.

К настоящему времени переданы для промышленного освоения месторождения Васильевское, Николаевское, Самсоновское и Бабушкина Гора.

Геологическое строение

Партизанский золоторудный узел в структурном отношении расположен на восточном крыле Центрального антиклинория Енисейского кряжа, в металлогеническом - является частью Южно-Енисейского золотоносного района Енисейской золоторудной провинции.

В геологическом строении узла принимают участие метаморфические толщи нижнего протерозоя и рифея, широко развиты мезозойско-кайнозойские коры выветривания и продукты их переотложения, современные отложения, интрузивные образования основного, кислого и щелочного состава.

Стратиграфия

В геологическом строении района месторождения принимают участие отложения протерозоя, мезозоя и кайнозоя.

Протерозой. Нижний протерозой (карелий)

Пенченгинская свита PR_1pn. Отложения свиты являются наиболее древними на описываемой площади, распространены в ядрах основных антиклинальных структур. По составу и структурно-текстурным особенностям пенченгинская свита подразделяется на две подсвиты: нижнюю, существенно карбонатную, и верхнюю, преимущественно сланцевую. Взаимоотношение подсвит согласное.

Нижнепенченгинская подсвита PR_1pn_1. Образования подсвиты отмечены, в основном, в центральной и западной частях площади. Породы представлены толщей кварцитов (около 40%) и мраморов (35%) с прослоями кристаллических известняков (5-10%), кварцитовидных песчаников (7-10%), алевролитов (5-7%). В бассейне верхнего течения рр. Б. Мурожной и Индыглы горными выработками вскрыта верхняя часть подсвиты (снизу вверх):

1. Темно-серые кварц-слюдяные и карбонат-кварц-слюдяные сланцы с прослоями слюдистых и мраморизованных известняков серого и темно-серого цвета. Мощность 260 м.

2. Мраморизованные известняки, мраморы темно-серого цвета с редкими маломощными прослоями кварцево-слюдистых сланцев. В верхней части разреза - пласты черных углистых филлитов мощностью 10-12 м. Мощность толщи 300-320 м.

Общая мощность нижнепенченгинских отложений 500-580 м.

Фациальные изменения подсвиты заключаются в постепенном уменьшении роли карбонатного материала в направлении от северных разрезов к южным.

Верхнепенченгинская подсвита (PR_1pn_2). Имеет широкое развитие в западной части площади, протягиваясь широкими полосами (до 8 км) в субмеридиональном направлении.

Отложения подсвиты представлены амфиболовыми и амфибол-хлоритовыми (около 35-40%), кварц-биотит-хлоритовыми и хлоритовыми (20-25%), кварц-амфиболовыми (17-20%), углисто-серицитовыми (10-15%) сланцами, мраморизованными известняками.

В верховьях рр. Удерей, Б. Мурожной и Индыглы разрез верхнепенченгинской подсвиты представлен в следующем виде (снизу вверх):

1. Кварц-амфиболовые (актинолитовые и роговообманковые) сланцы темно-зеленого и зеленовато-серого цвета, постепенно переходящие в кварц-биотит-хлоритовые и амфибол-хлоритовые, с редкими прослоями углистых кварц-серицитовых сланцев. Мощность толщи 380-450 м.

2. Хлоритовые сланцы с частыми прослоями углисто-серицитовых сланцев с редкими маломощными (2-5 м) пропластками мелкозернистых песчаников. Мощность 250-300 м.

3. Хлоритовые, кварц-хлоритовые сланцы, часто карбонатизированные, с линзами и горизонтами известняков. Мощность 270-350 м.

4. Переслаивание зеленых хлоритовых сланцев и углисто-черных кварц-серицитовых сланцев. Мощность 20-50 м.

Общая мощность разреза 1000-1200 м.

На водоразделе рр. Б. Мурожной и Талой вскрывается верхняя часть разреза подсвиты, представленная мраморизованными известняками (около 50%), мраморами (10%), кварц-амфиболовыми (20-30%) и углисто-серицитовыми (5-7%) сланцами.

Таким образом, видно, что подсвита фациального, неустойчива. В направлении с севера на юг увеличивается количество карбонатного материала.

Общая мощность отложений пенченгинской свиты около 2000 м.

Верхний протерозой. Нижний рифей

Кординская свита (R_1kd). Отложения кординской свиты согласно залегают на отложениях пенченгинской свиты. На площади района они развиты довольно широко, протягиваясь западнее Васильевского месторождения субмеридиональной полосой шириной 3-4 км. По литологическому составу свита подразделяется на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю.

Нижнекординская подсвита (R_1kd_1). Образования подсвиты представлены преимущественно черными кварц-серицитовыми (60-70%), кварц-хлорит-серицитовыми и углисто-кварц-серицитовыми (15-18%) сланцами, часто пиритизированными, с алевролитами (7-10%), кварцитовидными алевролитами (2-5%).

В верхнем течении р. Удерей разрез нижнекординской подсвиты следующий (снизу вверх):

1. Черные неслоистые углисто-серицитовые сланцы. Мощность 150-170 м.

2. Темно-серые, зеленовато-серые неяснослоистые кварц-хлорит-серицитовые сланцы. Мощность 180-200 м.

3. Переслаивание темно-серых кварц-серицитовых сланцев и серых алевролитов. Алевролиты образуют линзочки и маломощные (3-5 см) прослои. Мощность 90-100 м.

4. Углистые кварц-серицитовые неяснослоистые и неслоистые сланцы. Мощность 170-180 м.

5. Черные углистые кварц-серицитовые сланцы с частыми прослоями (до 1,5-2,0 м) темно-серых туфосланцев. В верхней части пачки встречаются линзочки алевролитов. Мощность 180-220 м.

6. Черные неслоистые углистые кварц-серицитовые сланцы. Мощность 10-20 м.

Общая мощность разреза 850-900 м.

В южной части района (бассейн руч. Безобразовского) в средней части подсвиты присутствует горизонт грубозернистых алевролитов и алевросланцев. Фациально количество алевритового материала в отложениях подсвиты увеличиваются в направлении с севера на юг.

Среднекординская подсвита (R_1kd_2). Ее отложения согласно перекрывают нижнекординскую подсвиту. Среднекординская подсвита представлена сложным переслаиванием темно-серых и розовато-серых косослоистых и линзовидно слоистых алевросланцев (45-50%), черных углистых кварц-серцитовых сланцев (20-25%), кварцитовидных песчаников и алевролитов (5-10%), туфосланцев (2-3%), туфоалевролитов (3-5%), туфогравелитов (3-5%), гравелито-песчаников и гравелитов (3-5%).

По составу и структурно-текстурным особенностям образования среднекординской подсвиты значительно отличаются от подстилающих и перекрывающих толщ, устойчивы к процессам выветривания и образуют множество естественных коренных выходов.

Наиболее полно разрез подсвиты представлен на левом берегу р. Удерей, ниже бывшего прииска Николаевского. Здесь наблюдаются и контакты среднекординской подсвиты с подстилающими и перекрывающими отложениями. Разрез подсвиты (снизу вверх):

1. Серые и розовато-серые косослоистые и линзовидно-слоистые алевролиты и алевросланцы. В верхах - горизонт серых параллельнослоистых кварцитовидных песчаников мощностью 10 м. Мощность пачки 170 м.

2. Темно-серые кварц-серицитовые сланцы, переслаивающиеся с тонкими (1-2 см) прослоями серых алевролитов. Мощность 40-50 м.

3. Переслаивание темно-серых слоистых алевролитов, алевросланцев и кварц-серицитовых сланцев. В основании горизонт (4 м) темно-серых туфоалевролитов. Мощность 180 м.

4. Переслаивание темно-серых, розовато-серых алевролитов, розовато-сиреневых туфосланцев, серых туфоалевролитов и туфогравелитов. Редкие прослои кварц-серицитовых сланцев. Мощность 240 м.

5. Переслаивание черных кварц-серицитовых сланцев и темно-серых слоистых алевролитов. В средней части пачки - прослой (0,8 м), обогащенный пиритом. Мощность 120 м.

6. Переслаивание гравелитов, гравелито-песчаников, темно-серых слоистых алевролитов, редкие прослои темно-серых неслоистых кварц-серицитовых сланцев. Мощность 50 м.

7. Темно-серые кварц-серицитовые сланцы с маломощными (2-5 см) прослоями серых алевролитов. В верхней части пачки - горизонт углисто-серицитовых сланцев мощностью 3 м. Мощность пачки 60 м.

8. Серые и темно-серые слоистые кварцитовидные алевролиты с подчиненными прослоями темно-серых кварц-серицитовых сланцев, иногда с хлоритоидом. Мощность 40 м.

Общая мощность разреза подсвиты 830-900 м.

Фациальный состав среднекординской подсвиты не выдержан по простиранию. В направлении с юга на север происходит уменьшение количества и мощности прослоев туфогенных образований, замещение их гравелитистыми песчаниками. В этом же направлении уменьшается количество алевритового материала.

Верхнекординская подсвита (R_1kd_3). Отложения подсвиты представлены черными углистыми кварц-серицитовыми сланцами (65-70%) с редкими прослоями серых и розово-серых алевролитов (3-5%), реже серицит-кварцевыми сланцами (15-18%), серыми и темно-серыми известняками и доломитами (5-8%), иногда с прослоями и линзами известковистых кварц-хлорит-серицитовых сланцев (1-2%). Граница подсвиты с нижележащими отложениями согласная.

По литологическим особенностям верхнекординская подсвита подразделяется на две пачки. Нижняя пачка состоит преимущественно из углисто-серицитовых и кварц-серицитовых сланцев, широко развитых на площади. В состав верхней пачки входят известняки и доломиты, имеющие ограниченное развитие.

Нижняя пачка ($R_1kd^1_3$) имеет коренные выходы в верховьях р. Удерей, выше устья р. Тапталаевки. Здесь на кварцитовидных алевролитах среднекординской подсвиты согласно залегают (снизу вверх):

1. Черные углисто-серицитовые сланцы с редкими маломощными (1-2 см) прослоями светло-серых алевролитов. Мощность 350-370 м.

2. Темно-серые, до черных кварц-серицитовые сланцы с нитевидными прослоями алевролита. Мощность 130 м.

Мощность нижней пачки 480-500 м. Она имеет выдержанный фациальный состав, с некоторым повышением количества углистого материала в направлении с севера на юг.

Верхняя пачка ($R_1kd^2_3$) согласно, но с резким переходом залегает на нижней пачке. Отложения верхней пачки имеют, в основном, карбонатный состав и распространены на юге площади (руч. Малый Шаулкон). Они представлены серыми, темно-серыми, светло-серыми известняками (80-85%), часто с прослоями и линзами доломитов (3-5%) и кварц-хлорит-серицитовых известковистых сланцев (10-12%). Мощность пачки не выдержана, изменяется от первых метров до 200 м.

Общая мощность отложений кординской свиты 1980-2700 м.

Средний рифей

Горбилокская свита (R_2gr). Отложения горбилокской свиты закартированы севернее Васильевского месторождения, в частности, в междуречье рр. Тапталаевки и Мамона, где они согласно перекрывают отложения кординской свиты. По литологическим признакам в составе горбилокской свиты выделяются три пачки: нижняя (1), средняя (2) и верхняя (3).

Пачка 1 (R_2gr^1) представлена переслаиванием полосчатых зеленовато-серых и темно-серых кварц-хлорит-серицитовых (60-65%), реже кварц-серицитовых (20-25%) и кварц-серицит-хлоритовых (10-15%) сланцев и алевролитов (2-10%). В береговых отложениях р. Удерей ниже устья р. Тапталаевки разрез пачки следующий (снизу вверх):

1. Полосчатые кварц-серицитовые и кварц-серицит-хлоритовые сланцы. Полосчатость обусловлена чередованием темно-серых и зеленовато-серых разновидностей. Часто встречаются тонкие (1-1,5 мм) слойки и линзочки светло-серого алевролита. Мощность 50 м.

2. Темно-серые кварц-серицитовые сланцы с тонкими (1-2 мм) прослоями светло-серого алевролита. Мощность 70 м.

3. Полосчатые кварц-серицитовые и кварц-серицит-хлоритовые сланцы. Мощность 250 м.

4. Темно-серые, реже зеленовато-серые кварц-серицитовые, иногда кварц-хлорит-серицитовые сланцы с редкими нитевидными прослоями серого алевролита. В верхней части горизонт темно-серых, до черных кварц-серицитовых сланцев мощностью 1,5-2,0 м. Мощность 70 м.

5. Переслаивание темно-серых неслоистых кварц-серицитовых сланцев и зеленовато-серых слоистых кварц-серицит-хлоритовых сланцев. Встречаются прослои серого алевролита мощностью 1-2 см. Мощность 120 м.

Общая мощность пачки 540 м.

Фациальные изменения отложений пачки 1 незначительны и сводятся лишь к увеличению количества и мощности прослоев алевролитов в направлении с юга на север. Изредка встречаются пласты и горизонты, обогащенные магнетитом.

Пачка 2 (R_2gr^2) пользуется меньшим площадным развитием, чем пачка 1. Она состоит из алеврито-глинистых сланцев (25-35%), алевролитов и песчанистых алевролитов (20-25%), кварц-серицит-хлоритовых сланцев (до 40%). В верховьях р. Удерей скважинами вскрыт следующий разрез пачки 2 (снизу вверх):

1. Светло-серые грубослоистые алевролиты. Слоистость неравномерная, обусловлена чередованием светло-серых алевролитов мощностью 2-3 см и зеленовато-серых кварц-серицит-хлоритовых сланцев мощностью до 0,5 см. Мощность 50 м.

2. Зеленовато-серые кварц-серицит-хлоритовые сланцы с маломощными (1-2 см) прослоями темно-серых кварц-серицитовых сланцев. Мощность 60 м.

3. Темно-серые тонкослоистые алевролито-глинистые сланцы. Мощность 120 м.

Мощность отложений пачки 2 - 230 м.

Фациальный состав пачки хорошо выдержан по площади.

Отложения пачки 3 (R_2gr^3) представлены преимущественно серыми и темно-серыми кварц-хлорит-серицитовыми сланцами. Мощность 330-350 м.

Общая мощность отложений горбилокской свиты 950-1090 м.

Удерейская свита (R_2ud). Отложения удерейской свиты согласно перекрывают горбилокскую свиту. Пользуются наиболее широким площадным распространением в описываемой части узла.

По литологическому составу и структурно-текстурным особенностям свита подразделяется на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю, которые согласно залегают одна на другой.

Нижнеудерейская подсвита (R_2ud_1). Отложения подсвиты представлены темно-серыми, до черных кварц-серицитовыми (60-80%) и алеврито-глинистыми (10-25%) сланцами. В средней части подсвиты отмечается горизонт кварц-хлорит-серицитовых сланцев (10-15%), в верхней - линзы алевролитов (2-3%).

Мощность подсвиты составляет 630-670 м.

В направлении на юг и юго-восток от Васильевского месторождения в основании подсвиты количество алевритового материала увеличивается настолько, что в ее составе выделяются две пачки: нижняя - существенно алевролитовая и верхняя - преимущественно сланцевая.

Среднеудерейская подсвита (R_2ud_2). Среднеудерейская подсвита согласно перекрывает отложения нижнеудерейской подсвиты. По литологическим разновидностям пород подсвита делится на три пачки. Первая и третья пачки состоят, в основном, из алевритового материала, вторая - существенно сланцевая.

Мощность подсвиты до 420-430 м. Фациальный состав и мощность отложений, в целом, выдержаны.

Общая мощность удерейской свиты 1800-2150 м.

Верхний рифей

Погорюйская свита (R_3pg). Отложения погорюйской свиты закартированы в восточной части описываемого района на ограниченных площадях. Свита представлена переслаиванием алеврито-глинистых и глинисто-алевритовых сланцев (до 60%), алевролитов (20-25%), кварцитовидных, иногда известковистых песчаников (7-10%), редких прослоев темно-серых кварц-серицитовых сланцев (5-7%). Отложения свиты имеют выдержанный фациальный состав.

Отложения погорюйской свиты согласно перекрываются известково-глинистыми сланцами и глинистыми известняками свиты карточки (R3kr).

Мел-палеогеновые коры выветривания

Площадные коры выветривания

Площадные коры выветривания в геологическом прошлом развивались на всех домеловых породах района. В полном разрезе в них различаются следующие зоны (снизу вверх):

- зона продуктов дезинтеграции пород;
- зона образования глинистых минералов;
- каолиновая зона.

В связи с особенностями геоморфологического строения района, площадная кора сохранилась к настоящему времени только фрагментами зоны дезинтеграции пород на плоских денудационных водоразделах в пределах Индыглинской котловины.

Зона дезинтеграции пород представлена красно-бурыми глинами и пестроокрашенными сильно трещиноватыми и выветрелыми породами. На ортоамфиболитах состав коры приближается к аллитному типу, на сланцах кора выветривания имеет сиаллитный характер. В красноцветах выявлено свободное золото от тонкодисперсного до 0,05-0,12 мм в поперечнике. Обогащены золотом продукты верхних зон площадной коры выветривания, переотложенные и сохранившиеся в древних эрозионно-карстовых депрессиях в долинах рр. Талой и Подголечной. Карст приурочен к контактам карбонатных пород со сланцами и амфиболитами пенченгинской свиты и представлен крупными воронками, продолговатыми впадинами и карстовыми щелями. Глубина карста от десятков до одной сотни метров, площадь - от нескольких сотен до десятков тысяч м². На поверхности карст не всегда явно выражен, так как перекрыт четвертичными отложениями. Карстовые депрессии выполнены красноцветными, глубоко химически проработанными и переотложенными, глинистыми бокситосодержащими озерными, болотными и делювиальными отложениями, в которых наибольшее количество золота отмечается в приплотиковой части (до сотен г/м³).

Линейные коры выветривания

Линейные коры формировались в зонах крупных разрывных нарушений и вдоль контактов литологических разновидностей пород. Их отличает значительная мощность, протяженность, глубина химического преобразования пород субстрата и относительная сохранность. Каолиновые коры такого типа характерны для зоны сбросов Мейстера. Здесь, в верховьях рек Удерея и Бол. Мурожной они протягиваются двумя полосами: первая - от р. Талой в руч. Левая Безымянка и далее в долину руч. Иннокентьевский, и вторая, более узкая, - от р. Березовая до р. Безымянка и далее в долину руч. Ивановский.

Образованиям линейных кор выветривания присущи белые, желтые, бурые, буровато-желтые и сиренево-коричневые окраски. Их отличает согласное с вмещающими породами залегание, с сохранением структурно-текстурных особенностей первичных пород. По характеру взаимоотношений выветрелых пород выделяется два профиля выветривания: прямой и обратный.

Прямой профиль характерен для субвертикальных, достаточно мощных кор, в которых наиболее выветрелые породы залегают сверху.

Обратный профиль обычен для наклонно падающих карманов, западений и полостей с небольшими поперечными сечениями. Под крепкими, слабо выветрелыми породами находятся все более дезинтегрированные, вплоть до пестрых глин с реликтами первичной текстуры сланцев. Мощность таких образований - от одного до нескольких десятков метров. В лежачем боку вновь появляются плотные, слабо выветрелые породы.

Глубина распространения линейных кор выветривания в районе Николаевского и Герфедского месторождений достигает 200-250 м. Линейные коры также являются золотоносными. Так, в долине р. Боровой скважинами вскрыта кора выветривания мощностью 20-25 м с содержанием золота от 1,5 до 6 г/т.

На плоских водоразделах и в верховьях ручьев, в бассейне среднего течения р. Удерей, встречаются следы зоны дезинтеграции древней коры выветривания. Фиксируются они изменением цвета коренных пород - осветлением, появлением красной и буро-желтой окраски, а также наличием пустот выщелачивания сульфидов, лимонитизацией по трещинам, повышенной хрупкостью пород. Мощность таких образований от 1,5 до 6 м.

Мел

Верхний отдел

Герфедская свита (K_2gr). Отложения герфедской свиты имеют ограниченное распространение западнее Васильевского месторождения в верхнем течении руч. Березового, Митрофановского, р. Индыглы, на левобережье руч. Безымянного и по р. Талая.

Строение свиты сложное. Грубо ее можно разделить на два горизонта: нижний - подрудный и верхний - рудоносный, включающий несколько тел бокситов. Деление это условное и проводится в основном по аналогии со смежными районами.

По данным Шибистова Б.В. (1970 г.) разрез свиты следующий (снизу вверх):

1. Подрудный горизонт представлен алевритовыми глинами пестрой, чаще зеленовато-серой окраски с брекчиевидной структурой. Глины содержат до 40% обломков, в основном, сланцев. Вверх по разрезу количество обломков уменьшается и преобладает каолинит. Мощность горизонта 50 м.

2. Рудоносный горизонт состоит, в основном, из светлых огнеупорных глин каолинового и гиббсит-каолинового состава (80%) с редкими горизонтами рыхлых и обломками каменистых бокситов (5%), пластами бурых углей (7%), слоями кварцевых песков (7-10%). Мощность горизонта до 130-140 м. Мощность свиты около 200 м.

Палеоген

Мурожнинская свита ($P_{1-2}mr$). Залегает с размывом на породах герфедской свиты. Ее отложения закартированы на водоразделе р. Б. Мурожной и руч. Безымянного и на левобережье последнего. Отложения свиты представлены каолиновыми глинами с линзами рыхлых и каменистых бокситов и кварцевых песков. Мощность свиты несколько десятков метров.

Квартер (QIII+QIV)

Четвертичные коры выветривания

Четвертичные коры выветривания в районе представлены комплексом рыхлых отложений склонов и водоразделов и являются продуктами существенно физического выветривания.

В расчлененном рельефе, на склонах крутизной более 20° развиты маломощные щебне-обломочные отложения и курумы, почти лишенные покровных суглинков. На водоразделах с углами наклона 1-3° преобладают щебне-обломочные малосмещенные элювиальные образования мощностью 0,8-1,2 м, залегающие под маломощными покровными суглинками с почвенно-растительным слоем. Элювий быстро переходит в трещиноватые, а с глубиной - во все более плотные коренные породы. На склонах крутизной 3-20°, составляющих значительную часть площади района, рыхлые отложения представлены чехлом в различной степени перемещенных делювиально-солифлюкционных образований, имеющих у оснований склонов повышенные мощности. В разрезе такие отложения разделяются на три горизонта - суглинистый, щебнистый и обломочный. Границы между горизонтами обычно четкие, прямолинейные, реже постепенные и волнистые. Отличаются горизонты по составу, ориентировке обломков и степени смещения вниз по склону.

В суглинистом горизонте преобладает окраска бурых оттенков. Его мощность обычно 0,2-0,6 м. Размеры обломков пород не превышают размеров щебня, их количество от 1 до 5%, ориентировка беспорядочная. Это типичные делювиальные отложения, далеко смещенные вниз по склону. Сформировались они в условиях плоскостного смыва мелкозема.

Смена бурых тонов суглинков и супесей на сероцветные обозначает границу нижезалегающего щебнистого горизонта типичных солифлюкционных отложений. Мощность горизонта, обычно, около 1 м. Содержание обломков в нем с глубиной возрастает до 60-70% с одновременным увеличением их крупности (до 15-20 см). Все обломки лежат на своих плоских сторонах с ориентировкой длинных осей по падению склона. Перенос материала щебнистого горизонта вниз по склону меньше, чем у суглинистого горизонта.

Между щебнистым горизонтом и коренными породами залегает слой выветрелых сланцев в виде плиток с суглинками по трещинам в виде примазок. Иногда фиксируется незначительная подвижка этого материала. Мощность этого обломочного горизонта 0,3-0,6 м.

Золотоносность четвертичных продуктов выветривания прямо связана с деструкцией коренных проявлений. В суглинистом и значительной части щебнистого горизонта шлихового золота очень мало. Чаще всего оно фиксируется над обломочным горизонтом.

Ореолы тонких фракций золота в суглинистом горизонте по данным спектрозолотометрической съемки слабо контрастны (0,01-0,05 г/т), имеют большую площадь и далеко смещены от коренных источников. Ореолы щебнистого горизонта более контрастны и наиболее приближены к возможным коренным источникам.

Верхнечетвертичные и современные отложения объединенные (Q_{III-IV})

Представлены комплексом аллювиальных отложений низких надпойменных террас наиболее крупных рек (Удерей, Б. Мурожная). Состоят из галечников, песков, суглинков с галькой различных пород. Отложения часто золотоносны.

Типичный разрез (сверху вниз):

1. Глинистые пески и супеси серого цвета.
2. Мелкие галечники с прослоями песков.
3. Галечники песчано-глинистые с валунами и щебнем коренных пород.

Мощность отложений 5-6 м, иногда до 15-18 м. Золотоносные залежи приурочены, как правило, к нижней части аллювиальных образований на границе с плотиком.

Современные отложения (Q_{IV})

Это образования высоких надпойменных террас малых рек, включающие в себя русловые, пойменные, старичные фации и элювильно-делювиальные отложения.

Русловые и пойменные фации представлены суглинками, супесями с прослоями глинистых песков, галечников, валунов. Мощность их от 0,2 до 10 м.

Старичные фации сложены илисто-глинистыми отложениями мощностью до 10-15 м.

Интрузивные образования

Интрузивные породы представлены образованиями кислого, основного и щелочно-основного состава. Кислые породы слагают крупный гранитный массив татарско-аяхтинского комплекса (рифей), основные породы формируют многочисленные мелкие массивы и тела индыглинского комплекса (нижний протерозой), щелочно-габброидные породы и карбонатиты среднетатарского комплекса образуют небольшие дайкообразные тела.

Индыглинский комплекс (vPR1in)

К этому комплексу отнесены наиболее древние в районе согласные пластовые (силлы) и секущие тела габбро-амфиболитов и ортоамфиболитов, залегающие среди нижнепротерозойских отложений на периферии Татарской антиклинальной структуры.

Внедрение пород комплекса произошло одновременно с проявлением основной фазы складчатости, а преобразование их состава, структур и текстур позднее, при формировании гранитного массива. При этом, кроме типичных ортоамфиболитов при региональном метаморфизме мергелистых пород возникли и параамфиболиты и амфиболовые сланцы.

Ортоамфиболиты более всего распространены в верховьях рек Бол. Мурожной, Индыглы, Удерея, Талой. Залегают они в виде тел мощностью от десятков до сотен метров, протяженностью до нескольких километров и согласно основным складчатым структурам высоких порядков. Отчетливо секущие тела наблюдаются в верховьях р. Индыглы.

Краевые части массивов слагают рассланцованные мелко- и среднезернистые разности основных пород. К центру массивов рассланцовка уменьшается, зернистость укрупняется, текстуры становятся массивными. В массивах отмечаются ксенолиты вмещающих амфиболизированных пород. По минеральному составу и степени сохранности исходных структур и текстур среди пород индыглинского комплекса выделяются следующие основные раз-

новидности: крупно-среднезернистые габбро-амфиболиты, средне-мелкозернистые ортоамфиболиты и мелкозернистые ортоамфиболиты.

Крупно-среднезернистые габбро-амфиболиты. Представлены группой пород от амфиболизированных габбро до апогаббровых амфиболитов. Это массивные, реже слабо рассланцованные породы темно-зеленого, зеленого цвета с габбро-диабазовой, бластогаббровой, бластоофитовой структурой. Сложены они изометричными зернами роговой обманки, плагиоклазом (андезин-лабрадор), пироксеном. В качестве акцессорных присутствуют сфен, апатит, турмалин, ильменит. Вторичными минералами являются биотит, хлорит, эпидот-цоизит, кварц.

Средне-мелкозернистые ортоамфиболиты. Пользуются наибольшим распространением. Характерны для краевых частей массивов и зон секущих их тектонических нарушений. Представлены группой пород от аподиабазовых амфиболитов и амфиболитов до амфиболовых сланцев. Это меланократовые породы с бластоофитовой, гранобластовой и гранонематобластовой структурами и значительной ролью линейных и плоскопараллельных структур. Сложены они ориентированными призматическими зернами зеленой роговой обманки и изометричными зернами плагиоклаза средней основности. Акцессорными минералами являются сфен, ильменит, турмалин, рутил. В качестве вторичных присутствуют хлорит, кварц, серицит, пирит. В более рассланцованных разновидностях пород содержание хлорита и кварца выше и достигает 25%, одновременно возрастает и содержание тонко-кристаллического пирита (до 2-3%). Нередко среди амфиболитов этой группы встречаются линзы и прослои мономинеральных амфиболовых пород, состоящих из одной зеленой роговой обманки. В зоне контакта этих амфиболитов с ксенолитами известняков они переходят в типичные амфиболовые сланцы.

Мелкозернистые ортоамфиболиты. Слагают краевые части крупных массивов, а также, целиком, значительное число мелких согласных линзовидных тел. Это темно-зеленые трещиноватые породы, среди которых различают амфиболизированные диабазы и рассланцованные ортоамфиболиты. Первые имеют офитовую структуру и массивную текстуру, вторые - нематобластовую структуру и линейно-параллельную текстуру. Амфиболизированные диабазы сложены моноклинными пироксеном, плагиоклазом, роговой обманкой, эпидот-цоизитом, кварцем. Акцессорными являются сфен, апатит, ильменит. Вторичные минералы - хлорит, серицит, лимонит. Ортоамфиболиты состоят из субпараллельно ориентированных агрегатов роговой обманки, замещающей пироксен, гранулированных зерен плагиоклаза, пироксена, единичных зерен кварца, хлорита, биотита, эпидота и цоизита.

Татарско-Аяхтинский комплекс (γR2ta)

Татарский гранитный массив данного комплекса слагает ядро одноименной куполовидной антиклинальной структуры.

Татарский массив образован двумя основными фазами внедрения: первая - диориты, гранодиориты и сиениты, вторая - мелкозернистые и порфировидные граниты.

Первая фаза широко проявилась в центральной части массива. Среди диоритов различают нормальные и кварцевые разности, тоналиты и гранодиориты. Диориты серые, темно-серые мелко- и среднекристаллические породы с редкими порфировыми выделениями полевых шпатов. Минеральный состав: плагиоклаз (андезин), темноцветы (биотит, роговая обманка), кварц. Акцессорные минералы представлены апатитом, сфеном, цирконом, вторичные - хлоритом, эпидотом. Структура пород гипидиоморфнозернистая, гранитовая.

Кварцевые диориты имеют темно-серую окраску, от диоритов отличаются более кислым плагиоклазом (олигоклаз-андезин) и присутствием кварца в количестве до 10%. Состоят из плагиоклаза, биотита, роговой обманки, кварца, микроклина. В качестве акцессорных минералов присутствуют сфен, апатит, шеелит, турмалин, циркон, титаномагнетит. Вторичными являются серицит, хлорит, эпидот. Структура пород гипидиоморфнозернистая, текстура массивная.

Тоналиты являются переходными породами между кварцевыми диоритами и гранодиоритами, встречаются довольно редко. Состоят они из плагиоклаза, роговой обманки, биотита, микроклина, кварца. Акцессорные минералы - апатит, сфен.

Гранодиориты - серые породы гипидиоморфнозернистой или гранитовой структуры, массивной текстуры. Состоят из плагиоклаза, микроклина, кварца, роговой обманки, биотита. Акцессорные минералы - сфен, апатит, циркон, ортит, магнетит. Вторичные - хлорит, серицит, эпидот, карбонаты.

Вторая, главная фаза внедрения, представлена мелкозернистыми и порфировидными гранитами, слагающими около 70% площади Татарского массива.

Мелкозернистые граниты слагают эндоконтактовую полосу массива. Среди них выделяются биотитовые, роговообманково-биотитовые, биотит-роговообманковые разности. Наиболее распространены биотитовые граниты. Их состав: микроклин, плагиоклаз, биотит, роговая обманка, кварц. Акцессорные минералы: апатит, турмалин, сфен, циркон, магнетит, титаномагнетит. Вторичные: серицит, мусковит, эпидот, хлорит, клиноцоизит, гидроокислы железа. Структура пород гранитовая, аплит-гранитовая, гипидиоморфнозернистая. Текстура массивная.

Порфировидные граниты - плотные породы серой, желтовато- или розовато-серой окраски с порфировыми выделениями калиевых полевых шпатов, плагиоклаза, кварца. По содержанию темноцветов различают биотитовые, биотит-роговообманковые разности, связанные между собой и с мелкозернистыми гранитами взаимопереходами. Минеральный состав: олигоклаз, микроклин, кварц, биотит, роговая обманка. Акцессорные минералы - апатит, циркон, сфен, рутил, монацит. Рудные минералы - магнетит, ильменит, гематит. Вторичные - серицит, эпидот. Структура пород порфировидная, гранитовая, гипидиоморфнозернистая. Текстура массивная.

По химическому составу граниты Татарского массива относятся к пересыщенным кремнеземом и глиноземом и характеризуются пониженной щелочностью.

Жильная фаза гранитов Татарского массива представлена немногочисленными жилами пегматитов, которые локализуются параллельно контактам массива как в его пределах, так и в зоне экзоконтакта. Мощность тел достигает 7-10 м. Это светло-серые и розовато-серые крупнокристаллические породы, сложенные микроклином, кварцем, плагиоклазом, биотитом, мусковитом. Структура пород пегматитовая, текстура массивная.

Среднетатарский комплекс (ξR3st)

К образованиям этого комплекса отнесена формация габброидных, щелочно-габброидных пород и карбонатитов, широко представленных на западе описываемого района в зоне Татарского глубинного разлома. Возможно их наличие в верховьях р. Удерей на водоразделе его с руч. Березовым, в поле развития габброидов индыглинского комплекса. Предполагается, что породы среднетатарского комплекса образуют дайкообразное тело меридионального простирания, имеющее протяженность около 2 км. Коренных выходов породы этого комплекса не образуют и до последнего времени принимались за образования индыглинского комплекса.

Метаморфизм

В пределах района известны три типа метаморфических преобразований пород: региональный, контактовый и динамометаморфический.

Региональный метаморфизм

Региональный метаморфизм характерен для всех протерозойских отложений района. Установлено два цикла регионального метаморфизма: карельский и байкальский.

Метаморфические преобразования карельского цикла проявлены в породах ченчегинской свиты, для которых характерен региональный метаморфизм амфиболитовой фации. Породы превращены в типичные кристаллические сланцы, кварциты и мраморизованные известняки и мраморы. Слоистость сохранилась лишь фрагментами, но широко представлена метаморфическая полосчатость и кристаллизационная сланцеватость.

Байкальский цикл регионального метаморфизма проявился в породах кординской, горбилокской и удерейской свит и по степени метаморфизма отвечает биотитовой зоне фации зеленых сланцев. Породы названных свит обычно характеризуются четкими тонкосланцевыми текстурами, раскристаллизованной основной массой, минеральными ассоциациями с переменными количествами хлорита и серицита. Кварц хорошо раскристаллизован, его послойная сегрегация подчеркивает слоистость, особенно в алеврито-серицитовых разновидностях. Песчаники за счет раскристаллизации цемента приобретают кварцитовидный облик, происходит мраморизация известняков. В низах кординской свиты местами отмечается значительное количество новообразований биотита.

Контактовый метаморфизм

Контактовый метаморфизм в рассматриваемом районе представлен зонами изменения вмещающих пород в экзоконтакте Татарского гранитного массива. Непосредственный контакт гранитов с вмещающими сланцами ченчегинской свиты часто не наблюдается из-за сильной заболоченности и курумов. О характере контакта приходится судить по ширине ореола контактового метаморфизма пород. Внешние контуры ореола, в связи с наложением его на регионально метаморфизованные породы, нечеткие, поэтому размеры ореола вдоль границы массива разными авторами определяются по разному, обычно первыми сотнями метров.

В кварцитах ченчегинской свиты контактовый метаморфизм сказался в раскристаллизации кварца и возникновении пойкилоофитовых выделений роговой обманки и гранатов. В ортоамфиболитах метаморфизм проявлен процессами амфиболизации, альбитизации основного плагиоклаза и микроклинизацией. Наибольшие изменения претерпели терригенно-карбонатные отложения, по которым возникли контактовые роговики и узловатые амфиболовые и кварц-слюдяные сланцы, слюдяные мраморы и мраморизованные известняки.

Зона контактовых роговиков примыкает непосредственно к массиву и имеет ширину от 100 м до нескольких сотен метров. Сложена зона пироксеновыми, амфиболовыми, биотитовыми, карбонат-диопсидовыми роговиками, карбонат-биотитовыми и биотит-карбонатными сланцами и мраморами.

Благодаря контактово-метасоматическим процессам, в зоне контактовых роговиков и часто в эндоконтакте татарских гранитов получили развитие пластообразные тела скарнов линзовидной и неправильной формы. Выделяются два типа скарнов: известняковые и роговиковые.

Известняковые скарны - крупнозернистые породы, залегающие вместе с ксенолитами мраморов в массе гранитов. Это пестрые, буровато-зеленые, плотные массивные породы пироксен-гранатового, гранат-пироксенового, плагиоклаз-пироксенового состава с гранобластовой структурой. В скарнах в виде вкрапленности, прожилков, гнезд содержится бедная наложенная рудная минерализация - шеелит, молибденит, пирит, халькопирит.

Роговиковые скарны - мелкозернистые сливные породы буровато-зеленого цвета, иногда с реликтами роговиков. Текстура пятнистая, массивная, структура гранобластовая. Минеральный состав: кварц, плагиоклаз, эпидот, везувиан. Акцессорные минералы: титаноильменит, циркон, апатит, турмалин. Содержится убогая вкрапленность рудных минералов - молибденита, пирротина, халькопирита.

Зона амфиболовых и слюдяных сланцев примыкает к роговиковой, с которой связана постепенными переходами. Ширина зоны - первые сотни метров. Внешняя ее граница фиксируется появлением в разрезе толщ хлорит-биотит-серицитовых сланцев, считающихся уже продуктами фации зеленых сланцев регионального метаморфизма. Среди терригенных пород ченчегинской свиты контактовый метаморфизм внутренней части зоны выражен образованием ороговикованных роговообманковых, биотит-роговообманковых и роговообманково-мусковит-биотитовых сланцев. В краевых частях зоны распространены более рассланцованные роговообманково-хлоритовые и хлоритоидные сланцы. Во всех перечисленных породах зоны присутствуют кварц, роговая обманка, плагиоклаз, биотит, мусковит, хлорит, Акцессорными являются апатит, сфен, турмалин, пирротин, пирит.

Следует отметить, что ряд признаков, а именно, наличие в контактово-измененных породах вокруг гранитного массива кальцита, серицита, малое распространение турмалина, андалузита и полное отсутствие волластонита и кордиерита свидетельствует о ничтожном привносе в зону контакта летучих из гранитов. Преобладающую роль при контактовом метаморфизме играл тепловой прогрев.

Динамометаморфизм

Процессы динамометаморфизма в районе проявились весьма существенно. Локальный динамометаморфизм наложен на региональо метаморфизованные породы в узких, вытянутых в северо-западном направлении тектонических зонах, где создавались условия для одновременного действия повышенных давлений и температур, обусловивших преобразование минералогического и, частично, химического состава пород.

Серые и темно-серые алеврито-глинистые сланцы приобретают возрастающую рассланцовку и кливаж, увеличивается количество и крупность выделений хлорита и серицита, происходит сегрегация кварца. Слоистость пород затушевывается, развиваются сланцевые текстуры, породы приобретают зеленую окраску. Мощность зон такого преобразования - несколько сотен метров.

Кварцево-жильные образования

Кварцевые жилы широко распространены в районе. Встречаются они в виде зон, полей и одиночных жил в зонах рассланцевания и дробления пород всех протерозойских свит района. Одиночные жилы чаще всего имеют малую мощность и протяженность и, обычно, незолотоносны. Разнообразием размеров, формы, состава характеризуются сгруппированные кварцевые жилы, совокуп-

ность которых формирует поля трех основных типов: пластообразных жил, согласных и секущих жил и зон кварцевого прожилкования.

Поля пластообразных тел (жил или залежей). Тела имеют относительно простую линзовидную форму, согласны с простиранием и падением вмещающих пород. Длина тел от сотен метров до 1,5 км, мощность от десятков сантиметров до 10-20 м. Наиболее характерны они для тектонических зон вблизи контакта пенчегинской и кординской свит в Герфед-Николаевском рудном поле (жилы Николаевская, Магнитные, Верхнеборовая, Магистральная и др.). Сложены такие жильные тела метасоматическим равномерно-тонкозернистым темно-серым кварцем с пятнистой текстурой, обусловленной реликтами пелитового и углистого материала, хлоритом, серицитом вмещающих сланцев. Золотоносность от первых г/т до десятков г/т. Породы со стороны лежачего бока таких крупных жил часто рассечены многочисленными крутопадающими пересекающимися жилами более позднего серовато-белого кварца. Золотоносность отдельных из них в несколько раз выше, чем у основных жил и вмещающих пород. Золото находится, в основном, в свободном состоянии, крупное (от 1 до 2-3 мм). В кварцевых жилах встречаются карбонаты, арсенопирит, пирит, пирротин, меньше - халькопирит, магнетит, галенит, сфалерит.

Жильные поля согласных и секущих кварцево-жильных тел. Пользуются в районе широким развитием, наиболее характерны для удерейской свиты, однако встречаются и в породах пенчегинской и кординской свит. Представлены множеством в десятки (месторождения Урал, Удерейское, Бабгора) и сотни (месторождение Васильевское) сближенных или разобщенных кварцевых жил различной формы, мощности и протяженности. Обычно жилы локализуются в зонах рассланцевания, дробления и смятия пород и залегают согласно их простиранию, но по падению часто имеют секущее положение.

Очертания жил простые прямолинейные, реже линзовидные. Мощность колеблется от 0,1 до 10-15 м, протяженность от 50-100 до 700 м и более. Крупные жилы, обычно, сопровождаются серией мелких, сложно ветвящихся сателлитов. Иногда они расщепляются на несколько более мелких жил с соответствующим увеличением мощности рудного тела за счет интенсивно сульфидизированных междужильных сланцев. На участках повышенного дробления и на флангах такие жилы переходят в зоны кварцевого прожилкования и сульфидизации пород.

Сложены жилы разнозернистым белым, серовато-белым, серым кварцем, содержащим до 5% сульфидов (с преобладанием пирита). В отдельных жилах отмечается до 3-7% карбонатов, альбита, хлорита, серицита, гематита и лимонита.

В каждом поле этого типа, из всего множества кварцевых жил, золотоносны, обычно, лишь несколько, а промышленные концентрации присущи единичным телам. Золото образует мелкую неравномерную вкрапленность в кварце, реже в ксенолитах сланцев. Форма золотин разнообразная, размеры их от 0,05 до 0,8 мм, редко до 1-2 мм.

Поля развития зон кварцевого прожилкования. Обычно представлены несколькими субпараллельными зонами развития разноориентированного прожилкования, отстоящими одна от другой на 100 и более метров. Золотоносность их различна, зависит от интенсивности прожилкования и сульфидизации вмещающих пород. Длина зон до 1 км, ширина от десятков до сотен метров, падение крутое. Зоны приурочены к крыльям складок и контролируются участками интенсивного смятия, рассланцевания и дробления пород. Часто залегают совместно с полями кварцево-жильных тел второго типа и сменяют их по падению и простиранию.

Морфология кварцевых прожилков в зонах простая, плоско-линзовидная, четковидная, сетчатая. Контакты всегда четкие. Прожилки сложены серым, розоватым среднезернистым кварцем, с крустификационными структурами роста от стенок трещин. Отмечаются пирит, железистые карбонаты. Характерны повышенные содержания свинца и серебра. Золото находится в тонкодисперсных выделениях и ассоциирует с пиритом. Изредка встречаются свободные золотинки величиной 0,05-0,1 мм.

Тектоника

Геологические образования, слагающие территорию рудного узла, формируют пять тектонических мегакомплексов: карельский (комплекс основания), байкальский геосинклинальный, платформенные - каледонский, нижне- и верхнеальпийские (рис. 3.41).

Карельский мегакомплекс проявлен в центральной части рудного узла, сложен вулканогенно-терригенно-карбонатной формацией (пенчегинская свита), метаморфизованной в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций. Важной чертой строения карельского мегакомплекса является широкое развитие метавулканитов основного (амфиболиты, амфиболовые сланцы, индыглинский комплекс) и щелочно-ультраосновного (щелочные габброиды: камптониты и лузитаниты, слагающие дайки мощностью 40-180 м и протяженностью от 100 до 1500 м; карбонатиты - представлены маломощными секущими жилами кальцитового, доломит-кальцитового, анкерит-кальцитового состава; пенчегинский комплекс) состава. В составе индыглинского комплекса выделяются два генетических типа пород - эффузивный и интрузивный, формирующие, соответственно, пластовые тела и силлы (дайки).

Индыглинский комплекс является рудовмещающим для золото-сульфидной формации.

С породами пенчегинского комплекса прогнозируется связь вероятного золото-платиноидного оруденения свиты.

Мощность стратифицированных образований мегакомплекса около 1200 м.

Байкальский мегакомплекс, охватывает по объему сухопитскую и тасеевскую серии, залегает структурно несогласно на образованиях карельского мегакомплекса. Мегакомплекс состоит из двух тектонических комплексов - геосинклинального и орогенного.

Байкальский геосинклинальный комплекс сложен породами сухопитской серии общей мощностью около 6000 м. Ранняя стадия развития геосинклинали отвечает терригенной флишевой формации (кординская свита), сложенной мощной толщей филлитов, углеродистых филлитов с подчиненным развитием карбонатных пород, вулканитов (туфов) основного состава, кварцитов, гравелитов и конгломератов.

Средняя стадия развития геосинклинали соответствовала этапу доминирующего проявления пелитового осадконакопления, приведшего к формированию монотонной и ритмически однообразной сланцевой формации (горбилокская и удерейская свиты), сложенной кварц-хлоритовыми филлитами, кварц-серицитовыми, углеродисто-глинистыми, алеврито-глинистыми сланцами с подчиненным количеством известково-глинистых сланцев и песчаников.

В конечную стадию развития геосинклинального прогиба формируется флишоидная песчано-сланцевая (погорюйская свита), карбонатная (свита карточки, аладьинская свита) и флишоидная песчано-карбонатно-глинистая (потоскуйская, шунтарская, киргитейская свиты) формации.

Образования геосинклинального комплекса байкалид регионально метаморфизованы на уровне средних ступеней зеленосланцевой фации.

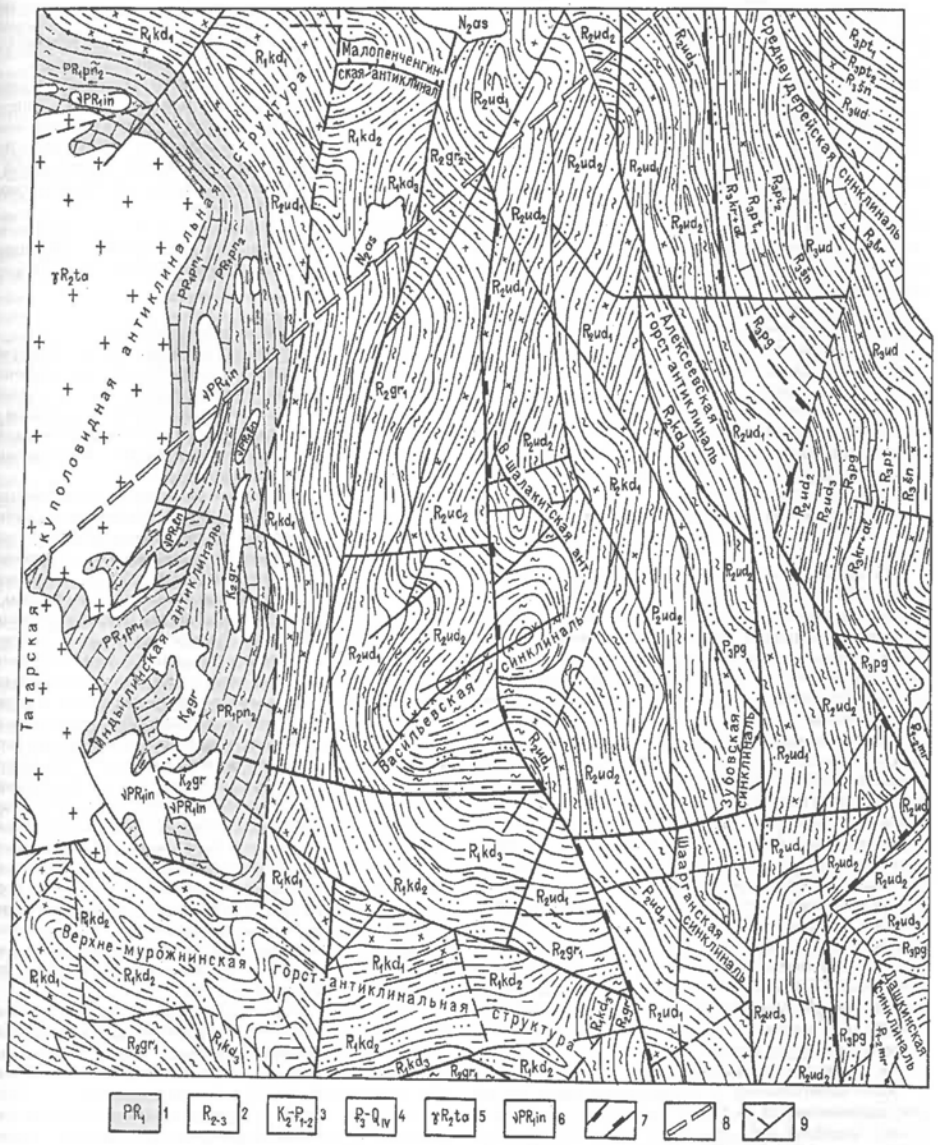


Рис. 3.41. Гектоническая схема центральной части Партизанского рудного узла.
(Составлена с использованием материалов Ангарской ГРЭ)

1-4 – тектонические комплексы: 1 – карельский (формации: вулканогенно-карбонатно-сланцевая, пенчегинская свита (PRpn$_{1,2}$), габбро-диорит-диабазовая, индыглинский комплекс (PR$_1$in), 2 -байкальский (формации: карбонатно-вулканогенно-терригенная (кординская (R$_2$kd$_{1,2,3}$), сланцевая (удерейская (R$_2$ud$_{1,2,3}$), горбилокская (R$_2$gr$_{1,2}$), песчано-сланцевая (погорюйская (P$_3$pg), карбонатная (свиты карточки и аладьинская (R$_3$kr+al), вулканогенно-карбонатно-терригенная (потоскуйская (R$_3$pt$_{1,2}$) черносланцевая (шунтарская (R$_3$ n), карбонатно-терригенная (киргитейская (R$_3$Kg) свиты, (гранитовая (татарско-аяхтинский комплекс), 3 – нижнеальпийский (мел-палеоген) (формации: бокситоносная (коры выветривания), герфедская и мурожнинская свиты (K$_2$-)$_{1,2}$); 4 – верхнеальпийский (верхний палеоген-квартер) (формации: алеврито-глинистая пестроцветная (бельская свита ()$_3$-N$_1$), галечно-песчано-глинистая пестроцветная (N$_2$-Q$_1$), группа терригенных формаций (аллювиальные, элювиальные и др. (Q$_3$-Q$_{IV}$); 5 – гранитоиды (татарско-аяхтинский комплекс (γR$_2$ta); 6 – амфиболиты (индыглинский комплекс (πPR$_1$ni); 7-8 -региональные глубинные разломы: 7 – Пенчегинско-Рыбинский, 8 – Ишимбинский; 9 – региональные и локальные разломы.

Синхронными конечным стадиям развития байкальского геосинклинального комплекса являются гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса, слагающие Татарский массив. Гранитоиды Татарского массива являются рудогенерирующим источником золотого оруденения.

По характеру магнитного поля и поля силы тяжести в массиве выделяются два участка овальной формы, которые принадлежат, возможно, двум разным магматическим комплексам татарско-аяхтинскому (южная часть массива) и, вероятно, среднетырадинскому (северная часть).

Помимо обнаженной части Татарского массива, на восток от него прослеживается на глубине его скрытая часть, выявляемая по гравитационным и космогеологическим данным. Строение кровли массива обусловлено двумя типами структур: купольными магматическими структурами гранитоидов и провисами или останцами кровли, образованными вмещающими породами. Эти структуры имеют значение для прогноза оруденения, контролируя оруденение в центральных частях куполов и по периферии провисов кровли.

Орогенный комплекс байкалид сложен красноцветной карбонатно-терригенной молассовой формацией (алешинская, чистяковская, мошаковская свиты, тасеевская серия), породы которой с угловым несогласием залегают на разновозрастных отложениях.

С терригенными отложениями связываются некоторые перспективы выявления золотоносных конгломератов (р. Удоронга).

Каледонский мегакомплекс сложен карбонатно-терригенными образованиями нижнего-среднего кембрия, формирующими пестроцветную терригенно-карбонатную формацию (островная, верхоленская, эвенкийская свиты), в которой за пределами района выявлены прямые признаки золотоносности красноцветных алевролитов эвенкийской свиты (р. Камо) (за пределами характеризуемого района).

Нижнеальпийский и верхнеальпийские мегакомплексы сложены продуктами мел-палеогеновых кор выветривания и продуктами их переотложения (формации: латеритной коры выветривания (верхний мел - палеоген), каолинитовой коры выветривания (герфедская свита, мел), бокситоносной коры выветривания (мурожнинская свита, палеоцен - эоцен), алеврито-глинистая пестроцветная (бельская свита, олигоцен - миоцен), галечно-песчано-глинистая пестроцветная (древний красноцветный аллювий, плиоцен - нижнечетвертичный), группа современных терригенных формаций (сероцветный аллювий, нижнечетвертичный - современный). Формации коры выветривания (мел - эоцен) - весьма значимые элементы строения рыхлого комплекса. Мощность кор выветривания достигает 250-300 м. С корами выветривания связаны залежи бокситов, золотоносных кор выветривания, золотоносных россыпей, других полезных ископаемых.

Коры выветривания по морфологическим особенностям подразделяются на площадные и линейные. Преобладают линейные коры, слагающие узкие (0,5-1,0 км), но протяженные (до10-15 км) депрессионные структуры: Татарскую, Индыглинскую, Мурожнинскую, Боровинскую.

Площадные коры выветривания развиты на плоских водоразделах, мощность их 50-150 м, обычно сохраняется зона дезинтеграции в виде остаточных глин и щебнистого элювия с лимонитизированными сульфидами.

Профили выветривания: латеритный, каолинитовый, гидроокисно-сульфидный, редко - известковый, кремнистый. Золотоносность кор выветривания возрастает в 2-5 раз относительно уровня содержаний в первичных золотосодержащих рудах.

Стратифицированные домезозойские образования района смяты в пологие складки, осложненные локальными зонами смятия, в пределах которых развиты системы зон рассланцевания, линейных и изоклинальных складок.

Главным элементом пликативной тектоники Партизанского узла является структура первого порядка - Татарская брахиантиклиналь. Структуры второго порядка, имеющие рудоконтролирующее значение, представлены Васильевской и Березовской синклиналями, Алексеевской и Мурожнинской антиклиналями, разломами - Ишимбинским, Татарским, Нижне-Подголечным.

Приядерные части (мульды, своды) складок и зоны смятия являются основными структурными факторами локализации золотого оруденения (Сердюк, 1984; Сердюк, Коморовский, 2002).

Пликативные структуры

В рассматриваемом районе Татарский антиклинорий представлен Татарской куполовидной антиклинальной структурой III порядка, а Ангаро-Питский синклинорий фрагментами структур II порядка - Средне-Удерейской и Дашкинской синклиналями. Все прочие пликативные структуры района имеют подчиненное значение, являясь складками IV-V и более мелких порядков.

Татарская куполовидная антиклинальная структура относится к самым простым и явно выраженным в районе. В ее ядре выходят породы пенченгинской свиты, прорванные Татарским гранитным массивом и интрузиями индыглинского комплекса основного состава. С запада поднятие срезается Татарским региональным сбросом и сопрягается через него с Каитьбинским (Больше-Питским) синклинорием, на востоке поднятие через зону Ишимбинского глубинного разлома сопрягается с Ангаро-Питским синклинорием. С юга и севера описываемая структура отчленяется широтными антиформными валами со сложным внутренним строением. В своде куполовидного поднятия на поверхность выходят гранитоиды Татарского массива. В присводовой части по периферии гранитного массива залегают породы пенченгинской и кординской свит, которые на востоке через зону субмеридиональных сбросов, выделенную под названием разлом Мейстера, граничат с отложениями горбилокской и удерейской свит, слагающими сравнительно пологое восточное крыло поднятия, осложненное серией складок. Углы наклона восточного крыла 20-30°, местами, особенно в зоне Ишимбинского (Пенченгино-Рыбинского) глубинного разлома, складчатость высоких порядков нарушает общее залегание пород, увеличивая углы падения до 70° и даже до опрокинутого залегания пластов.

На юге ось Татарского куполовидного поднятия изгибается к востоку и здесь образуется выступ, ориентированный в широтном направлении и целиком сложенный породами кординской свиты. В литературе он выделяется как Верхне-Мурожнинская горст-антиклинальная структура.

Наряду с продольными взбросами внутренняя структура горста осложняется поперечными сбросами. Амплитуда взброса по отношению к северному и южному блокам достигает на западе 1,5-2,3 км, к востоку уменьшается и постепенно затухает в зоне пересечения с Ишимбинским глубинным разломом. Северной границей горст-антиклинали является Шаулконский широтный сброс. Блок, расположенный севернее описываемой структуры и ограниченный с запада и востока зоной Мейстера и зоной Ишимбинского разлома, оказался опущенным. Слагающие его породы удерейской свиты на границе с горст-антиклиналью изгибаются к востоку, образуя открытую синклинальную складку, ось которой ориентирована на северо-восток под углом 40°, а шарнир плавно воздымается к юго-западу. Крылья складки осложнены складчатостью более высоких порядков. К этой синклинали, получившей название Васильевская, приурочены рудные тела Васильевского золоторудного и Удерейского золото-сурьмяного месторождений и ряд рудопроявлений золота и сурьмы (рис. 3.41).

Средне-Удерейская синклиналь на описываемой площади представлена лишь своим северо-западным окончанием. Ее юго-западное крыло падает на северо-восток под углом 60-70° и осложнено разрывами и складками мелких порядков.

Дашкинская синклиналь, в основном, также остается вне пределов рассматриваемого района. На тектонической схеме показана часть ее центриклинального замыкания и небольшой фрагмент западного крыла, осложненного складками более высоких порядков и разрывными нарушениями. В целом, складка имеет северо-западное простирание и крутое залегание крыльев.

Малопенченгинская брахиантиклиналь является одной из крупных складок восточного крыла Татарской структуры. Осевая плоскость складки имеет субширотное простирание и несколько наклонена к югу. Характерно пологое падение слоев на крыльях. Западная часть складки срезана субмеридиональным сбросом, по которому она опущена на 600-800 м.

Индыглинская антиклиналь - наиболее крупная складка, отражающая внутреннюю структуру нижнего структурного яруса. Осевая плоскость этой асимметричной, с крутопадающими крыльями складки, огибая контакт гранитного массива, наклонена к юго-востоку. Шарнир плавно погружается к северо-востоку. Юго-западная часть складки срезана взбросом с амплитудой в сотни метров.

Верхне-Шалакитская антиклиналь - небольшая узкая гребневидная складка северо-западного направления с пологопадающими крыльями. Эта структура осложняет северное крыло Васильевской синклинали.

Шаарганская синклиналь характеризуется извилистым шарниром и сильной нарушенностью как продольными, так и поперечными разломами. Падение крыльев пологое, под углом 15-25°.

Зубовская синклиналь зажата в узкий тектонический блок северо-западной ориентировки. Складка представлена своим южным центриклинальным замыканием и фрагментом западного крыла, полого падающего под углом 20-30°. Ось складки субмеридиональная.

Алексеевская горст-антиклиналь - линзовидная структура сложена отложениями верхнекординской подсвиты и удерейской свиты.

Дизъюнктивные структуры

Дизъюнктивные нарушения в районе представляются наиболее важными и долгоживущими структурами. Сложноблоковое строение района является его существенной тектонической особенностью.

Наиболее крупные структуры района - Татарский антиклинорий и Ангаро-Питский синклинорий разграничиваются Ишимбинской зоной разломов, выраженной на описываемой площади Пенченгинско-Рыбинским глубинным разломом (рис. 3.42, 3.43). Разлом имеет северо-западное и субмеридиональное направление. Представлен он системой сопряженных сближенных, пересекающихся под острыми углами ступенчатых взбросов и сбросов, зон приразломного смятия, рассланцевания и дробления. Сочетание относительно мелких и более протяженных крутопадающих (70-90°) разрывов придают разлому характерное мелко-линзовидно-блоковое строение. Восточная граница зоны отчетливая, проходит по крупным крутопадающим сбросам протяженностью более 20-30 км и со смещением в 800-2200 м. Западная граница менее отчетлива, проводится вдоль крутопадающего сместителя самого западного из косых ступенчатых взбросов. Ширина зоны Пенченгинско-Рыбинского разлома изменяется от 7 до 12-15 км. Амплитуда перемещения различных взброшенных блоков составляет от 0,5 до 1,5-2,3 км. Как глубинный разлом, данная структура является долгоживущей, она была активна и в послескладчатое время.

Другой дизъюнктивной структурой района является Ишимбинский поперечный сбросо-сдвиг. Он представлен отчетливой северо-восточной ориентировкой кулисных зон рассланцевания, систем трещин скола и мелких тектонических разрывов. Ишимбинский сбросо-сдвиг, по-видимому, тоже является долгоживущей структурой, так как пересекая на ранних этапах складчатости Татарский гранитный массив, он обусловил различие в форме и глубине залегания его северной и южной частей. Амплитуда сброса северной части зоны разлома по отношению к южной составляет не менее 1,5 км, а амплитуда горизонтального смещения - несколько километров.

В северном (Пенченгинском), относительно опущенном блоке, залегание протерозойских пород, сравнительно, пологое и спокойное. В южном (Партизанском) блоке - напряженная складчатость. Все известные наиболее крупные месторождения золота и сурьмы и богатые золотоносные россыпи находятся именно здесь.

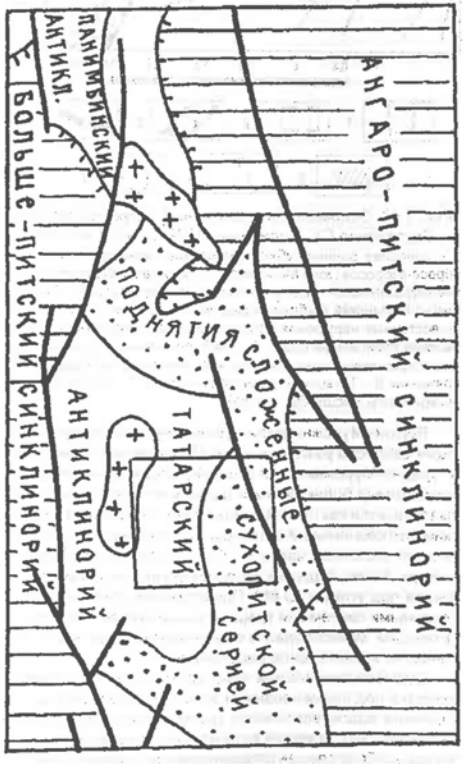


Рис. 3.42. Обзорная тектоническая схема (по А.О. Вотаху 1968 г.)
Дизъюнктивные структуры

Синхронными конечным стадиям развития байкальского геосинклинального комплекса являются гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса, слагающие Татарский массив. Гранитоиды Татарского массива являются рудогенерирующим источником золотого оруденения.

По характеру магнитного поля и поля силы тяжести в массиве выделяются два участка овальной формы, которые принадлежат, возможно, двум разным магматическим комплексам татарско-аяхтинскому (южная часть массива) и, вероятно, среднетырадинскому (северная часть).

Помимо обнаженной части Татарского массива, на восток от него прослеживается на глубине его скрытая часть, выявляемая по гравитационным и космогеологическим данным. Строение кровли массива обусловлено двумя типами структур: купольными магматическими структурами гранитоидов и провисами или останцами кровли, образованными вмещающими породами. Эти структуры имеют значение для прогноза оруденения, контролируя оруденение в центральных частях куполов и по периферии провисов кровли.

Орогенный комплекс байкалид сложен красноцветной карбонатно-терригенной молассовой формацией (алешинская, чистяковская, мошаковская свиты, тасеевская серия), породы которой с угловым несогласием залегают на разновозрастных отложениях.

С терригенными отложениями связываются некоторые перспективы выявления золотоносных конгломератов (р. Удоронга).

Каледонский мегакомплекс сложен карбонатно-терригенными образованиями нижнего-среднего кембрия, формирующими пестроцветную терригенно-карбонатную формацию (островная, верхоленская, эвенкийская свиты), в которой за пределами района выявлены прямые признаки золотоносности красноцветных алевролитов эвенкийской свиты (р. Камо) (за пределами характеризуемого района).

Нижнеальпийский и верхнеальпийские мегакомплексы сложены продуктами мел-палеогеновых кор выветривания и продуктами их переотложения (формации: латеритной коры выветривания (верхний мел - палеоген), каолинитовой коры выветривания (герфедская свита, мел), бокситоносной коры выветривания (мурожнинская свита, палеоцен - эоцен), алеврито-глинистая пестроцветная (бельская свита, олигоцен - миоцен), галечно-песчано-глинистая пестроцветная (древний красноцветный аллювий, плиоцен - нижнечетвертичный), группа современных терригенных формаций (сероцветный аллювий, нижнечетвертичный - современный). Формации коры выветривания (мел - эоцен) - весьма значимые элементы строения рыхлого комплекса. Мощность кор выветривания достигает 250-300 м. С корами выветривания связаны залежи бокситов, золотоносных кор выветривания, золотоносных россыпей, других полезных ископаемых.

Коры выветривания по морфологическим особенностям подразделяются на площадные и линейные. Преобладают линейные коры, слагающие узкие (0,5-1,0 км), но протяженные (до10-15 км) депрессионные структуры: Татарскую, Индыглинскую, Мурожнинскую, Боровинскую.

Площадные коры выветривания развиты на плоских водоразделах, мощность их 50-150 м, обычно сохраняется зона дезинтеграции в виде остаточных глин и щебнистого элювия с лимонитизированными сульфидами.

Профили выветривания: латеритный, каолинитовый, гидроокисно-сульфидный, редко - известковый, кремнистый. Золотоносность кор выветривания возрастает в 2-5 раз относительно уровня содержаний в первичных золотосодержащих рудах.

Стратифицированные домезозойские образования района смяты в пологие складки, осложненные локальными зонами смятия, в пределах которых развиты системы зон рассланцевания, линейных и изоклинальных складок.

Главным элементом пликативной тектоники Партизанского узла является структура первого порядка - Татарская брахиантиклиналь. Структуры второго порядка, имеющие рудоконтролирующее значение, представлены Васильевской и Березовской синклиналями, Алексеевской и Мурожнинской антиклиналями, разломами - Ишимбинским, Татарским, Нижне-Подголечным.

Приядерные части (мульды, своды) складок и зоны смятия являются основными структурными факторами локализации золотого оруденения (Сердюк, 1984; Сердюк, Коморовский, 2002).

Пликативные структуры

В рассматриваемом районе Татарский антиклинорий представлен Татарской куполовидной антиклинальной структурой III порядка, а Ангаро-Питский синклинорий фрагментами структур II порядка - Средне-Удерейской и Дашкинской синклиналями. Все прочие пликативные структуры района имеют подчиненное значение, являясь складками IV-V и более мелких порядков.

Татарская куполовидная антиклинальная структура относится к самым простым и явно выраженным в районе. В ее ядре выходят породы пенченгинской свиты, прорванные Татарским гранитным массивом и интрузиями индыглинского комплекса основного состава. С запада поднятие срезается Татарским региональным сбросом и сопрягается через него с Каитьбинским (Больше-Питским) синклинорием, на востоке поднятие через зону Ишимбинского глубинного разлома сопрягается с Ангаро-Питским синклинорием. С юга и севера описываемая структура отчленяется широтными антиформными валами со сложным внутренним строением. В своде куполовидного поднятия на поверхность выходят гранитоиды Татарского массива. В присводовой части по периферии гранитного массива залегают породы пенченгинской и кординской свит, которые на востоке через зону субмеридиональных сбросов, выделенную под названием разлом Мейстера, граничат с отложениями горбилокской и удерейской свит, слагающими сравнительно пологое восточное крыло поднятия, осложненное серией складок. Углы наклона восточного крыла 20-30°, местами, особенно в зоне Ишимбинского (Пенченгино-Рыбинского) глубинного разлома, складчатость высоких порядков нарушает общее залегание пород, увеличивая углы падения до 70° и даже до опрокинутого залегания пластов.

На юге ось Татарского куполовидного поднятия изгибается к востоку и здесь образуется выступ, ориентированный в широтном направлении и целиком сложенный породами кординской свиты. В литературе он выделяется как Верхне-Мурожнинская горст-антиклинальная структура.

Наряду с продольными взбросами внутренняя структура горста осложняется поперечными сбросами. Амплитуда взброса по отношению к северному и южному блокам достигает на западе 1,5-2,3 км, к востоку уменьшается и постепенно затухает в зоне пересечения с Ишимбинским глубинным разломом. Северной границей горст-антиклинали является Шаулконский широтный сброс. Блок, расположенный севернее описываемой структуры и ограниченный с запада и востока зоной Мейстера и зоной Ишимбинского разлома, оказался опущенным. Слагающие его породы удерейской свиты на границе с горст-антиклиналью изгибаются к востоку, образуя открытую синклинальную складку, ось которой ориентирована на северо-восток под

углом 40°, а шарнир плавно воздымается к юго-западу. Крылья складки осложнены складчатостью более высоких порядков. К этой синклинали, получившей название Васильевская, приурочены рудные тела Васильевского золоторудного и Удерейского золото-сурьмяного месторождений и ряд рудопроявлений золота и сурьмы (рис. 3.41).

Средне-Удерейская синклиналь на описываемой площади представлена лишь своим северо-западным окончанием. Ее юго-западное крыло падает на северо-восток под углом 60-70° и осложнено разрывами и складками мелких порядков.

Дашкинская синклиналь, в основном, также остается вне пределов рассматриваемого района. На тектонической схеме показана часть ее центриклинального замыкания и небольшой фрагмент западного крыла, осложненного складками более высоких порядков и разрывными нарушениями. В целом, складка имеет северо-западное простирание и крутое залегание крыльев.

Малопенченгинская брахиантиклиналь является одной из крупных складок восточного крыла Татарской структуры. Осевая плоскость складки имеет субширотное простирание и несколько наклонена к югу. Характерно пологое падение слоев на крыльях. Западная часть складки срезана субмеридиональным сбросом, по которому она опущена на 600-800 м.

Индыглинская антиклиналь - наиболее крупная складка, отражающая внутреннюю структуру нижнего структурного яруса. Осевая плоскость этой асимметричной, с крутопадающими крыльями складки, огибая контакт гранитного массива, наклонена к юго-востоку. Шарнир плавно погружается к северо-востоку. Юго-западная часть складки срезана взбросом с амплитудой в сотни метров.

Верхне-Шалакитская антиклиналь - небольшая узкая гребневидная складка северо-западного направления с пологопадающими крыльями. Эта структура осложняет северное крыло Васильевской синклинали.

Шаарганская синклиналь характеризуется извилистым шарниром и сильной нарушенностью как продольными, так и поперечными разломами. Падение крыльев пологое, под углом 15-25°.

Зубовская синклиналь зажата в узкий тектонический блок северо-западной ориентировки. Складка представлена своим южным центриклинальным замыканием и фрагментом западного крыла, полого падающего под углом 20-30°. Ось складки субмеридиональная.

Алексеевская горст-антиклиналь - линзовидная структура сложена отложениями верхнекординской подсвиты и удерейской свиты.

Дизъюнктивные структуры

Дизъюнктивные нарушения в районе представляются наиболее важными и долгоживущими структурами. Сложноблоковое строение района является его существенной тектонической особенностью.

Наиболее крупные структуры района - Татарский антиклинорий и Ангаро-Питский синклинорий разграничиваются Ишимбинской зоной разломов, выраженной на описываемой площади Пенченгинско-Рыбинским глубинным разломом (рис. 3.42, 3.43). Разлом имеет северо-западное и субмеридиональное направление. Представлен он системой сопряженных сближенных, пересекающихся под острыми углами ступенчатых взбросов и сбросов, зон приразломного смятия, рассланцевания и дробления. Сочетание относительно мелких и более протяженных крутопадающих (70-90°) разрывов придают разлому характерное мелко-линзовидно-блоковое строение. Восточная граница зоны отчетливая, проходит по крупным крутопадающим сбросам протяженностью более 20-30 км и со смещением в 800-2200 м. Западная граница менее отчетлива, проводится вдоль крутопадающего сместителя самого западного из косых ступенчатых взбросов. Ширина зоны Пенченгинско-Рыбинского разлома изменяется от 7 до 12-15 км. Амплитуда перемещения различных взброшенных блоков составляет от 0,5 до 1,5-2,3 км. Как глубинный разлом, данная структура является долгоживущей, она была активна и в послескладчатое время.

Другой дизъюнктивной структурой района является Ишимбинский поперечный сбросо-сдвиг. Он представлен отчетливой северо-восточной ориентировкой кулисных зон рассланцевания, систем трещин скола и мелких тектонических разрывов. Ишимбинский сбросо-сдвиг, по-видимому, тоже является долгоживущей структурой, так как пересекая на ранних этапах складчатости Татарский гранитный массив, он обусловил различие в форме и глубине залегания его северной и южной частей. Амплитуда сброса северной части зоны разлома по отношению к южной составляет не менее 1,5 км, а амплитуда горизонтального смещения - несколько километров.

В северном (Пенченгинском), относительно опущенном блоке, залегание протерозойских пород, сравнительно, пологое и спокойное. В южном (Партизанском) блоке - напряженная складчатость. Все известные наиболее крупные месторождения золота и сурьмы и богатые золотоносные россыпи находятся именно здесь.

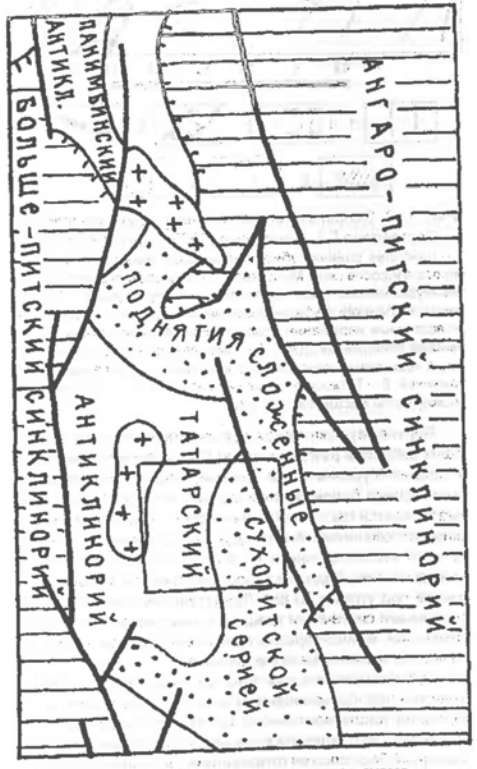


Рис. 3.42. Обзорная тектоническая схема
(по А.О. Вотаху 1968 г.)
Дизъюнктивные структуры

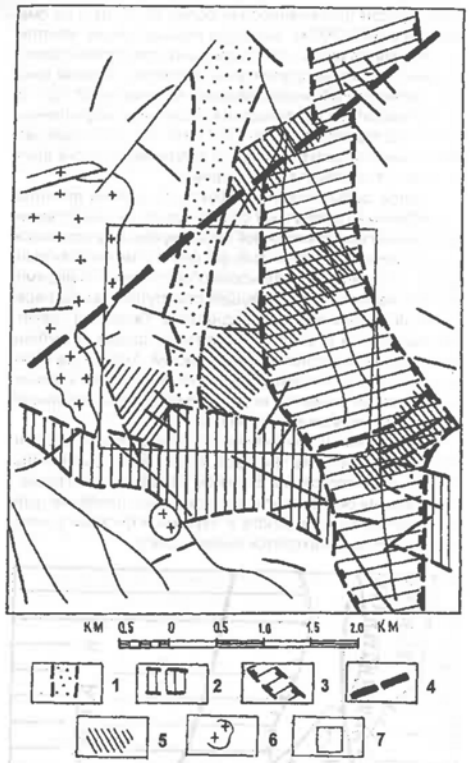


Рис. 3.43. Основные дизъюнктивные структуры района. Составлено Г.А. Середенко (1979 г.), м-б 1:400 000

1 – наиболее ранняя субмеридиональная зона крутопадающих сбросо-взбросов (зона Мейстера); 2 – секущая субширотная Верхне-Мурожнинская горст-антиклинальная структура; 3 – Пенченгинско-Рыбинский глубинный разлом; 4 – поздние секущие северо-восточные нарушения бросово-сдвигового характера. Ишимбинский поперечный сдвиг; 5 – наиболее важные рудолокализующие трещинные зоны в местах максимальных касательных напряжений; 6 – Татарская гранитная интрузия; 7 – контур геологической карты масштаба 1:50 000

Верхне-Мурожнинская субширотная зона крутопадающих взбросов разграничивает Партизанский (северный) и Средне-Мурожнинский (южный) блоки. Зона взбросов имеет длину более 30 км и ширину от 5 до 12 км и рассматривается как обособленный блок, сложенный кординскими отложениями. Амплитуда взбросов на границах блока в его восточной части 1-1,5 км, а в более узкой западной - до 2-3 км. Падение взбросов северное и северо-восточное под углами 70-85°. Представлены они концентрированными системами трещин, зонами катаклаза и милонитизации, кулисообразно протягивающимися по простиранию на значительное расстояние.

Субмеридиональная зона крутопадающих сбросов известна под наименованием зоны Мейстера. Она ориентирована вдоль восточного крыла Татарского купола и разделяет Партизанский блок на два более мелких блока. Западный блок сложен отложениями пенченгинской и кординской свит, Татарским массивом гранитов и основными породами индыглинского комплекса. Характерно субмеридиональное простирание пород и согласное залегание известных тут золото-кварцевых жильных зон, включая месторождения Николаевское, Герфедское, Верхне-Боровое и др. В пределах этого блока сохранились древние коры выветривания.

Большая часть восточного блока сложена отложениями удерейской свиты. При общем субмеридиональном простирании пород в пределах этого блока все золото-кварцевожильные проявления и месторождения имеют северо-восточное простирание.

Длина зоны Мейстера более 20 км, ширина 3-4 км. Сбросы-зоны, в отличие от других вышеописанных зон, являются более ранними. Образовались они при формировании Татарской куполовидной структуры, сначала, как трещины отрыва. Продолжающееся воздымание структуры привело к вертикальным смещениям по части из них с образованием сбросов значительной амплитуды.

Трещинная тектоника

Изучение трещиноватости полевыми методами в условиях слабой обнаженности района затруднено. Этот вопрос решался в основном путем дешифрирования крупномасштабных аэрофотоснимков. Трещины отчетливо разбиваются на два типа.

Первый тип - трещины отрыва, характерные для взброшенных блоков. Они сравнительно равномерно размещаются по площади, расчленяя породы на относительно равновеликие блоки и часто затухают при переходе из отложений одной свиты в другие.

Второй тип - трещины скалывания, сопровождающие в качестве субпараллельных и оперяющих систем все крупные сбросы, взбросы и сдвиги. Размещаются они неравномерно, всегда сопутствуют приразломной мелкой складчастости. Часто выдержаны по простиранию на значительные расстояния, независимо от литологического состава пересекаемых отложений.

Далеко не все, выделенные на геологической карте нарушения, сопровождаются по всей длине зонами трещиноватости. Ширина полос сгущения дешифрированных трещин наибольшая у мелкозалегающих, часто подновлявшихся нарушений, оперяющих крупные дизъюнктивные структуры. Именно таковой является Удерейская зона смятия и трещиноватости - самая широкая и ярко проявленная в районе зона, имеющая северо-восточное простирание. К локальным, наиболее интенсивно проявленным зонам Удерейской структуры приурочены месторождения Васильевское, Удерейское, Урал. Ширина Удерейской зоны - до 5-6 км при протяженности около 35 км. С юго-запада и северо-востока, в структурах крупных дизъюнктивов, зона быстро затухает.

Удерейская зона имеет сложную, гетерогенную природу. Заложилась она вдоль Васильевской синклинали сначала как система трещин вязкого скола, оперяющая с северо-востока зону Мейстера (в таких трещинах локализовано месторождение Урал с прилегающими рудопроявлениями). Позднее, при формировании Верхне-Мурожнинской зоны взбросов, системы трещин скола были подновлены, масштабы их расширены (локализация Васильевского месторождения и золотосульфидных руд Удерейского месторождения). Завершение формирования зоны связано с активизацией Ишимбинского сдвига, когда по границам мелких блоков пород подновились и заложились новые зоны смятия и трещиноватости (локализация сурьмяных руд Удерейского месторождения).

Металлогеническое строение

В пределах Партизанского рудного узла известно 5 месторождений рудного золота (Васильевское, Удерейское, Герфедское, Николаевское, Бабушкина Гора) и несколько десятков рудопроявлений.

Район характеризуется широко проявленной россыпной золотоносностью, которая приурочена, практически, ко всем водотокам. Россыпи, в прошлом богатые, в т.ч. уникальные, ныне в результате многолетней эксплуатации (с середины XIX века), крайне истощены.

Их местоположение продуктивность и районирование отражены на прогнозно-металлогенической карте Партизанского рудного узла масштаба 1:50 000, составленной С.С. Сердюком и А.И. Зверевым в 2002 г. (рис. 3.44).

Золотоносные формации

Золоторудные формации

Крупные геолого-структурные элементы строения Партизанского рудного узла - мегакомплексы (тектонические комплексы, формации), характеризуются определенными металлогеническими особенностями, выраженными в специфичности и разнообразии золотоносных формаций и закономерностях их локализации (табл. 3.50).

В Партизанском рудном узле выделены следующие основные золоторудные формации: малосульфидная золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная, золото-сульфидная, золото-кварц-антимонитовая, золотоносных кор выветривания.

Малосульфидная золото-кварцевая формация пользуется широким распространением. Для данной формации характерны кварцевые жилы сравнительно простого строения, различной мощности и протяженности, согласные с вмещающими породами и секущие их, а также линзовидные и сложные по форме, и сопряженные с ними зоны кварцевого прожилкования. Содержание сульфидов не превышает 2-3%. Они представлены в основном пиритом, арсенопиритом, пирротином. Золото в рудах большей частью свободное. Оруденение малосульфидной золото-кварцевой формации характерно для месторождений Васильевское, Николаевское, Герфед, Бабушкина Гора и рудопроявлений Урал, Верхне-Боровое и др.

Золото-кварц-сульфидная формация распространена меньше, чем вышеописанная. Выделяется два типа оруденения данной формации:

1. Мощные зоны рассланцевания в отложениях кординской свиты с обилием рассредоточенных кварцевых прожилков и жилок пиритсодержащего (3-5%) кварца. Данное оруденение развито на площади Сергеевского рудного поля.

2. Кулисообразные зоны сближенных секущих маломощных золотоносных кварцевых прожилков в полостях отрыва в сланцах удерейской свиты, содержащих довольно равномерную пиритизацию (3-6%). Такое оруденение характерно для месторождения Бабушкина Гора.

Золото-сульфидная формация представлена двумя типами оруденения. Первый представлен линзовидными полого-падающими, согласными с расслацеванием пород зонами пиритизации сланцев удерейской свиты. Зоны насыщены мелкими секущими кварцевыми прожилками. Содержание сульфидов до 30% (месторождение Бабушкина Гора). Второй - зонами вкрапленно-прожилковой сульфидной минерализации в метаэффузивах пенченгинской свиты. Зоны имеют мощность(ширину) до 100 м, протяженность сотни метров - первые километры. Содержание сульфидов до 10-20%. Сульфиды представлены пирротином, пиритом, халькопиритом, арсенопиритом в виде гнезд, прожилков и вкрапленности (Самсон, Герфед, Николаевское).

Золото-кварц-антимонитовая формация проявлена на Удерейском золото-сурьмяном месторождении и прилегающих к нему рудопроявлениях. Формация представлена зонами интенсивной сульфидизации и тонкопрожилкового окварцевания. Количество сульфидов изменяется от 3 до 50% и более. Состоят они в основном из пирита, арсенопирита, антимонита. Золото связано как с сульфидами, так и с кварцем.

Формация золотоносных кор выветривания приурочена к глинисто-углеродистым сланцам и метаэффузивам верхнепенченгинской подсвиты и основным породам индыглинского комплекса. Представлена окисленными золото-кварц-лимонитовыми рудами, состоящими из пестроокрашенных глин с обломками обохренного кварца и пород субстрата. Первичные сульфиды полностью окислены, из вторичных встречается марказит. Руды залегают в виде отдельных тел или групп сближенных тел мощностью до 20 м, протяженностью по простиранию до 1000 м и более, по падению - до 100 м (Самсон, Герфед, Боровинское).

Из всех существующих на площади узла золотоносных формаций, наиболее полно раскрыты ресурсы золото-кварцевой формации и формаций современных и древних россыпей золота. Изучение таких перспективных золотоносных формаций как золотоносных кор выветривания, золото-сульфидная вкрапленная, золото-кварц-сульфидная вкрапленно-прожилковая, золото-сурьмяно-сульфидная вкрапленная стратиформная только начинается и есть основания надеяться, что прогнозные ресурсы золота этих формаций превысят общее количество добытого металла.

Золотороссыпные формации

В районе развиты следующие формации (генетические типы) золотоносных россыпей: долинные пойменно-русловые и террасовые, карстово-котловинные и ложковые. Два последних типа выявлены в единичных случаях.

Основные выводы по закономерностям образования золотоносных россыпей наиболее полно разработаны Синюгиной Е.Я. (1962) и Середенко Г.А. (1979) и заключаются в следующем:

Основной россыпеобразующей формацией района является жильно-прожилковая малосульфидная золото-кварцевая, в проявлениях которой, независимо от климатических условий, происходило наиболее полное высвобождение золота.

На втором месте стоит прожилково-вкрапленная золото-кварц-сульфидная формация, при эрозии которой россыпи образовывались, преимущественно, в условиях химического выветривания и значительного вторичного обогащения золота первичных руд электрохимическими процессами.

С конца мезозоя до плиоцена включительно, благодаря теплому влажному климату и относительной тектонической стабильности, в районе существовали физико-географические условия, благоприятные для широкого развития процессов химического выветривания. Последующая активизация тектонических движений сопровождалась резким похолоданием. В течение четвертичного периода процессы выветривания протекали в условиях перигляциального климата. Расчленение пенепленизированной поверхности обусловило сложные взаимоотношения продуктов химического и начавшегося физического выветривания. По мере эрозии красноцветных продуктов химического выветривания обнажались легкоразрушавшиеся руды и породы, а высокая степень их диспергирования способствовала относительно легкому высвобождению золота. При этом наиболее крупные и богатые россыпи возникли при эрозии продуктов химического выветривания месторождений и проявлений малосульфидной золото-кварцевой формации.

Смена типов выветривания находит отражение в двухфазном развитии долин гидросети района за четвертичный

период и характерном облике синхронного аллювия. В начале первой фазы сформировались долины с пестроцветными галечниками и суглинками. Во вторую фазу произошло смещение и эпигенетическое врезание рек, возникли узкие вложенные долины с маломощными аллювиальными отложениями в виде щебнистых серых глин, перекрывающих более ранние красноцветные отложения. Сероцветным аллювием сложены поймы и низкие увальные террасы всех долин. Золотоносные пласты большинства аллювиальных россыпей приурочены к этим отложениям.

В древних россыпях, не утративших тесной генетической связи с корами выветривания и отличающихся слабой переработкой продуктивных горизонтов, наиболее мелкие фракции золота сравнительно равномерно распределены на всем протяжении пласта. Их количество составляет от 10 до 80% от массы золотин. В россыпях с многократным перемывом пластов мелкие фракции золота, а также очень крупное золото и самородки практически отсутствуют. Преобладают фракции + 0,2-1 мм.

Основное количество золота в районе добыто из долинных россыпей.

Факторы и критерии локализации рудного и россыпного золота

Структурно-тектонические факторы многими геологами признаются ведущими (Ли и др., 1993). Эти доводы сводятся к следующему: В.И. Смирнов пришел к выводу, что для образования многих гидротермальных месторождений недостаточно тепла остывающих гранитоидных массивов, с которыми генетически связывается оруденение, и необходим дополнительный приток тепловой энергии в виде длительно действующих локальных конвективных потоков, поступающих из глубинных зон по разломам высокой проницаемости. Для Партизанского рудного узла таковой явилась Ишимбинская зона глубинных разломов, точнее ее S-образный изгиб в восточной части рудного узла. Авторы этого мнения предполагают, что к данному изгибу тяготеет "слепой" гранитный массив.

Локальные структурно-тектонические факторы наиболее обоснованно обобщены при ГГС-50 (Середенко и др., 1979 г.). Главный контроль локализации золотого оруденения всех формаций в районе принадлежит разрывным тектоническим нарушениям, положение которых по отношению к складчатым структурам независимое, секущее. Для каждого вида тектонических деформаций характерна определенная золоторудная формация.

Наиболее ранняя малосульфидная золото-кварцевая формация (герфед-николаевского типа) приурочена к субмеридиональной системе сбросовых нарушений зоны Мейстера, осложняющей Татарскую куполовидную структуру.

Малосульфидная золото-кварцевая формация (васильевского типа) локализована в секуще-поперечных дизъюнктивных структурах субширотного и северо-восточного простирания, заложение которых связано с формированием Васильевско-Удерейской брахисинклинали.

С подновлением северо-восточной Удерейской зоны рассланцевания и дробления пород связано отложение главной массы сульфидов и формирование руд золото-кварц-сульфидной и прожилково-вкрапленной золото-сульфидной формаций. Во вновь подновленной Удерейской зоне, в местах пересечения ее со структурами Пенченгинско-Рыбинского глубинного разлома, образовались наиболее поздние в районе золото-кварц-прожилковое оруденение месторождения Бабушкина Гора и золото-кварц-антимонитовое оруденение Удерейского месторождения.

Литолого-стратиграфические факторы. Золотое оруденение проявляет признаки «стратиформности», заключающейся в избирательной его приуроченности к определенным литологическим горизонтам стратиграфических подразделений: в кординской свите - это средняя ее часть, сложенная кварцитами и конгломератами, и зона ее контакта с пенченгинской свитой, в удерейской свите - это нижнеудерейская подсвита и зона перехода нижнеудерейских сланцев в среднеудерейские.

Выделяются следующие стратиграфические уровни, в пределах которых локализовано подавляющее большинство выявленных в районе месторождений и рудопроявлений золота (снизу вверх):

1. Известково-сланцевая, с амфиболитами толща верхнепенченгинской подсвиты (Герфед-Николаевская группа месторождений и рудопроявлений).

2. Черносланцевая толща средне- и нижнекординской подсвит (рудопроявление Урал, Сергиевская группа рудопроявлений).

3. Алеврито-сланцевая толща средне- и нижнеудерейской подсвит (месторождения Васильевское, Удерейское, Бабушкина Гора).

Обращает на себя внимание слабая рудоносность отложений, занимающих промежуточное положение между среднекординской и нижнеудерейской подсвитами. Так, в верхнекординской подсвите выявлено лишь два небольших рудопроявления и несколько точек минерализации. В отложениях же горбилокской свиты какого-либо золотопроявления не установлено, хотя по некоторым данным (Ли и др., 1993 г.), в них отмечаются точки золоторудной минерализации.

Собственно литологический фактор отчетливо проявлен только в отношении к золото-кварц-сульфидной прожилково-вкрапленной формации и выражается в преимущественной локализации такого оруденения в углеродсодержащих черносланцевых, с прослоями алевролитов, толщах (Сергеевская группа проявлений оруденения).

Метаморфические факторы, такие как региональный динамотермальный и контактовый метаморфизм оказывают существенное влияние на размещение оруденения. Золотое оруденение преимущественно локализуется в породах зеленосланцевой фации метаморфизма или метасоматически измененных (диафторированных) породах амфиболитовой (эпидот-амфиболитовой) фаций. Контактово-метаморфические ореолы Татарского гранитоидного массива контролируют проявления возможной золото-скарновой и золото-сульфидной формаций формаций (в настоящее время слабо изученные).

Магматические факторы. Образование Татарского гранитного массива не сопровождалось интенсивными гидротермальными процессами минералообразования и золото-кварцево-жильные проявления района, скорее всего, только частично имеют прямую генетическую связь с этой интрузией. Но магматическая деятельность способствовала появлению термальных вод, перераспределяющих рудные компоненты из вмещающих пород.

Ряд исследователей (Ли и др., 1993 г.) считают, что значительную роль в формировании золотого оруденения сыграли глубинные, "слепые" гранитоидные массивы, ставшие источником дополнительной тепловой энергии, необходимой для образования гидротермальных месторождений.

Прогнозно-металлогеническое районирование

Металлогенический анализ геологических, геофизических, геохимических, минералогических и других факторов и критериев, позволил сформировать прогнозно-поисковые модели золотого оруденения различных формационных типов (выявленных и прогнозируемых), провести металлогеническое районирование и дать прогнозную

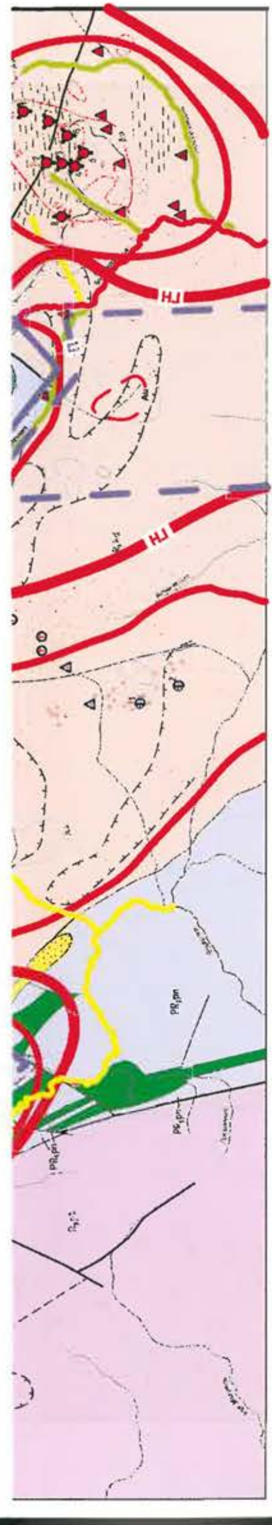


Рис. 3.44. Прогнозно металлогеническая карта Партизанского рудного узла (составили С.С. Сердюк, А.И. Зверев) (продолжение на обороте)

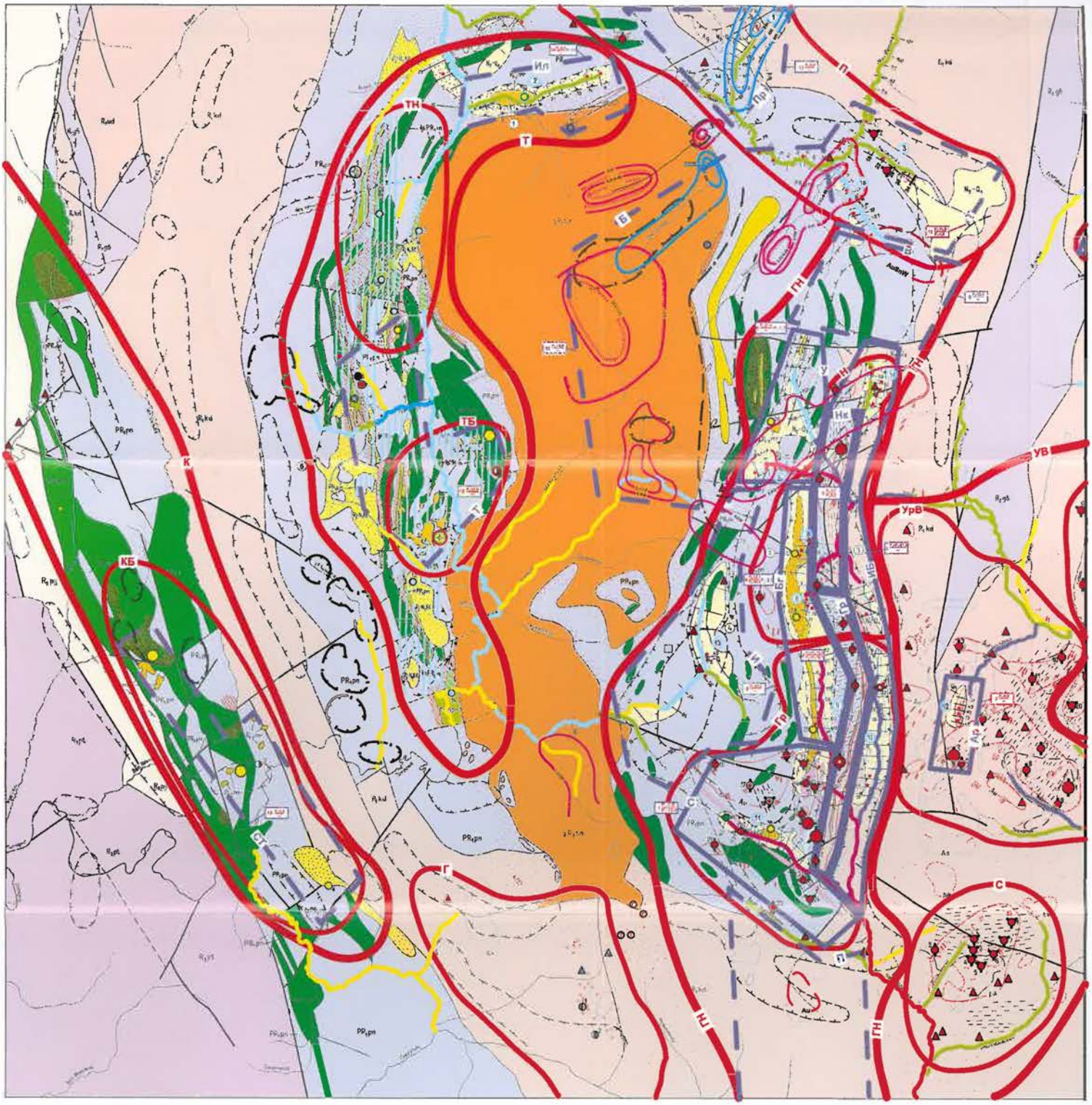
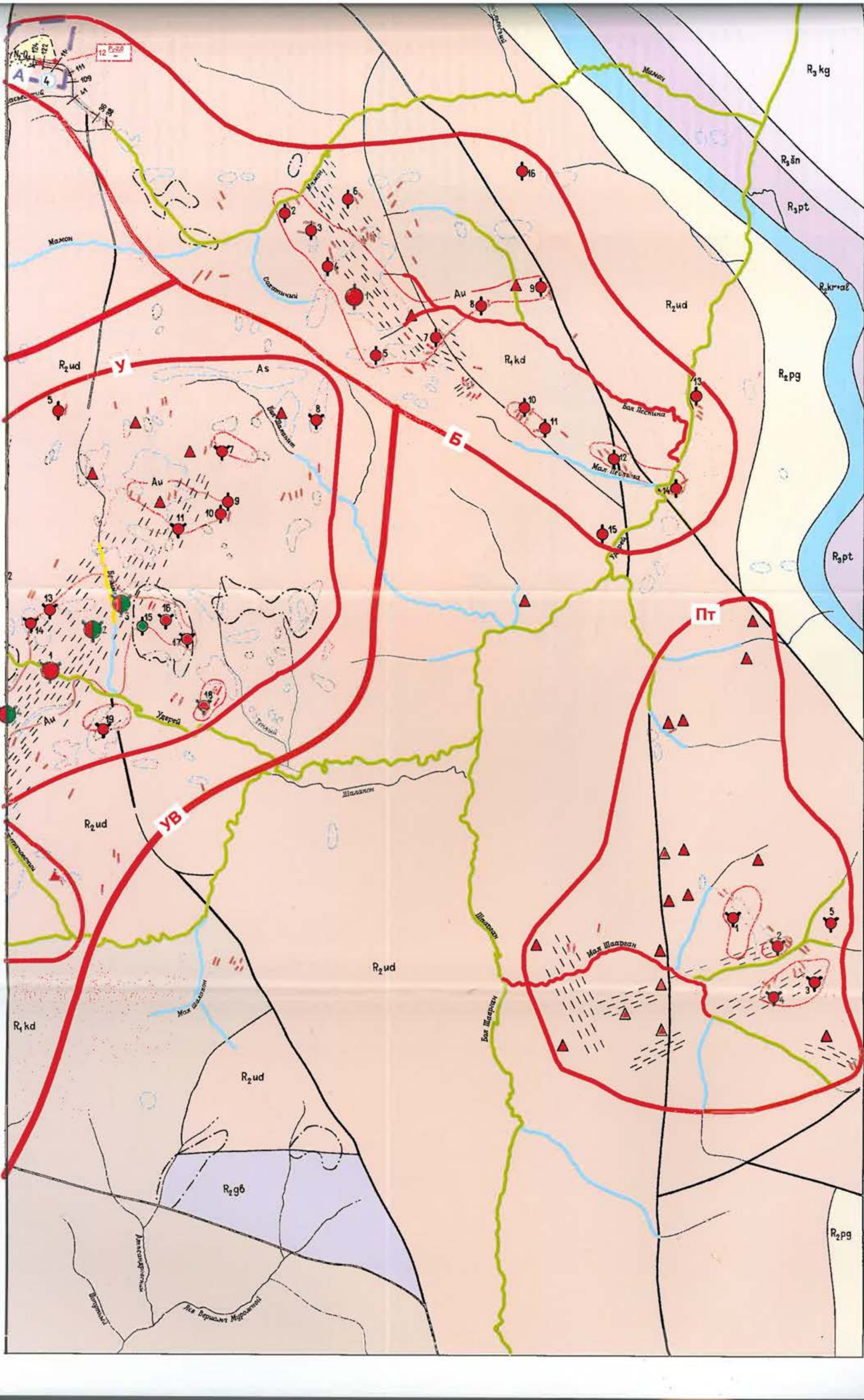


Рис. 3.44. Прогнозно металлогеническая карта Партизанского рудного узла (составили С.С. Сердюк, А.И. Зверев)
(продолжение на обороте)



УВ
У
Б
Пт
R₂ud
R₁kd
R₂gb
R₂pg
R₃pt
R₃šn
R₃kg
Au
As
Мамон
Удерей
Шаалкон
Бол Шаарган
Мал Шаарган
Бол Пескина
Мал Пескина

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
к рис. 3.44

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА

I. Стратифицированные и интрузивные образования

Стратифицированные формации

Плитный комплекс

Верхний альпийский

N_2-Q_1 **Формация галечно-песчано-глинистая пестроцветная.** Плиоцен-плейстоцен. Красноцветные глины, аллювиально-делювиальные отложения.

P-N_1bl **Формация алевритово-глинистая пестроцветная.** Олигоцен-миоцен. Бельская свита. Глины пестроцветные алевритистые с обломками бокситов, пород фундамента, местами с скоплениями франколитовых руд.

P_{1-2}mr **Формация бокситоносная (переотложенной коры выветривания).** Палеоцен-эоцен. Мурожинская свита. Глины пестроцветные каолинитовые, каолинит-гиббситовые, бокситовые, бокситы, пески, лимониты.

Нижний альпийский

K_2gr **Формация каолинитовая (переотложенной коры выветривания).** Верхний мел. Герфедская свита. Глины алевритовые и каолинитовые, пески, бурые угли, бокситоносные породы, охры. Структурные глины по сланцам, амфиболитам, известнякам.

Байкальский предорогенный комплекс

R_3kg **Карбонатно-терригенная формация.** Киргитейская свита. Известняки, алевролиты, алеврито-глинистые, хлоритоидные сланцы, песчаники.

R_3sn **Черносланцевая формация.** Шунтарская свита. Филлитизированные глинистые, углисто-глинистые, алеврито-глинистые сланцы, доломиты, известняки

R_3pt **Вулканогенно-карбонатно-терригенная формация.** Потоскуйская свита. Доломиты, известняки, глинистые, алеврито-глинистые сланцы, песчаники.

Байкальский геосинклинальный комплекс

R_2kr+al **Карбонатная формация.** Свиты карточки и аладьинская объединенные. Глинистые известняки, известково-глинистые сланцы, доломиты, магнезиты.

R_2pg **Песчано-сланцевая формация.** Погорюйская свита. Алеврито-глинистые сланцы, песчаники.

Сланцевая формация (удерейская и горбилокская свиты)

R_2ud Удерейская свита. Сланцы глинистые филлитовидные, алеврито-глинистые, известково-глинистые, серицит-хлоритовые, кварц-серицитовые, известняки, песчаники, алевролиты.

R_2gb Горбилокская свита. Сланцы кварц-хлорит-серицитовые, кварц-хлоритовые, кварц-серицитовые.

R_1kd **Карбонатно-вулканогенно-терригенная формация.** Кординская свита. Филлиты, углистые филлиты, кварц-хлоритовые, карбонатно-глинистые, алевролито-глинистые сланцы, туфосланцы, метапавы, песчаники.

Карельский комплекс

PR_1pn **Вулканогенно-карбонатно-сланцевая формация.** Пенченгинская свита. Филлиты, кварцево-слюдистые сланцы, мраморизованные известняки, амфиболиты, зеленые сланцы, кварциты, роговики.

Интрузивные формации

γR_2ta **Формация гранитных батолитов.** Татарско-аяхтинский комплекс. Основная фаза. Граниты, гранодиориты, диориты, сиениты.

E_2-V PR_{1pn} **Формация карбонатитов.** Пенченгинский комплекс. Камптониты (El), карбонатиты (V), метасоматиты (рудоносные образования с апатит-пирохлоровой минерализацией).

χPR_1 **Формация малых интрузий и субвулканических тел основного состава.** Индыглинский комплекс. Амфиболизированные габбро, габбро-диабазы, ортоамфиболиты, амфибол-хлоритовые сланцы, рассланцованные амфиболиты.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ ОСНОВА

II. Полезные ископаемые, гидротермально-метасоматические образования и критерии их локализации

Рудные образования

Полезные ископаемые	Масштаб оруденения		
	месторождения	проявления	точки минерализации
Золото	●	●	▲
Сурьма	●	●	
Вольфрам		●	△
Ниобий	●	●	
Вермикулит	●		
Титан		◑	
Железо		●	
Олово		●	
Бокситы	●	●	
Маршаллиты		▨	

Генетические типы золоторудных месторождений и проявлений: 1-2 - золото-кварцевый (1 - кварцево-жильный, 2 - кварцево-прожилковый), 3 - золото-сурьмяный, 4 - золото-сульфидный в карбонатных метасоматитах, 5 - золотоносных кор выветривания (самсоновский тип), 6 - золотоносных кор выветривания (боровинский тип)

Выявленная золотоносность в Татарском месторождении бокситов (1) и Сохатином рудопроявлении ильменита (2)

Гидротермально-метасоматические образования

Скарнированные породы

Ореолы щелочного метасоматоза (новообразования щелочных амфиболов, флогопита, карбонатов)

Ороговикование пород

Кварцевые жилы

Зоны кварцевых прожилков

Турмалинизация (1), грейзенизация (2)

Литогеохимические ореолы:

Аномалии золота (1 - первичные, 2 - вторичные)

Аномалии сурьмы (вторичные)

Аномалии мышьяка (вторичные)

Аномалии серебра (вторичные)

Литохимические потоки рассеяния золота в речных илах, в г/т

Гидрохимические потоки рассеяния золота, в мкг/л

Гидрохимические потоки рассеяния сурьмы, в мкг/л

Геофизические поля:

1 - зоны гравитационных минимумов (пониженной плотности пород), обусловленные остаточными корами выветривания по данным гравиметрической съемки масштаба 1:50 000, 2 - участки с корами выветривания, выявленные в пределах зон гравитационных минимумов по данным работ на россыпное золото

Контуры аномальных полей с повышенным содержанием K, связанных с серицитизацией и окварцеванием по данным аэрогаммасъемки масштаба 1:50 000 (инерпритируемые как зоны метасоматоза)

III. Металлогеническое районирование

Рудные зоны

К Коимбинская (формации прогнозируемые: золотосульфидная, золотоносных кор выветривания)

Т Татарская (формации прогнозируемые: золотосульфидная, золото-редкометалльная, золотоносных кор выветривания)

ГН Герфедско-Николаевская (формации: золото-кварцевая (кварцево-жильный и кварцево-прожилковый типы), золотосульфидная, золотоносных кор выветривания (самсоновский и боровинский типы))

УВ Удерейско-Васильевская (формации: золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная, золотоносных кор выветривания)

Рудные поля

КБ Коимбинское бокситовое

ТН Татарское ниобиевое

ТБ Татарское бокситовое

Г Гольцовское олово-вольфрамовое

П Пенченгинское потенциально-перспективное золоторудное

Н Николаевское золоторудное

Гр Герфедское золоторудное

Б Бабгоринское золоторудное

У Удерейское золото-сурьмяное

УрВ Урало-Васильевское золоторудное

С Сергеевское перспективное золоторудное

Пт Петропавловское золоторудное

Выявленные КНИИГиМС металлы платиновой группы, на месторождениях: Герфедском золоторудном, Татарском пирохлор-вермикулитовом, Татарском бокситовом и перспективном редкометальном Правобережном участке

Золоторудные зоны в корах выветривания (самсоновский тип)

Зоны смятия и рассланцевания, контролирующие поля развития гидротермально-метасоматических и рудных образований

Остаточные коры выветривания вне зон гравитационных минимумов, выявленные по работам на россыпное золото

Площади распространения переотложенных кор выветривания

1 2

Площади развития остаточных кор выветривания на Татарском ниобиевом рудном поле: зоны гидратации, выщелачивания и начального окисления (1), зоны гидролиза и интенсивного окисления (2)

Россыпи пирохлора и колумбита в аллювии

Контуры эрозионно-тектонических депрессий, вмещающие россыпи и золотоносные коры выветривания (1 - Ильинская, 2 - Мурожнинская,3 - Боровинская, 4 - Индыглинская, 5 - Татарская)

Перечень рудных месторождений и проявлений

Рудная зона, поле	Месторождения	Проявления
1. Коимбинская рудная зона	Бокситы: 1 - Мурлинов, 2 - Среднетатарское	Титан: 3 - Среднетатарское Бокситы: 4 - Подголечное
2. Татарская рудная зона	Ниобий, вермикулит: 1 - Татарское Бокситы: 2 - Татарское, 3 - Сохатиное	Титан: 4 - Сохатиное Золото: 5 - Безымянное, 6 - Среднетатарчукское Железо: 5 - Безымянное Бокситы: 7 - Березовское, 21 - Ильинское Ниобий: 8 - Параллельное, 9 - Восточное, 10 - Второе, 11 - Центрально-Березовское, 12 - Правобережное, 13 - Оборотовское, 14 - Усть-Индыглинское. Вольфрам: 15 - Ильинское
3. Герфедско-Николаевская рудная зона	Золото: 1 - Николаевское, 2 - Герфед, 3 - Самсон	Золото: 5 - руч. Ивановского, 6 - руч. Митрофановского, 7 - Водораздельное, 8 - Верхне-Удерейское, 9 - Дорожное, 10 - г. Герфед, 11 - Верхне-Боровое, 12, 16, 17, 18 - г. Березовой, 13, 15 - руч. Крошечного, 14 - Озерное, 19 - Буровое, 20 - Верхне-Таловское, 21 - Волчье и Новое, 22 - Таловское, 23 - Нижне-Таловское, 24 - Правобережное, 25 - Верхне-Подголечное, 32 - Боровинское Бокситы: 26 - Митрофановское, 27 - Восточное, 28 - Долгожданное, 29 - Партизанское, 30 - Таловское. Сурьма: 31 - Верхне-Таловское
4. Урало-Васильевское рудное поле	Золото: 1 - Васильевское, 2 - Урал	Золото: 3, 4 - левобережные руч. Архангельского; 5, 6 - м-е Урал; 7, 8, 9 - м-е Васильевское; 10, 11 - Надеждинское
5. Удерейское рудное поле	Золото, сурьма: м-е Удерейское (1 - уч. Н.-Удерейский, 2 - уч. Центральный, 3 - уч. -Северо-Восточный, 4 - уч. Юго-Западный)	Золото: 5-14 - Безымянные руч. Сухого - Безымянки - Бол. Шалокита; 16 - Рудное, 17 - Копьевское I, 18 - Копьевское II, 19 - Удерейское, 20 - верховья руч. Степановского Сурьма: 15 - Рудное
6. Бабгоринское рудное поле	Золото: 1 - Бабушкина Гора	Золото: 2, 3, 4, 5 - проявления Юго-Западной рудной полосы, 6, 7 - проявления Северо-Восточной полосы, 8, 9, 10, 11, 12 - проявления Восточной полосы, 13, 14, 15 - проявления Юго-Восточной полосы, 16 - проявление водораздела Чембуглы-Алексеевского
7. Петропавловское рудное поле		Золото: 1 - Благодатское, 2 - Гладия, 3 - Южное, 4 - Юго-Западное, 5 - верховья руч. Благодатского
8. Пенченгинское рудное поле		Золото: 1 - Ивановское; 2, 3 - Токовиное Олово: 1 - Ивановское
9. Сергеевское рудное поле		Золото: 1 - проявление Северного участка, 2 -7 - проявления Центрального участка, 8 - проявление Западного участка
10. Гольцовское рудное поле		Олово, вольфрам: 1 - Гольцовское, 2 - Дайковое

Россыпные образования

1

Контуры древних (1-13) и современных (14-15) золотоносных россыпей. Порядковый номер россыпей на карте: 1 - Приютинская, 2 - Ильинская, 3 - Токовиная, 4 - Афанасьевская, 5 - Ивановская, 6 - Митрофановская, 7 - Северо-Западная, 8 - Богородская, 9 - Мурожнинская, 10 - Боровинская, 11 - Таловская, 12 - Архангельская, 13 - Индыглинская, 14 - Малопенченгинская, 15 - Золотая. Разведочные линии скважин, их порядковые номера

Линейные золоторудные зоны, выделенные по аномально высоким содержаниям шлихового золота (до 10-15 г/м³) в глинистом и щебнисто-глинистом плотике россыпей

1 2 3 4 5

Линейная продуктивность золотоносных россыпей в кг/км (разведка+отработка): 1 - уникальная (более 2000кг/км), 2 - высокая (1000-2000 кг/км), 3 - рядовая (200-1000 кг/км), 4 - низкая (50-200 кг/км), 5 - непромышленная (менее 50 кг/км)

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА

IV. Перспективное районирование

Участки высокоперспективные:

- С — Самсоновский (потенциально золоторудные зоны: Таловская, Самсоновская, Озерная)
- Гр — Герфедский (потенциально золоторудные зоны: Магистральная, Северная)
- Нк — Николаевский (потенциально золоторудные зоны: Ивановская, Безымянская)
- Бг — Богородский (потенциально золоторудные зоны: Лево-Безымянская, Северо-Западная, Мурожнинская)
- ИБ — Ивановско-Боровинский (потенциально золоторудные зоны: Боровинская, Право-Безымянская, Николаевская, Ивановская)
- ВУ — Верхне-Удерейский (потенциально золоторудные зоны: Митрофановская, Верхне-Удерейская)
- Ар — Архангельский (потенциально золоторудная зона: Архангельская)

Участки перспективные:

- Пр Приютинский (потенциально золоторудные зоны: Приютинская, Верхне-Пенченгинская)
- Т Токовиный (потенциально золоторудные зоны: Токовиная, Золотая)
- Ил Ильинский (потенциально золоторудные зоны: Петропавловская, Ильинская)
- Тр Татарский (потенциально золоторудные зоны: Татарчукская, Сохатиная)
- СТ Средне-Татарский
- В Водораздельный
- П Подголечный
- И Индыглинский
- А Афанасьевский

Таблица прогнозных ресурсов рудного и россыпного золота

№ п/п	Прогнозируемый участок	Рудное золото, у.е						Россыпное золото, у.е	
		Золотоносные КВ			Первичные руды				
		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3	P_2	P_3
1	Самсоновский	7,8*			15,4*				
2	Герфедский		8,9	4,0		12,1	6,6		
3	Николаевский			3,7			6,2		
4	Богородский		32,1			59,4		2,5	
5	Ивановско-Боровинский		35,7	15,6					
6	Верхне-Удерейский			21,4					0,7
7	Архангельский		4,0						
8	Индыглинский			20,2					
9	Водораздельный			12,0					
10	Березовый			19,8					
11	Токовиный			11,9		4,9			
12	Афанасьевский			2,0					
13	Приютинский			5,0					
14	Ильинский			6,2					0,5
15	Татарский			17,0					
16	Средне-Татарский			2,6					
	Итого:	7,8	80,7	141,4	15,4	76,4	12,8	2,5	1,2

*)-прогнозные ресурсы по Е.П. Чижовой (2000)

3 P_1-3,7 / P_2-8,2

Табличный порядковый номер прогнозируемого участка. Числитель - категория и цифра прогнозных ресурсов в золотоносных корах выветривания (Кв), знаменатель - тоже для первичных руд

14 P_3-0,5

Табличный порядковый номер прогнозируемого участка. Категория и цифра прогнозных ресурсов россыпного золота

Таблица 3.50

Тектонические комплексы и золотоносные формации Партизанского рудного узла

Тектонический мегакомплекс (возраст)	Формации				Гидротермально-метасоматические образования и их золотоносность (гл)	Примеры типовых месторождений (рудопроявлений, россыпепроявлений)
	Осадочные и осадочно-вулканогенные, коры выветривания	Магматические (комплекс)	Метаморфические	Рудные (россыпные, коры выветривания) (типы)		
Верхнеальпийский (квартер-палеоген)	Группа терригенных формаций (аллювиальные, элювиальные и др.) (Q_{II-IV})			Современных (сероцветных) аллювиальных россыпей (золото, пирохлор, ильменит);		Россыпи бассейнов рек Удерей, Пенченга
	Галечно-песчано-глинистая пестроцветная (N_2–Q_1)			Древних (красноцветных) россыпей (золото);		Россыпь р. Бол. Мурожной
	Бокситоносная (коры выветривания (P_{1-2}), мурожнинская свита)			Бокситовая золотоносная (прогнозируемая)		Сохатиное
				Золотоносная песчано-каолинитовая (переотложенной) коры выветривания (прогнозируемая);		Северо-Западная и Таловская россыпи
				Золотоносных галечников и конгломератов (прогнозируемая)		Россыпь руч. Безобразовского
Нижнеальпийский (мел-палеоген)	Латеритной коры выветривания (K_2–P_1)			Золотоносной коры выветривания по зонам кварц-сульфидной прожилковой минерализации в метаэффузивах пенченгинской свиты		Самсон, Таловское, Ильинское (южное и северное продолжение)
	Каолинитовой (переотложенной) коры выветривания (K_2, герфедская свита), каолинитовой коры выветривания (K_{1-2})			Золотоносной коры выветривания по зонам кварц-сульфидной минерализации в алевритосланцевых толщах (кординская, удерейская свиты)		Боровинское, Архангельское
Каледонский платформенный (нижний-средний кембрий)	Пестроцветная терригенно-карбонатная (островная и верхоленская, звенкийская(?) свиты (C_1-C_{1+2})			Золотоносная красноцветная терригенная (звенкийская свита)		Нерюндинское 1-ое и 2-ое, р. Камо (за пределами района)
Байкальский орогенный (венд)	Красноцветная карбонатно-терригенная моласса (тасеевская серия: алешинская, чистяковская, мошаковская свиты; венд).			Золотоносных конгломератов (прогнозируемая)		Удорюнское проявление (?)

Выявленные КНИИГиМС металлы платиновой группы, на месторождениях: Герфедском золоторудном, Татарском пирохлор-вермикулитовом, Татарском бокситовом и перспективном редкометельном Правобережном участке

Золоторудные зоны в корах выветривания (самсоновский тип)

Зоны смятия и рассланцевания, контролирующие поля развития гидротермально-метасоматических и рудных образований

Остаточные коры выветривания вне зон гравитационных минимумов, выявленные по работам на россыпное золото

Площади распространения переотложенных кор выветривания

Площади развития остаточных кор выветривания на Татарском ниобиевом рудном поле: зоны гидратации, выщелачивания и начального окисления (1), зоны гидролиза и интенсивного окисления (2)

Россыпи пирохлора и колумбита в аллювии

Контуры эрозионно-тектонических депрессий, вмещающие россыпи и золотоносные коры выветривания (1 - Ильинская, 2 - Мурожнинская,3 - Боровинская, 4 - Индыглинская, 5 - Татарская)

Перечень рудных месторождений и проявлений

Рудная зона, поле	Месторождения	
	Проявления	
1. Комбинская рудная зона	Бокситы: 1 - Мурлинное,	Титан: 3 - Среднетатарское
2. Татарская рудная зона	2 - Среднетатарское	Бокситы: 4 - Подголенное
	Ниобий, вермикулит:	Титан: 4 - Сохатиное
	1 - Татарское	Золото: 5 - Безымянное, 6 - Среднетатарское
	Бокситы: 2 - Татарское,	Железо: 5 - Безымянное
	3 - Сохатиное	Бокситы: 7 - Березовское, 21 - Ильинское
		Ниобий: 8 - Параллельное, 9 - Восточное,
		10 - Второе, 11 - Центрально-Березовское,
		12 - Правобережное, 13 - Оборотовское,

IV. Перспективное районирование

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА

Участки высокоперспективные:

- С — Самсоновский (потенциально золоторудные зоны: Таловская, Самсоновская, Озерная)
- Гр — Герфедский (потенциально золоторудная зона: Магистральная, Северная)
- Нк — Николаевский (потенциально золоторудные зоны: Ивановская, Безымянская)
- Бг — Богородский (потенциально золоторудные зоны: Лево-Безымянская, Северо-Западная, Мурожнинская)
- ИБ — Иванковско-Боровинский (потенциально золоторудные зоны: Боровинская, Право-Безымянская, Николаевская, Ивановская)
- ВУ — Верхне-Удерейский (потенциально золоторудные зоны: Митрофановская, Верхне-Удерейская)
- Ар — Архангельский (потенциально золоторудная зона: Архангельская)

Участки перспективные:

- Пр Приютинский (потенциально золоторудные зоны: Приютинская, Верхне-Пенченгинская)
- Т Токовинный (потенциально золоторудные зоны: Токовинная, Золотая)
- Ил Ильинский (потенциально золоторудные зоны: Петропавловская, Ильинская)
- Тр Татарский (потенциально золоторудные зоны: Татарчукская, Сохатиная)
- СТ Средне-Татарский
- В Водораздельный
- П Подголенный
- И Индыглинский
- А Афанасьевский

Окончание таблицы 3.50

1	2	3	4	5	6	7
Байкальский геосинклинальный (рифей)	Карбонатно-терригенная (киргитейская свита) Черносланцевая (шунтарская свита) Вулканогенно-карбонатно-терригенная (потоскуйская свита) Карбонатная (свиты карточки и аладьинская) Песчано-сланцевая (**погорюйская свита**)	Гранитовая (татарско-аяхтинский) Коматиитовая (перидотит-пироксенитового состава) (потоскуйская свита)		Золото-грейзеновая редкометалльная (прогнозируемая)	Автометасоматиты (грейзены, турмалинизация) в гранитоидах (3,0-6,4 г/т)	Гольцовское (олово, вольфрам) (Шелехов, 1965г; Ковшикова, Зонов, 1976 г);
				Золото-скарновая (прогнозируемая)	Скарны (шеелитовые, везувиановые, диопсидовые)	Ильинское, Ольгинское, уч-к Гранитный (шеелит) (Фархулин, 1974 г). Опробование на золото не проводилось
				Золото-сурьмяная жильная	Зоны кварц-антимонитовых прожилков и жил	Удерейское
				Золото-сурьмяно-сульфидная вкрапленная стратиформная	Стратиформные тела сульфидной вкрапленности, кварцевые жилы в контурах рудных тел	
	Сланцевая (удерейская, **горбилокская свиты**)	Базальтовая (исаковский (?))	Метакарбонатно-терригенная зеленосланцевая	Золото-сульфидная в роговиках (прогнозируемая)	Вкрапленная сульфидная минерализация в роговиках	Экзоконтакт Татарского массива
	Карбонатно-вулканогенно(?)-терригенная (кординская свита)			Золото-сульфидная вкрапленно-прожилковая	Залежи вкрапленно-прожилковой сульфидизации	Боголюбовское (за пределами района),
				Золото-кварцевая (кварцево-жильный подтип)	Зоны кварцевых жил (кварцитов), жилы с сульфидами,	Герфед, Васильевское
				Золото-кварцевая (кварц-прожилковый подтип)	Зоны кварцевой вкрапленно-прожилковой минерализации в алевролито-сланцевых толщах (кординская, удерейская)	Бабгоринское, Архангельское, Ивановское, Сергиевское, Боровинское
Карельский протогеосинклинальный (верхний протерозой)	Вулканогенно-терригенно-карбонатная (ченчегинская свита)	Габбро-диабазовая (индыглинский); щелочно-ультраосновная с карбонатитами (ченчегинский комплекс)	Метавулканогенно-карбонатно-сланцевая эпидот-амфиболитовая	Редкометалльная золотоносная (прогнозируемая)	Щелочно-карбонатные, карбонатные метасоматиты (с пиритом, арсенопиритом);	Татарское ниобиевое
				Золото-кварц-сульфидная вкрапленно-прожилковая	Зоны кварц-сульфидной прожилковой минерализации в метаэффузивах (ченчегинская свита)	Самсон, Герфед
				Золото-сульфидная вкрапленная	Зоны сульфидной вкрапленности в слюдистых сланцах (прогнозируемая)	
				Золото-кварц-сульфидная в амфиболитах	Зоны кварц-сульфидного прожилкования	Ангарская группа проявлений золота (правый берег р. Ангара в р-не п. Рыбное)

оценку территории Партизанского рудного узла.

Обобщение и анализ факторов и критериев локализации основных типов золотого оруденения Партизанского узла позволили разработать прогнозно-поисковые модели золото-кварцевой, золото-сульфидной и золотоносных кор выветривания (Герфедское и Самсоновское рудные поля), золото-кварцевой (кварцево-жильный подтип - Васильевское месторождение; кварцево-прожилковый подтип - месторождение Бабушкина Гора), золото-сурьмяной (Удерейское месторождение) формаций (табл. 3.51-3.54).

Металлогеническое районирование Партизанского рудного узла определяется системой: золоторудных зон - Верхне-Ченчегинской, Герфед-Николаевской, Васильевско-Удерейской, Петропавловской, Сергеевской, Татарской и Коимбинской, в состав которых входят рудные поля - Удерейское, Васильевское, Герфедское, Татарское, Бабгоринское, Николаевское и россыпные поля - Ченчегинское, Токовиное, Богородское, Северо-Западное, Удерейское, Мурожнинское , Татарское и другие (рис. 3.46).

Выделенные золоторудные зоны отличаются своеобразием контролирующих структур: Верхне-Ченчегинская зона приурочена к эндо-, экзоконтакту Татарского массива, круто падающему на север; Герфед-Николаевская зона локализована в эндо-экзоконтакте Татарского массива, пологопадающего на юго-восток; Васильевско-Удерейская зона характеризуется развитием синклинальных структур; Петропавловская зона контролируется широкой полосой влияния Ишимбинского разлома; Сергеевская зона приурочена к антиклинальной структуре широтного простирания при широком развитии надвиговых структур; Татарская зона локализована в западном экзоконтакте Татарского массива; Коимбинская зона приурочена к горсту в северо-восточном крыле Татарского глубинного разлома.

Рудовмещающие породы рудных зон отличаются большим разнообразием. В Верхнепенченгинской и Герфед-Николаевской зонах – это образования ченчегинской и кординской свит, гранитоиды Татарского массива; в Татарской и Коимбинской зонах – образования ченчегинской свиты с широким развитием основных пород индыглинского комплекса; Петропавловская и Васильевско-Удерейская зоны сложены образованиями удерейской свиты с небольшими участками кординской свиты; Сергеевская зона сложена образованиями кординской свиты.

Расположение складчатых и разрывных структур контролирует ориентировку рудных зон. Наиболее богаты россыпной и коренной золотоносностью Герфед-Николаевская зона субмеридионального простирания, Васильевско-Удерейская - северо-восточно-субмеридионального простирания и Петропавловская зона северо-западного простирания.

Развитие золотого оруденения на значительной площади Партизанского рудного узла, приуроченность его к разнообразным тектоническим структурам и стратиграфическим уровням во многом увязывается с наличием купольной рудогенерирующей магматогенной структуры, с Татарским гранитоидным массивом в центре. По данным дешифрирования космофотоснимков диаметр структуры до 100 км, она хорошо прослеживается в современном рельефе, в ее центре находится водораздел рр. Бол. Мурожной, Удерея, Мамон, Ишимбы, Мал. Ченчегни, радиально к структуре расположены приустьевые части рр. Бол. Мурожная, Рыбная, Ниж. Ослянка, Удоронга, Удерей, Тужимо, Ченчегна, Татарка, по периферии структура оконтуривается рр. Ангара, Каменка, Бол. Пит.

Предположительно купольная структура фиксирует очаг гранитизации земной коры, локализованный в период становления байкальского геосинклинального комплекса. Партизанский рудный узел располагается над этим очагом, кровля которого имеет неровную поверхность, обусловленную погружениями провисов вмещающих пород в магматические породы и куполообразными внедрениями гранитной магмы во вмещающие породы. На площади золотоносного района дешифрируются несколько кольцевых структур, часть из которых может интерпретироваться как провисы кровли или купольные структуры.

Структурное и стратиграфическое положение рудных зон над очагом гранитизации создает предпосылки локализации промышленного оруденения, обуславливает разнообразие развитых выявленных и прогнозируемых золоторудных формаций (табл. 3.55).

Герфед-Николаевская рудная зона обладает значительными прогнозными ресурсами, основная их часть связана с площадными золотоносными корами выветривания, опоискованность которых составляет около 30%, а апробированные прогнозные ресурсы кат. P_3 для южной части зоны составляют 200 т. Высокими перспективами обладают участки верховьев р. Удерей и р. Боровой, правого притока р. Бол. Мурожная, где добыто соответственно 6,6 т и 5,9 т золота. Прогнозные ресурсы этих участков рассчитывались с использованием коэффициента гранулометрического рассеяния (КГР), равного 10 (Сыроватский, 1981), и оцениваются по категории P_3 в 8,4% для каждого из них (здесь и далее от всей суммы оцененных прогнозных ресурсов Партизанского рудного узла).

Потенциальными ресурсами обладают прогнозируемые объекты золото-кварцевой (кварцево-жильный подтип) формации, аналогичные месторождениям Герфед и Николаевскому. В висячем боку Герфедского месторождения широко развит пирротин, вызывающий магнитные аномалии, группирующиеся полосами вдоль кварцевого тела жилы Магистральной. Аналогичные аномалии развиты и на Николаевском месторождении. Метасоматические кварциты с содержаниями золота до 6 г/т выявлены севернее месторождения Николаевского в бассейне р. Мал. Ченчегни. Таким образом, выявляется, по крайней мере, два горизонта метасоматических кварцитов перспективных на золотое оруденение, протяженность 8-9 км, от устья руч. Ивановского до руч. Токовиного.

По аналогии с суммарными запасами месторождений Герфед и Николаевское, прогнозные ресурсы золота в метасоматических кварцитах оценивается по кат. P_3 в 16,8% до глубины 400 м.

Западная часть Герфед-Николаевской рудной зоны в полосе экзоконтакта шириной до 3 км обладает потенциальными ресурсами оруденения золото-сульфидной вкрапленной формации в отложениях ченчегинской свиты олимпиадинского типа. Признаком оруденения являются россыпи золота по ручьям Митрофановскому, Индыглы, Сухая Долина.

Предполагается три коренных источника россыпного золота в вершине руч. Митрофановского, в вершине руч. Индыглы, Сухая Долина. Запасы и добыча по этим ручьям составляют: руч. Митрофановский - 6,5 т, руч. Индыглы - 296 кг, руч. Сухая Долина - 197 кг. Коэффициент гранулометрического рассеяния, для месторождений самсоновского типа, предполагаемых здесь, может достигать 20 в связи с наличием в рудах мелкого, тонкодисперсного и связанного золота. С учетом этого коэффициента в верховьях руч. Митрофановского возможно выявление объекта с прогнозными ресурсами кат. P_3 до 8,4%, в верховьях ручьев Индыглы и Сухая Долина двух объектов, аналогичных месторождению Самсон, с прогнозными ресурсами кат. P_3 до 1,7%.

Перспективность участка Индыглы подтверждается обширной аномалией по потокам рассеяния золота в или-

Таблица 3.51

Прогнозно-поисковая модель золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций Герфедского рудного поля

Элементы модели	Описание элементов модели	
	Золото-кварцевая формация (кварцево-жильный подтип - Герфедское месторождение)	Золото-сульфидная прожилковая формация
1. Литолого-стратиграфические	Область контакта пенченгинской и кординской свит. Углеродсодержащие терригенные и вулканогенно-терригенно-карбонатные толщи с горизонтами обогащенными сульфидами. Слои кварцитов, гравелитов, конгломератов, осадочных брекчий. Пояса даек и малых тел основного состава (индыглинский комплекс)	Пенченгинская свита. Вулканогенные пачки в вулканогенно-терригенно-карбонатных толщах с горизонтами, обогащенными сульфидами. Ареалы даек основного состава (индыглинский комплекс)
2. Структурные	Региональный разлом (зона Мейстера), поперечные сдвиги, пучки кварцевых жил секущих рудные тела, резкие изгибы и пологое падение кварцевых жил (кварцитов)	Брахиформные складки, осложненные зонами смятия и разрывных нарушений
3. Метаморфические, метасоматические	Метаморфизм осадочных пород в фации зеленых сланцев с наложением зон кварц-серицит-хлоритовых метасоматитов с вкрапленностью сульфидов	Ареалы пропилитоидов и березитоидов с "горизонтами" сульфидизированных (пирит, пирротин, арсенопирит) разновидностей
4. Минералогические	Кварцевые жилы, вкрапленность пирита, пирротина, арсенопирита. Преобладает крупное золото пробы 950. Россыпи золота, шлиховые ореолы золота	Сульфидная, сульфидно-кварцевая, кварцевая прожилково-вкрапленная минерализация, реже кварцевые жилы. Золото мелкое и очень мелкое, проба 700-850 (?). Россыпи золота
5. Геохимические	Первичные и вторичные ореолы золота, мышьяка, свинца, меди, никеля, кобальта	Первичные и вторичные ореолы золота, серебра, меди, никеля, свинца, цинка, мышьяка, сурьмы
6. Металлогенические: Р- продуктивность рудного поля (запасы+ресурсы), т/км^2	Р - 200	Р - п.1-10
7. Геофизические	Аномалии: предельно высоких значений электросопротивлений, повышенные ВП, положительные магнитные. Прямолинейная граница положительного и отрицательного магнитного поля, блочное строение магнитного поля	Аномалии высоких значений ВП, низких электросопротивлений, небольших магнитных максимумов
8. Космогеологические	Кольцевая магматогенная структура. Узел пересечения линеаментов 3-5 направлений	Кольцевая магматогенная структура

Таблица 3.52

Прогнозно-поисковая модель золото-кварцевой формации: кварцево-жильный подтип - Васильевское месторождение, кварцево-прожилковый подтип - месторождение Бабушкина Гора

Элементы модели	Описание элементов модели	
	Месторождение Васильевское	Месторождение Бабушкина Гора
1. Стратиграфические	Нижняя часть удерейской свиты	Нижняя часть удерейской свиты
2. Литологические	Песчано-алевритово-сланцевые отложения (нижнеудерейская подсвита), сланцы (среднеудерейская подсвита)	Алевритово-филлитовые сланцы светло-серые с вкрапленностью пирита, перекрываются филлитами неяснослоистыми
3. Структурные	Зона рассланцевания в осевой части синклинальной складки. Наиболее богата самая протяженная жила Васильевская-I - 3,5 км. Насыщенность рудного поля кварцевыми жилами. Простирание Васильевской-I - СВ 30°, богатое оруденение в изгибах СВ 5-10°. Оруденение в узлах сопряжения направлений слоистости СВ 60° и СВ 10°	Зона рассланцевания СВ 310°, зоны кварцевых жил СВ 310°, прожилки кварцы СВ 30°. Рудные тела по опробованию СЗ 350°. Зона Ишимбинского разлома. Нарушения надвигового типа
4. Метасоматические	Ореол развития вкрапленников сульфидов и тонких прожилков кварца	Ореол развития вкрапленников сульфидов
5. Минералогические	Сульфиды до 5%, представлены пиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом. Вкрапленность в кварце самородного золота	Сульфиды до 5%, представлены пиритом арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом
6. Геохимические	Первичные и вторичные ореолы золота, мышьяка, свинца, меди, цинка	Первичные и вторичные ореолы золота, мышьяка, свинца, меди, цинка
7. Металлогенические: Р - продуктивность рудного поля(запасы + ресурсы), т/км^2	Р - до 50-100	Р - 20 - 40
8. Геофизические	Зона высокого электрического сопротивления	Зона высокого электрического сопротивления
9. Космогеологические	Узлы пересечения линеаментов. Кольцевая структура	Конседиментационная(?) кольцевая структура

Таблица 3.53

Прогнозно-поисковая модель золото-кварц-сурьмяной формации Удерейского месторождения

Элементы модели	Описание элементов модели
1. Стратиграфические	Граница отложений нижнеудерейской и среднеудерейской подсвит
2. Литологические	Филлиты темно-серого до черного цвета кварц-хлорит-серицитового состава
3. Структурные	Слоистость пород, кварцевые жилы, кварц-антимонитовые жилы простирания СВ 40°, богатые антимонитовые тела СВ 5°. Поле кварцевых жил вытянуто на СЗ 330°, нарушения этих направлений. Осевая часть синклинали
4. Метасоматические	Рассеянное развитие кристаллов пирита и арсенопирита, послойное развитие пирита
5. Минералогические	Главные рудные минералы антимонит, бертьерит, нерудные - кварц, серицит, сидерит, флюорит
6. Геохимические	Первичные и вторичные ореолы мышьяка и сурьмы
7. Металлогенические: Р - продуктивность рудного поля (запасы+ресурсы), т/км^2	Сурьма: Р - 38 тыс. т/ км^2; золото: Р - 25 т/км^2
7. Геофизические	Зоны высокого электрического сопротивления
8. Космогеологические	Конседиментационная(?) кольцевая структура

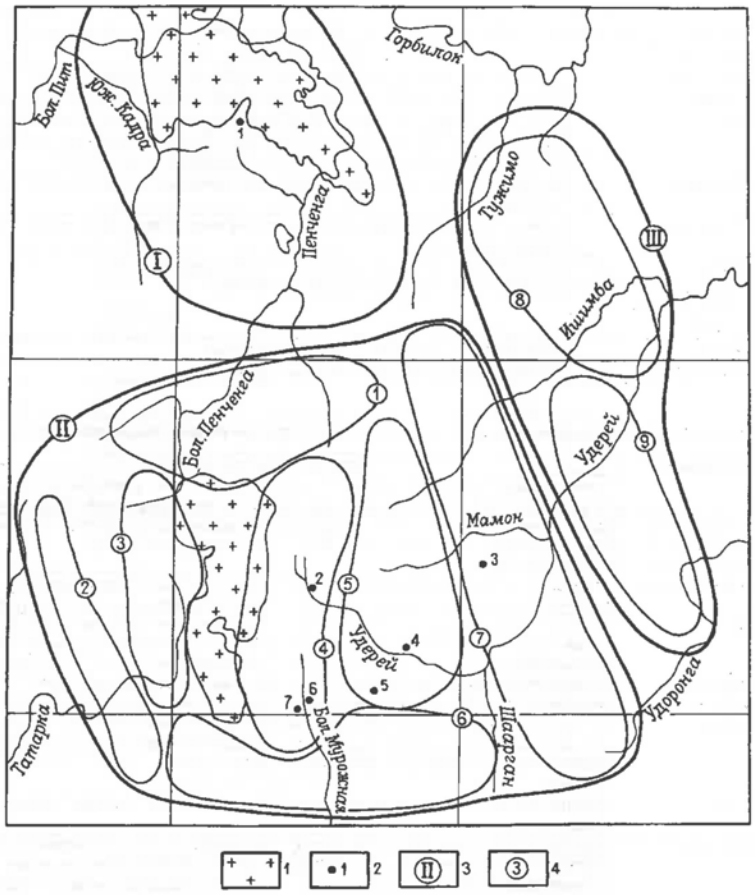
Таблица 3.54

Прогнозно-поисковая модель формации золотоносных кор выветривания района Герфедского рудного поля

Элементы модели	Описание элементов модели	
	Самсоновское месторождение золотоносных кор выветривания (самсоновский тип)	Боровинское рудопроявление золотоносных кор выветривания (боровинский тип)
1.1. Литолого (петролого)-фациальные особенности фундамента (первичные)	Вулканогенные и интрузивные породы основного состава, петрологическая неоднородность толщ	Углеродосодержащая флишоидная (алеврит-сланцевая) толща
1.2. Литолого-фациальные особенности	Гидрослюдистая, каолинитовая, лимонит-каолинитовая зоны коры выветривания	Каолинитовая и гидрослюдисто-каолинитовая зоны коры выветривания
2. Структурные	Тектонические разломы С и ЗСЗ направлений, контролирующие зоны линейных кор выветривания	Тектонические разломы С и ЗСЗ направлений, контролирующие зоны линейных кор выветривания
3. Стратиграфические	Отложения пенченгинской свиты	Отложения кординской свиты
4. Метаморфогенно-метасоматические	Зона регионального метаморфизма эпидот-амфиболитовой фации; пропилитизация, фонового окварцевание, карбонатизация; зоны золото-сульфидной минерализации	Зеленосланцевая фация регионального метаморфизма; зоны вкрапленно-прожилковой золото-кварц-сульфидной минерализации
5. Геохимические	Ореолы золота, меди, никеля, мышьяка, кобальта, серебра	Ореолы золота, серебра, свинца, мышьяка
6. Минералогические	Шлиховые ореолы неокатанного золота, сростков кварца и лимонита, дресвяной фракции кварца с содержанием золота 0,1-04, г/т. Россыпи золота мелкого, тонкого и дисперсного, пробность 800-950	Шлиховые ореолы неокатанного золота, сростков золота с кварцем и лимонитом, дресвяной фракции кварца с содержанием золота 0,1-0,4 г/т, гравийно-щебнистой фракции с содержанием кварца до 20%. Россыпи золота среднего, мелкого, пробность - 800-900.
7. Металлогенические: Р - продуктивность рудного поля (запасы+ресурсы), т/км^2	Р - п.1-10	Р - п.1-10
8. Геофизические	Региональные разломы. Аномалии отрицательные магнитного и гравитационного полей, низких значений электросопротивлений.	Региональные разломы. Аномалии отрицательные магнитного и гравитационного полей, низких значений электросопротивлений.
9. Геоморфологические	Плоские выположенные водоразделы, пологие склоны. Погребенные первичные коры под склоновыми отложениями глинистых продуктов переотложения кор выветривания. Прямолинейные долины с россыпями золота более 300 кг/п.км.	
10. Космогеологические	Узлы пересечения линеаментов. Кольцевая магматогенная структура	

сто-глинистом материале в верховьях руч. Индыглы с содержаниями 0,028-01, г/т (Загоскин, 1980 г.). Аномалия своими значениями отличается от аналогичных аномалий, обусловленных известными коренными месторождениями и рудопроявлениями, по которым содержание золота на порядок меньше.

Перспективы выявления оруденения золото-грейзеновой формации имеются в верховьях руч. Золотого, где россыпь золота, из которой добыто 296 кг золота, залегает на гранитном плотике. Здесь выявлена контрастная аномалия по потокам рассеяния с содержаниями до 1,8 г/т, что указывает на присутствие тонкодисперсного золота в коренном источнике и, следовательно, дает основание применить коэффициент гранулометрического рассеяния равный 20 и оценить прогнозные ресурсы по кат. P_3 в количестве 1,0%.



1 2 3 4

Рис. 3.46. Металлогеническое районирование северной части Южно-Енисейского золоторудного района (м-б 1:500 000)

1 - гранитоидные массивы, 2 - золоторудные месторождения: Аяхта (1), Николаевское (2), Бабушкина Гора (3), Удерейское (4), Васильевское (5), Герфед (6), Самсон (7); 3 - рудные узлы: Аяхтинский (I), Партизанский (II), Тужиминский (III); рудные зоны: Верхне-Ченченгинская (1), Коимбинская (2), Татарская (3), Герфед-Николаевская (4), Васильевско-Удерейская (5), Сергеевская (6), Петропавловская (7), Буреминская (8), Удоронгская (9)

Васильевско-Удерейская рудная зона обладает значительными прогнозными ресурсами рудного золота, сосредоточенными в пределах рудных полей месторождений Васильевского и Удерейского.

В рудном поле месторождения Васильевского оценка прогнозных ресурсов производилась неоднократно В.Г. Голубев (1960 г.) оценил их в 30-40 т на площади 12 км^2.

Г.С. Палиенко и др. (1990 г.) оценили ресурсы категории P_1 на флангах и глубоких горизонтах (до глубины 500 м) в количестве 12 т золота. А.М. Сазоновым (1980 г.) прогнозные ресурсы всего рудного поля Васильевского месторождения на площади 6 км^2 по категориям P_2+P_3 оценены в количестве 60-70 т.

Приведенные прогнозные ресурсы территориально локализованы на юго-западном фланге Васильевского рудного поля, приуроченного к Васильевской синклинали. На западном крыле синклинали выделяется Западная золотоносная зона, протяженностью 8 км, шириной около 1,5 км, которая прослеживается по вторичным аномалиям золота, золотоносным жилам, участкам резкого обогащения россыпей золота. Прогнозные ресурсы Западной золотоносной зоны по категории P_3 оцениваются в 96 т.

От Центрального участка Удерейского месторождения до водораздела ручьев Счастливый и Васильевский, прослеживается Безымянская золотоносная зона, приуроченная к зоне смятия в ядре антиклинальной складки, ширина зоны около 1 км, протяженность 6 км. Наиболее перспективен Северный участок Безымянской зоны, в пределах которого прогнозируются золоторудные тела с небольшой глубиной залегания, аналогичные Центральному участку Удерейского месторождения, с выявленными ресурсами золота - 15,4 т. Зона прослеживается по вторичным ореолам золота, участкам обогащения россыпей золота по р. Удерей. Прогнозные ресурсы Безымянской зоны оценены по категории P_3 в 115 т.

Таблица 3.55

Выявленные и прогнозируемые золотоносные формации Партизанского рудного узла

Рудные зоны	Выявленные золоторудные формации	Прогнозируемые золоторудные формации
Верхне-Ченченгинская	Золото-кварцевая Золотоносной коры выветривания	Золото-грейзеновая Золото-скарновая Золото-сульфидная в роговиках Золото-сульфидная вкрапленная
Герфед-Николаевская	Золото-кварцевая (кварцево-жильный подтип) Золото-кварцевая (кварц-прожилковый подтип) Золото-сульфидная прожилковая Золотоносной коры выветривания	Золото-сульфидная вкрапленная Золото-грейзеновая Золото-сульфидная в роговиках
Васильевско-Удерейская	Золото-кварцевая (кварцево-жильный подтип) Золото-кварцевая (кварц-прожилковый подтип) Золото-сурьмяная жильная Золото-сурьмяно-сульфидная вкрапленная стратиформная	Золотоносной коры выветривания
Петропавловская	Золото-кварцевая (кварц-прожилковый подтип)	Золото-сурьмяно-сульфидная вкрапленная стратиформная; Золотоносной коры выветривания
Сергеевская	Золото-кварцевая (кварц-прожилковый подтип)	Золото-сурьмяняая жильная Золото-сульфидная прожилковая Золотоносной коры выветривания
Татарская	Золото-сульфидная прожилковая	Золото-сульфидная вкрапленная Золото-сульфидная в роговиках Золотоносной коры выветривания
Коимбинская	Нет	Золото-сульфидная прожилковая Золотоносной коры выветривания

Суммарные прогнозные ресурсы Васильевского и Удерейского рудных полей оцениваются по кат. P_3 в 211 т.

Потенциальными прогнозными ресурсами оруденения золото-сульфидной вкрапленно-прожилковой стратиформной формации обладает северная часть Васильевско-Удерейской рудной зоны (Ишимбинский участок). Основанием для прогноза являются: площадные ореолы мышьяка, совмещенные с гидрохимическими ореолами сурьмы, развитые в поле отложений удерейской свиты, аналогичных рудовмещающим отложениям Удерейского месторождения, наличие продолжения Васильевской синклинальной структуры, россыпи золота. Минимальные прогнозные ресурсы Ишимбинского участка по категории P_3 оцениваются в 2,5%.

В северной части рудной зоны участок междуречья Ишимба - Мал. Ченченга благоприятен для развития и сохранности химических кор выветривания, которые могут быть золотоносными. На это указывают россыпи золота в водотоках, берущих начало с водораздела, таких как руч. Торосовый, руч. Тызинь, правые притоки р. Мал.Ченченги. Суммарное количество золота в россыпях достигает 1 т. При применении коэффициента гранулометрического рассеяния 10, прогнозные ресурсы участка по категории P_3 оцениваются в 1,7%.

Петропавловская рудная зона перспективна на выявление ресурсов золота, связанных с формациями золото-кварцевой (кварц-прожилковой подтип) и формацией золотоносных кор выветривания. Золото-кварцевая формация представлена месторождением Бабушкина Гора и группой рудопроявлений. Имеются перспективы прироста прогнозных ресурсов в рудном поле месторождения Бабушкина Гора за счет выявления коренного оруденения в долине руч. Алексеевского, где было добыто 2,9 т. При опробовании коренных пород в траншее (Станкевич, 1977 г.), пройденной для заверки разведочных данных по россыпи золота в правом борту руч. Алексеевского, выявлены ураганные содержания золота: 9328 и 11386 мг/м^3, проявленные на фоне 300-2700 мг/м^3. Такие содержания золота являются прямым поисковым признаком оруденения, перспективного на выявление промышленного оруденения. Мощность рыхлых отложений в этом месте 6-7 м, поэтому, ранее проведенные литогеохимические поиски, скорее всего, не могли выявить ореолы золота и его элементов-спутников.

Косвенным признаком перспективности долины руч. Алексеевского является разнообразие кристаллографических форм пирита, выявленных в шлихах из аллювия этого ручья (Середенко, 1979 г.). На примере Васильевского месторождения такие свойства пирита являются признаком высоких содержаний золота (Сердюк, Коморовский, 2002).

В левом борту руч. Алексеевского предполагается наличие рудопроявления золото-кварц-прожилковой формации, с прогнозными ресурсами категории P_3 в количестве 3,3%, по аналогии с месторождением Бабушкина Гора.

Потенциальными ресурсами рудного золота обладает район Петропавловской группы рудопроявлений, где из россыпей по ручьям Благодатский, Агриппинский и Мал. Шаарган было добыто около 19 т золота. При таком количестве добытого россыпного золота, здесь пока не найден коренной источник золота, по запасам металла сопоставимый с россыпями.

Анализ данных разведочных работ (Станкевич, 1977 г.) показывает наличие золота в плотике на забое скважин от 6 до 19 г/м^3 в устье руч. Благодатского, по правому склону руч. Агриппинского до 10-24 г/м^3 (р.л. 126-э, скв. 135). В этом месте предполагается золото-кварцево-прожилковая зона с промышленными содержаниями металла, северо-западного простирания, приуроченная к долине руч. Агриппинского, устью руч. Благодатского, долине руч. Мал. Шаарган. Прогнозные ресурсы предполагаемой зоны по категории P_3 оцениваются в 8,4%.

Намечается закономерное узловое распределение рудных полей в Петропавловской рудной зоне с шагом 12-

14 км. От рудного поля месторождения Бабушкина Гора рудное поле петропавловской группы рудопроявлений отстоит на 14 км. В 12 км севернее рудного поля месторождения Бабушкина Гора прогнозируется Тызинское рудное поле, которое выделяется по концентрации площадных ореолов мышьяка и резкому обогащению бедной россыпи золота р. Ишимба, ниже устья руч. Тызинь. Здесь в дореволюционный период было добыто 595 кг золота при среднем содержании 1,7 г/м³ (Станкевич, 1976 г.). С предполагаемого рудного поля берут начало россыпи золота руч. Громкий (приток р. Мамон) (в ручье добыто 0,32 т, по р. Мамон в приустьевой части ручья - 2,453 т) и руч. Аверинский (добыто более 0,2 т). Прогнозные ресурсы Тызинского рудного поля оценивается по категории P_3 в 2,5%.

В 12 км южнее петропавловской группы рудопроявлений в зоне Ишимбинского разлома находится группа проявлений, представленных свалами кварца на площади 18 км², с повышенными содержаниями золота и сурьмы.

Предполагается существование здесь Верхне-Шаарганского рудного поля с золото-сурьмяным жильным и вкрапленно-прожилковым оруденением. Прогнозные ресурсы Верхне-Шаарганского рудного поля, по аналогии с Удерейским рудным полем, оцениваются по категории P_3 в 40 тыс.т. сурьмы и 15 т золота.

Верхне-Пенченгинская рудная зона обладает потенциальными ресурсами золота следующих формаций: золото-кварцевой, золото-сульфидной и золотоносных кор выветривания.

Потенциальные ресурсы обосновываются присутствием: россыпей золота, золоторудных проявлений указанных формационных типов, золотоносных кор выветривания. Общее количество выявленного ресурсного потенциала россыпного золота зоны (добыча+запасы) составляет 20 т, что позволяет достаточно высоко оценивать потенциальные прогнозные ресурсы рудного золота.

В рудной зоне известно два проявления кварцево-жильной формации с низкими содержаниями золота, несколько полей свалов золотоносного кварца, около десяти проявлений с содержанием золота 10-15 г/м³ в щебнисто-глинистом плотике россыпей. Развитие линейных и площадных золотоносных кор выветривания отмечается в поле россыпей руч. Ильинка с притоком Петропавловским, руч. Ивановского, р. Бол. Пенченга, руч. Приютинского, руч. Куклянда. По геофизическим данным выявляется широкое поле развития кор выветривания в верховьях р. Мал. Пенченга.

Космогеологическими методами в рудной зоне выделена кольцевая структура, интерпретируемая как плутогенная, связанная с образованием Татарского гранитоидного массива. Кольцевая структура хорошо выражена в морфологии рельефа, в особенности по рисунку гидросети, кольцевому в центре, центробежному по периферии структуры, контролирующему россыпи золота с потенциалом (добыча+запасы) в количестве 11 т. Аналогичные кольцевые структуры выявлены в Герфед-Николаевской и Петропавловской рудных зонах, где к ним приурочена большая часть рудного и россыпного золота. На этом основании предполагается, что кольцевая структура контролирует несколько перспективных участков с прогнозными ресурсами по кат. P_3 около 100 т. Вероятно эти ресурсы относятся к золото-кварцевой формации (кварцево-жильный подтип) представителем которой является месторождение Герфед.

Одним из перспективных участков является Усть-Приютинский в междуречье Приютинский-Токовиный, с прогнозными ресурсами категории P_3 в количестве 50 т, которые определены, исходя их богатства россыпей участка (4,97 т) и коэффициента гранулометрического рассеяния 10. Возможно увеличение ресурсов золота в рудном поле месторождения за счет выявления здесь новых участков золотого оруденения в пределах литогеохимических ореолов золота площадью до 1 км².

На участке развиты остаточные коры выветривания мощностью до 50-100 м и переотложенные коры выветривания мощностью до 50 м, в которых прогнозируются золотоносные объекты с прогнозными ресурсами по категории P_3 в 2 т золота. Потенциальными ресурсами золото-сульфидной вкрапленной формации, вероятно, располагает участок Петропавловско-Ильинский, расположенный в бассейне одноименных ручьев. Геологическое строение участка обладает чертами сходства с месторождением Олимпиада: расположение в зоне экзоконтакта гранитоидной интрузии; приуроченность россыпей золота к участку (добыча+запасы, 1757 кг); проявление вольфрамового оруденения; присутствие карбонат-слюдистых сланцев и мраморов; развитие линейных кор выветривания.

Исходя из величины коэффициента гранулометрического рассеяния равной 20, прогнозные ресурсы золота Петропавловско-Ильинского участка оцениваются по категории P_3 в 0,8%.

В связи с развитием золотоносных кор выветривания в Верхне-Пенченгинской зоне предполагается прирост прогнозных ресурсов категории P_3 в долинах рек Куклянда, Петропавловский в количестве 0,8%.

Сергеевская рудная зона изучена слабо, ресурсы ее на современном этапе представлены, в основном, запасами золота в россыпях, суммарное количество которых не превышает 10 т. Потенциальные ресурсы рудной зоны связаны с золото-кварцевой (кварц-прожилковой подтип) формацией, представленной Сергеевским рудопроявлением и прогнозируемыми золото-сурьмяно-сульфидной вкрапленной, золото-сульфидно-прожилковой формациями, формацией золотоносной коры выветривания.

На рудопроявлении Сергеевском возможно выявление прогнозных ресурсов категории P_3 в количестве до 11,6%, по аналогии с Боголюбовским месторождением. На рудопроявлении размеры золотин достигают 5 мм, что обусловливает резко неравномерное распределение золота в рудах. Оно изучено с поверхности канавами через 100-200 м, тогда как на Боголюбовском месторождении, при более равномерном распределении золота в рудах и размерах золотин от 0,001-0,005 до 0,1 мм, канавы пройдены через 40 м. Для оценки Сергеевского рудопроявления, целесообразно, сгустить сеть канав до 40 м и скважин до 50х50 м.

Потенциальными ресурсами золотых и сурьмяных руд обладает, вероятно, Александровский участок, который контролируется Нижне-Подголечным взбросом (Хисамутдинов, 1970 г.), вдоль которого, на расстоянии 12 км, встречаются свалы кварца с вкрапленностью антимонита. Нижне-Подголечный взброс срезает синклинальные структуры, сложенные отложениями удерейской свиты, вмещающими золотое и сурьмяное оруденение Удерейского месторождения.

Потенциальные прогнозные ресурсы возможны на участке Верхне-Подголечном, на левобережье руч. Верх. Подголечного в золотоносных корах выветривания. Благоприятными поисковыми признаками являются: россыпь золота по руч. Верх. Подголечному, комплексный литогеохимический ореол золота и мышьяка, предполагаемые участки развития кор выветривания по геофизическим данным, свалы золотоносного кварца. Прогнозные ресурсы участка оцениваются по категории P_3 в количестве 2 т.

Татарская рудная зона характеризуется бедными россыпями золота по рр. Татарке, Бол. Пенченге, ручьям Мал. Коимбе, Оборотовскому, Татарчуку, рудопроявлением Безымянным, свалами золотоносного кварца. В связи с развитием в рудной зоне отложений пенченгинской свиты, основных пород индыглинского комплекса, кварцевых жил, золото россыпей связывается с золото-сульфидной прожилковой формацией. Одним из перспективных участков развития этой формации является участок Татарчукский, где из россыпи добыто около 500 кг золота, имеются свалы кварца с содержаниями золота до 10 г/т (Анучин, 2000 г.). Прогнозные ресурсы участка по категории P_3 оцениваются в 0,8%.

Потенциальные прогнозные ресурсы возможны на участке Верхне-Подголечном, на левобережье одноименного ручья в золотоносных корах выветривания. Благоприятными поисковыми признаками являются: россыпь золота по руч. Верх. Подголечному, комплексный литогеохимический ореол золота и мышьяка, предполагаемые участки развития кор выветривания по геофизическим данным, свалы золотоносного кварца. Прогнозные ресурсы участка оцениваются по категории P_3 в количестве 0,3%.

В Татарской рудной зоне на участке Сохатином предполагается развитие оруденения золото-сульфидной вкрапленной формации вдоль западного экзоконтакта Татарского гранитоидного массива. Протекающая вдоль экзоконтакта р. Татарка на всем протяжении содержит бедные россыпи золота, которые могли возникнуть за счет тонкодисперсного золота золото-сульфидной вкрапленной формации, локализованной в кварцево-слюдистых сланцах, мраморах, амфиболитах пенченгинской свиты. Прогнозные ресурсы участка Сохатиного в первичных рудах по кат. P_3 оцениваются в 1,7%.

На участке выявлены интенсивно развитые первичные и переотложенные коры выветривания, проявления бокситов. Опробование бокситов (Голубев, 1953 г.) выявило в них содержание золота в одной пробе 3,2 г/т. Опробование шлиховым методом рыхлых отложений бокситопроявлений Таловского, Восточного, Долгожданного выявило концентрации шлихового золота в знаковых значениях (Гузаев, 1971 г.). В последствии на площадях проявлений были разведаны древние глубокозалегающие россыпи Таловская, Северо-Западная, Богородская. Прогнозные ресурсы золота в бокситоносных отложениях участка Сохатиного по кат. P_3 оцениваются в 0,5%.

Коимбинская рудная зона золотоносна в северной и южной частях, на севере – это свалы кварца с повышенными содержаниями золота, на юге - бедная россыпь золота по р. Подголец. Наиболее вероятно выявление потенциальных прогнозных ресурсов на юге рудной зоны на участке Тепленький с аллювиальной россыпью золота, источником которой может быть оруденение золото-сульфидной прожилковой формации, локализованное в образованиях пенченгинской свиты, прорванных телами ортоамфиболитов индыглинского комплекса. Благоприятными поисковыми признаками оруденения являются: приуроченность головки россыпи золота к кольцевой плутонической структуре, нахождения россыпи в зоне влияния Татарского глубинного разлома. На участке выявлены эрозионно-тектоническая котловина с проявлением бокситов, участки развития кор выветривания по геофизическим данным. Это повышает перспективы потенциальных прогнозных ресурсов за счет возможного остаточного обогащения в корах выветривания золота первичных руд. Прогнозные ресурсы золота участка Тепленький по категории P_3 оцениваются в 0,8%.

Сводная предварительная оценка прогнозных ресурсов различных формационных типов золотого оруденения перспективных участков Партизанского рудного узла указывает на значительный металлогенический потенциал, требующий детального обоснования путем целенаправленного планирования и проведения специализированных научно-практических геологических исследований (табл. 3.56).

Эти исследования эффективно можно реализовать в виде системы прогнозно-поисковых работ, направленных на поэтапное изучение наиболее перспективных рудных зон.

Васильевско-Удерейская рудная зона занимает площадь Васильевской синклинали с разведанными Васильевскоим и Удерейским месторождениями и рядом перспективных рудопроявлений.

При проведении поисково-оценочных работ предшественники основное внимание уделяли изучению золото-кварцевых жил. В связи с этим оказались слабо изученными золото-сульфидные зоны, их литолого-стратиграфическая и структурная приуроченность. Несмотря на большой объем геологоразведочных работ, выполненных на площади Васильевского месторождения, перспективы золотоносности его весьма значительны.

Геологическое изучение района началось после открытия в 1837 году богатых золотоносных россыпей по рр. Бол. Пескина и Мал. Шаарган и продолжалось с перерывами на протяжении 170 лет (Мейстер, 1910 г; Корниенко, 1940, 1949 г; Козлов, 1954 г; Голубев, 1954-1960 гг; Шелехов, 1960-1965 гг; Горленко, 1960 г; Иванов, 1961 г; Яркаев, Вызу, 1962 г; Михеев, 1963; Хисамутдинов, 1970 г; Артемьев, 1968 г; Жураковский, 1972 г; Стеблева, 1973г; Савельев, 1974 г; Власов, Ковшиков, 1976 г, 1979 г;, Середенко, 1979 г; Загоскин, 1978 г; Смирнов, 1980 г; Власов, 1981 г; Бобыкин, 1976-1980 гг; Скороделов, 1983 г; Минеев, 1986 г. и другие).

Оценивая в целом изученность Васильевско-Удерейской рудной зоны, можно отметить следующее:

1) при проведении поисковых и разведочных работ основное внимание уделялось оценке золотоносности кварцевых жил;

2) недостаточно изучался вкраплено-прожилковый золото-сульфидный тип оруденения, структурная и литологическая приуроченность промышленных рудных тел, генетическая модель золотого оруденения васильевского типа. Слабо и избирательно опробовались колонковые скважины и горные выработки;

3) подсчет запасов, зачастую, выполнен без надежной увязки и блокировки рудных зон и тел;

4) при значительных объемах поисковых и разведочных работ отсутствует надежная геолого-металлогеническая модель золотого оруденения;

5) отсутствует детальная геологическая основа Васильевского месторождения (масштабов 1:10000-1:5000).

Исходя из этих данных, можно сказать, что для достоверной оценки рудной золотоносности района необходимы анализ металлогении золота и дополнительные целенаправленные поисково-оценочные работы.

Описание геологического строения приводится, в основном, по материалам геологического доизучения Северо-Енисейского района масштаба 1:5000 (Середенко, 1979 г) с изменениями и дополнениями, внесенными в процессе работ.

Геология и золотоносность Васильевско-Удерейской рудной зоны. В пределах Васильевско-Удерейской рудной зоны выделяются следующие основные золоторудные формации: малосульфидная золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная, золото-сульфидная, золото-кварц-антимонитовая, золотоносных кор выветривания.

Для малосульфидной золото-кварцевой формации характерны кварцевые жилы сравнительно простого строения, различной мощности и протяженности, согласные с вмещающими породами и секущие их, а также линзовидные и сложные по форме сопряженные с ними зоны кварцевого прожилкования. Содержание сульфидов не превышает 2-3 %. Они представлены, в основном, пиритом, ар-

сенопиритом, пирротином, в меньшей степени – халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Золото в рудах большей частью свободное. Оруденение малосульфидной золото-кварцевой формации характерно для месторождений Васильевское, Николаевское, Герфед, Бабушкина Гора и рудопроявлений Урал, Верхне-Боровое и др.

Золото-кварц-сульфидная формация представлена двумя типами оруденения:

1) Мощные зоны рассланцевания в отложениях кординской свиты с обилием рассредоточенных кварцевых прожилков и жилок пиритсодержащего (3-5 %) кварца; развиты на площади Сергеевского рудного поля.

2) Кулисообразные зоны сближенных секущих маломощных золотоносных кварцевых прожилков в полостях отрыва в сланцах удерейской свиты, содержащих довольно равномерную пиритизацию (3-6 %). Такое оруденение характерно для месторождений Васильевского и Бабушкина Гора.

Золото-сульфидная формация также включает два типа оруденения. Первый представлен линзовидными пологопадающими, согласными с расслацеванием пород зонами пиритизации сланцев удерейской свиты. Зоны насыщены мелкими секущими кварцевыми прожилками. Содержание сульфидов до 30 % (месторождение Бабушкина Гора). Второй – зонами вкрапленно-прожилковой сульфидной минерализации в метаэффузивах пенченгинской свиты. Зоны имеют мощность (ширину) до 100 м, протяженность сотни метров – первые километры. Содержание сульфидов до 10-20 %; последние представлены пирротином, пиритом, халькопиритом, арсенопиритом в виде гнезд, прожилков и вкрапленности (Самсон, Герфед, Николаевское). По данным П.И. Жилкина (1938 г.), в колчеданах Герфед-Самсоновской зоны установлены содержания золота от 421 до 1108 г/т.

Золото-кварц-антимонитовая формация проявлена на Удерейском золото-сурьмяном месторождении и прилегающих к нему рудопроявлениях, где развиты зоны интенсивной сульфидизации, жильного и тонкопрожилкового окварцевания. Количество сульфидов изменяется от 3 до 50 % и более. Состоят они, в основном, из пирита, арсенопирита, антимонита. Золото связано как с сульфидами так и с кварцем.

Образование золотого и сурьмяного оруденения тесно связано с историей геологического развития этого района и Енисейского кряжа в целом. Нельзя не отметить приуроченность большинства золоторудных месторождений и рудопроявлений Енисейской кряжа к определенным литолого-стратиграфическим горизонтам. В пределах Васильевско-Удерейской рудной зоны таким горизонтом является нижне-среднеудерейский. Как для Васильевского, так и Удерейского месторождений золотоносный горизонт, не имея четких литологических признаков, характеризуется преобладанием окисного железа, что может указывать, возможно, на окислительную обстановку формирования золотого оруденения.

В своей геологической истории породы претерпели метаморфические и тектонические преобразования. Термодинамические условия метаморфизма в пределах Васильевского месторождения характеризуются более высокими температурами (до 420-480°С) и давлением, в отличие от Удерейского месторождения, где температуры не поднимались выше 350°. В этой связи высокотемпературные кварцевые жилы с альбитом для Удерейского месторождения не характерны. При температурах 350-300° происходят минеральные преобразования – серицитизация, хлоритизация, формирование кварцевых прожилков, кливаж, сульфидизация, формирование основной массы золота; при более низких температурах – карбонатизация пород. К этому интервалу относится формирование золото-сульфидных столбов в пределах месторождений. Минеральные преобразования и связанное с ними формирование зон сульфидизации происходят, в основном, за счет метасоматических изменений вмещающих пород. Формирование золоторудных тел протекало гидротермально-метасоматическим путем за счет высвобождения и переотложения ранних сульфидов и золота из гидротермальных растворов или гелей на физико-химических барьерах в породах зеленосланцевой фации метаморфизма.

Пласты осадочных пород, попадая в зону повышенных температур, теряют воду и углекислоту, поток которых направлен в область меньшего давления, т.е. в сторону низкотемпературных зон. Такие элементы, как железо, магний, кобальт, никель, медь, золото, переносятся лишь водными растворами, а в карбонатных средах они остаются неподвижными. На поздних этапах регионального метаморфизма во фронтальной части метаморфической области, в пределах зеленосланцевой фации, отмечается образование сульфидной минерализации и магнезиально-железистых карбонатов, кварцевых и кварц-карбонатных жил, с которыми связано обычно золотое оруденение.

Возраст золоторудных месторождений определяется в 900-1000 млн. лет, что соответствует позднерифейскому орогенезу и связанным с ним процессам становления Татарского гранитоидного массива и проявления регионального метаморфизма. В интервале 700-600 млн. лет образовались сурьмяные рудные тела Удерейского месторождения. Они представляют собой телетермальные структуры заполнения ослабленных, раздробленных тектонических зон в породах удерейской свиты. Основная масса рудных минералов сформировалась при температурах 120-180°.

Прогнозно-металлогеническая оценка золотоносности. Прогнозно-металлогеническая оценка площади выполнялась на 6 основных участках:

1) Васильевско-Надеждинском, 2) Юго-Восточном, 3) Сухом, 4) Шалакитском, 5) Западном, 6) Степановском. Общая площадь работ около 114 кв. км. Выполненные работы: литогеохимия – 21 067 проб, гамма-спектрометрия площадная, дипольное электромагнитное профилирование (ДЭМП) – площадное, магниторазведка. Сеть исследований 100 (200) х20 м. В лаборатории Минусинской геологоразведочной экспедиции выполнен спектральный (24 эл.) и золотометрический анализы.

По ходу литогеохимических маршрутов богатый кварцевый материал установлен в верховьях ручьев Васильевского, Архангельского, в бассейне руч. Сухого. Продукты коры выветривания и кварцевый материал имеет широкое распространение на водоразделах Юго-Восточного участка.

В процессе проведения поисковых маршрутов описаны и опробованы ряд обнажений по руч. Васильевскому (т.н.1) и руч. Степановскому (т.н. 14-22). В верховье и среднем течении руч. Васильевского, в обнажениях выделено две потенциально золотоносные зоны. Первая – видимой мощностью около 100м, вторая - около 10м. Они представляют собой зоны смятия, дробления, окварцевания и сульфидизации. В двух шлихах из первой зоны и трех - из второй, установлено видимое золото. Зоны являются, по-видимому, продолжением рудных тел Западного, Фединского участков в направлении Ново-Васильевского.

Кварцево-сульфидные зоны установлены в верховье руч. Степановского. Возможно, они являются продолжением рудных зон Восточного (Васильевская 1) и Центрального участков Васильевского месторождения на северо-восток в направлении рудных зон Ново-Удерейского участка.

Геохимические исследования. Кластерный и корреляционный анализ проанализированных проб показали высокую стабильность выделения геохимических ассоциаций элементов, наиболее характерные из которых образуют три основных группы:

1) Au-Bi-W-Ag-As - непосредственно связанная с золотом;

2) Ni-Cu-Co-Zn сидерофильно-халькофильная группа, связанная с сульфидными минералами;

3) Mo-V-Ga-Pb –халькофильно-сидерофильная группа.

С целью выделения наиболее обогащенных золотом участков и для подсчета по этим участкам прогнозных геохимических ресурсов, построены аномалии по контуру изолинии 0,01 г/т. Аномалиям присвоены порядковые номера и рассчитаны ресурсы золота.

Суммарные прогнозные геохимические ресурсы золота Васильевско-Удерейской зоны, подсчитанные до глубины 200 м, по всем аномалиям составляют 140,3 т.

Геофизические исследования. В комплексе с литогеохимической съемкой проведены наземные геофизические работы следующими методами: магниторазведка, гамма-спектрометрия, электроразведка (дипольное электромагнитное профилирование – ДЭМП).

Гамма-спектрометрия выполнялась прибором РКП-305, 306, который фиксировал значения содержаний калия, урана и тория в породах. Предварительно выделены аномалии с повышенным уровнем калия и тория, сопоставимые с зонами метасоматической проработки, перспективными на золотое оруденение.

Дипольным электромагнитным профилированием бесконтактным способом фиксируются высокоомные зоны. Оптимальная частота генератора - 35,156 кгц, разносы между генератором и приемником – 80 м, которые применялись на всех участках площадной съемки, обеспечивая глубинность изучения в пределах 20-30 м. При помощи ДЭМП в траншее на Центральном участке месторождения четко определено западное падение основной кварцевой жилы. В верховье руч. Степановского зафиксированы кварцевожильные зоны на интервале более 1 км. Технология ДЭМП на поисках золота применена впервые.

Материалы геофизических работ показали высокую эффективность гамма-спектрометрии и дипольного электромагнитного профилирования при решении поисковых задач в границах Васильевско-Удерейской рудной зоны. В пределах эталонных участков (месторождение Васильевское, рудопроявления Западное, Центральное, Фединское, Надеждинское) отмечаются высокой интенсивности аномалии содержаний калия, тория соответственно от 2.2 до 4% и от 14 х10^{-4}% и более, значений эффективного сопротивления от 2000 и более Ом.м, совпадающие с высоким содержаниями золота литогехимических аномалий по вторичным ореолам рассеяния.

Учитывая характер полей на эталонных участках, на основе комплексного анализа геологических, литогеохимических, геофизических данных были прослежены золотоносные зоны и рекомендованы для проверки траншеями, канавами и скважинами. Результаты анализа нашли отражение на прогнозно-металлогенической карте Васильевско-Удерейской рудной зоны.

Прогнозно-металлогенические исследования. На основании полученных данных выделены потенциально перспективные золотоносные зоны и намечены участки работ для прироста запасов и ресурсов золота.

Для выделения и оценки перспективности золотоносных зон использовался суммарный показатель, который включает следующие критерии:

1) Выходы промышленных рудных тел на поверхность, их установленные протяженность, мощность и показатель качества;

2) Золотометрические аномалии по первичным ореолам рассеяния, их площадь и уровень содержания;

3) Золотометрические аномалии по вторичным ореолам рассеяния, их площадь и уровень содержания;

4) Наличие гамма-спектрометрических аномалий, их площадь и интенсивность;

5) Высокоомные аномальные зоны, их площадь и интенсивность;

6) Наличие кварцевых жил и кварцевого элювия;

7) Наличие сульфидизированных пород;

8) Наличие зон нарушений, смятия и дробления, благоприятных для инфильтрации и аккумуляции золотоносных гидротермальных растворов.

В пределах Васильевско-Надеждинского участка выделено одиннадцать перспективных золотоносных зон -I-XI. Зоны имеют продолжение на север, в район междуречья Сухого и Бурахты (участок Сухой). Золотоносные зоны, выделенные в пределах Юго-Восточного участка, продолжаются на северо-восток в бассейн р. Безымянки и Шалакита (участок Шалакит).

Зона I прослеживается в северо-восточном направлении почти на пять километров при ширине от 100 до 400 м. Зона в южной части включает рудопроявления Урал и Архангельское. Далее на северо-восток она прослеживается интенсивными первичными и вторичными аномалиями золота (аномалии 28, 2), калия, высокоомными зонами. Зона имеет сложное строение. На северо-западном ее ограничении (за пределами площади литогехимической съемки) появляется еще одна полоса первичных аномалий, а на север - вторичные аномалии золота (аномалии 1, 7) и зоны высокоомных сопротивлений, где они не изучены (**зона I-I**).

Рудопроявление Урал изучено с поверхности канавами и шурфами с рассечками (Жилкин, 1938). Проводились поиски и оценка золотоносности только кварцевых жил. В результате выявлено тридцать две кварцевые жилы, из которых промышленно-золотоносными являются восемь жил восточной части месторождения. Жила №2 прослежена на 600м при мощности до 16 м. Жила сложная, с ответвлениями в южной части (жилы 3 и 4). Кварц голубой и молочно-белый, иногда пористый с включениями арсенопирита, пирита и серицита. Содержание золота изменяется от 4 до 20, среднее-7.66 г/т. Жила №1 прослежена на 300 м, при мощности от 0,3 до 8 , средней 2 м. Падение ее северо-западное под углом 50-60°. Содержание золота от 0.4 до 119 г/т, при среднем - до 15 и даже 28 г/т. Золотоносными являются также кварцевые жилы 5-8, расположенные между жилами 1 и 2. Таким образом, параметры золотоносной зоны месторождения Урал имеют протяженность 600 м при общей мощности 200м. Ресурсы золота P_1 по жиле №1 составляют 2,5 т при содержании 4,7 г/т. Общие ресурсы по рудопроявлению P_1+P_2 могут составить около 6 т. Продуктивность зоны: 6:0,6=10 т/км.

Рудопроявление Архангельское (Мисюков, 2004 г) практически является продолжением проявления Урал. Редные тела вскрыты траншеями, скважинами. Мощность рудных тел на поверхности составляет 1-4 м, при средней 2,1 м. Содержание 1,2-16,7, среднее 4.4г/т. Общая протяженность рудной зоны около 0,6 км. Прогнозные ресурсы по категории P_1 составляют 5,5 т. Таким образом, продуктивность Урало-Архангельской зоны протяженностью 1,2 км, образующей южную часть перспективной рудной зоны №1, составляет 12 т или 10т/км.

Зона II выделена по комплексу высокопродуктивных аномалий золота (аномалии 8,12,15, 27), калия и высоких сопротивлений. Протяженность ее 3 км, при ширине 150-300 м. Возможно, она прослеживается на юго-запад на

1.5 км, в район аномалий 29,37, где соединяется с рудной зоной №1. Таким образом, общая ее протяженность может составить около 4,5 км. Зона практически не изучена.

Зона III является наиболее сложной и протяженной. Длина ее 5,5 км при ширине от 200 до 500 м. Она выделяется по данным интенсивных первичных и вторичных аномалий золота (аномалии 30, 38, 27, 16, 13, 10, 9, 6, 44, 42, 43, 41, 40.), калия, высокоомных зон. В центральной ее части наблюдается восточное ответвление Ш-1 (ан.11, 13, 16), на юге –западное ответвление III-2 (аномалии 26, 38, 39, 36). В ее пределах установлены рудопроявления Ново-Васильевское, Фединское, Надеждинское.

Ново-Васильевское проявление (аномалия 30) в структурно-тектоническом плане является юго-западным замыканием Фединской и Западной рудных зон (Ш и1У). В его геологическом строении принимают участие отложения горбилокской и удерейской свит. Породы смяты в мелкие складки с размахом крыльев первые метры-десятки метров и разбиты на блоки тектоническими нарушениями северо-восточного и северо-западного направлений. В пределах участка выделяются две, соединяющиеся на юге, зоны кварц-сульфидно-прожилковой минерализации северо-восточного простирания, разделенные полосой слабо минерализованных пород. Мощность зон 22-40 и 220-240 м. В пределах этих зон установлено 11 рудных тел мощностью от 0,1 до 4,25 м с содержанием золота до 13,8 г/т (скв. 59).

Фединская рудная зона (аномалии 13,16) прослежена на 550 м двумя магистральными канавами и на глубину 200 м скважинами по трем профилям через 400 м. Мощность зоны 450-500 м. Фланги не оконтурены. Зона представлена субпараллельными кварцевыми жилами и зонами прожилково-вкрапленного оруденения, ориентированными на северо-восток, с крутым падением (65-75°) на северо-запад, в которых установлены содержания золота 0,5-3,0 г/т и в единичных пробах до 10-13 г/т. Прогнозные ресурсы категории P_2 оцениваются 5,5 т. Продуктивность зоны по рудным пересечениям до глубины 200м составляет 10 т/км, что соответствует проявлениям Урало-Архангельской зоны.

Проявление Надеждинское (аномалии 6, 40, 41, 42, 43, 44) расположено на правом склоне долины р. Удерей, против устья руч. Сухого Стратиграфический уровень участка соответствует оруденению Васильевского месторождения. Простирание пород северо-восточное, падение восток-юго-восточное под углом 30-70°. Отмечается дополнительная складчатость от метров до десятков метров. В пределах Надеждинского проявления установлено 10 кварц-сульфидно-прожилково-вкрапленных зон мощностью от 10 до 118 м, прослеженных на расстояние до 350-500, в среднем на 400 м. Канавой № 10 в интервале 0,0-3,0 м вскрыты руды со средним содержанием 3,03 г/т; в интервале 73-76 м содержание 2,17 г/т. Прогнозные ресурсы по этим зонам по P_2 составляют 4043 кг (до глубины 200 м). Продуктивность зоны составляет около 10 т/км.

Зона IV прослеживается на 3 км от рудных тел Западного участка до вершины руч. Степановского, имеет восточное ответвление и выделена по первичным и вторичным золотометрическим аномалиям (аномалии 31,26,18,14) и высокоомным зонам. Ширина ее 100-300м. На юге этой зоны вскрыты рудные тела Западного участка (П.Л.17), севернее - на П.Л.23 и 30. В структурном отношении они приурочены к восточной краевой части приподнятого и интенсивно деформированного Фединского блока. Согласно структуре, золотоносная зона продолжается на СЗ и ограничивается нарушением, где отмечаются золотометрические аномалии и, возможно, выход золотоносной зоны на поверхность (между пл. 22-24, по пл. 30). В центральной части синклинали, на пл. 22 золоторудная зона локализована на глубине до 200-250 м. В южной части Западного участка выделено 7 жильных тел. Общая протяженность их 1,2 км. При бортовом содержании 1 г/т запасы золота C_2 составили 10,9 т при среднем содержании 2,8 г/т. Продуктивность рудной зоны - 9.1 т/км.

Зона V имеет протяженность 1,3 км и ширину 100-300 м. Выделена по наличию первичных и вторичных аномалий золота (аномалии 20, 24) и высокоомных зон. Структурная приуроченность определяется направлением тектонических нарушений в западной приподнятой ступени Фединского тектонического блока. По П.Л.30 шурфом №6, канавами и скважинами вскрыты тудные тела с содержанием золота до 10,2 г/т. Для оценки продуктивности этой зоны можен быть принят эталон IV зоны.

Зоны VI и VII являются северным продолжением Центрального участка, в пределах которого они соединяются. (П.Л.21,22). Положение зон определяется максимальными значениями первичных и вторичных аномалий золота: западная – аномалии 19,23,25,32, восточная - аномалии 19,22,32. Протяженность зон около 1,5 км, ширина -100-200м.

В пределах Центрального участка наиболее богатые золотоносные породы выходят на поверхность между поисковыми линиями 21,6-22,5 на расстоянии около 20 м (восточное крыло), через 59 м западнее выходят на поверхность в районе скв.131. И затем, согласно структуре, прослеживаются на запад на глубине 20-30 м. К сожалению, скважины 43, 48, 194, 195, которые должны его подсечь - не опробованы. В районе скв. 194, 195 картируется антиклинальная складка северо-восточного направления. Здесь возможен выход рудного уровня на поверхность и продолжение его в северо-восточном направлении, где выделяется ряд четких золотометрических аномалий. В целом, Центральный участок приурочен к ундулирующей антиклинали, где маркирующие песчаники находятся близко от дневной поверхности. Рудные тела находятся на небольшой глубине, могут быть разведаны скважинами колонкового бурения глубиной 100-150 м и отработаны карьером. Руды Центрального участка весьма богатые. Даже при борте 1г/т запасы C_1+C_2 составили 6 т при среднем содержании 8,9 г/т, ресурсы P_1-8.2т при среднем содержании 8.0г/т. Таким образом, общие запасы и ресурсы зон-14.2т. Протяженность рудных зон составляет 700м. Продуктивность зон: 14,2:0,7:2=10.1т/км.

Зона VIII находится между Центральным и Восточным участками Васильевского месторождения и в структурном отношении приурочена к зоне нарушения на восточной границе приподнятого центрального блока. Зона выделяется высокопродуктивными первичными и вторичными аномалиями золота (аномалии 5, 6, 47, 49, частично аномалии 32, 22, 19), калия, высоких сопротивлений. Протяженность зоны около 4 км, ширина от 100 до 300 м. На юге зона соединяется с зоной Х1, изучена слабо. Рудные подсечения (содержания 8,6-10,4 г/т) установлены канавами на П.Л. 25,6 и 26. В качестве эталонного объекта зоны принимается продуктивность рудных зон V1, VII.

Зона IX выделена по линии рудной жилы Васильевская-1 и по первичным и вторичным аномалиям золота (аномалия 21), калия и высоких сопротивлений на северном ее продолжении. Протяженность зоны 1.7 км, ширина 100-200 м. Возможно, в южной части она соединяется с зоной VIII , где высокоомная аномалия отклоняется в западном направлении. В пределах этой (Восточной) зоны подсчитаны запасы C_2 в количестве 5,3 т со средним содержанием 6,4 г/т, ресурсы P_1 -6.6 т с содержанием 5.3 г/т. Итого: 11,9 т. Протяженность промышленной рудной зоны 1,4 км, глубина подсчета 200 м. Продуктивность зоны: 11,9: 1,4=8.5 т/км.

Зона X охватывает с восточной стороны Васильевское месторождение. Протяженность ее 1,7 км, ширина 150-200 м. Зона выделена по первичным и вторичным аномалиям золота (частично аномалии 33, 34, 21), калия и высоких сопротивлений. Зона изучена слабо. В скважинах опробовались только кварцевые жилы. Для подсчета ресурсов принят эталон продуктивности жилы Васильевская-1.

Зона XI в отличие от предыдущих, имеет субмеридиональную ориентировку и на южном замыкании Васильевской синклинали практически соединяет зоны 1У-Х . Протяженность ее около 2.0 км, ширина от 200 до 400 м. Она выделяется по интенсивным первичным и вторичным аномалиям золота (аномалия 31, частично - 32, 33), калия, высокого сопротивления. В пределах этой зоны установлены на поверхности рудные тела Западного участка, которые можно принять за эталон продуктивности этой зоны.

На участке Сухом выделяется три золотоносных зоны, которые могут быть продолжением зон III, VIII, IX Васильевско-Надеждинского участка. Общая их протяженность около 10 км. Они выделяются комплексными золотометрическими и геофизическими аномалиями. Исходя из продуктивности зон Васильевско-Надеждинского участка-10 т/км и коэффициента рудоносности 0,2, ресурсы по кат. P_3 участка могут составить 20 т.

На Юго-Восточном участке по данным золотометрических и геофизических аномалий выделено предварительно шесть потенциально перспективных золотоносных зон **(XII-XVII)**. Зоны имеют северо-восточную ориентировку, сложное строение, протяженность до 5 км, ширину от 200 до 800 м. Западные три зоны **(XII-XIV)** прослеживаются на правую сторону р. Удерей через устье в вершину р. Безымянки (участок Шалакит) и имеют протяженность около 9 км. В пределах этих зон находятся рудные тела проявления Пойменного, Удерейского месторождения, Северо-Восточного участка этого месторождения. Продуктивность их, исходя из ресурсов золота Удерейского месторождения 15 т, протяженности зоны 1.5 км, составит около 10 т/км. Ресурсы по кат. P_3 с применением коэффициента рудоносности 0,2 составит 10х27х0,2=54 т.

Рудные зоны **XV, XVI** в южной части, видимо, соединяются. До р. Удерей прослеживаются золотометрическими и геофизическими аномалиями. В левобережной части р. Удерей прослеживаются по водоразделу проявлением Копьевским и высокоомными электроразведочными аномалиями. Изученность зон очень слабая. При сохранении продуктивности 10 т/км, общей протяженности 10 км, коэффициенте рудоносности 0,2, прогнозные ресурсы по кат. P_3 составят 20 т.

Рудная зона **XVII** выделена в восточной части участка. Протяженность ее около 4км. На левобережье р. Удерей, она прослеживается высокоомными и золотометрическими аномалиями в вершину руч. Копьевского и далее протягивается почти на 6 км. Прогнозные ресурсы по кат. P_3 могут составить 20т.

Заключение. Выполненные прогнозно-металлогенические работы в пределах Васильевско-Удерейской рудной зоны позволили выделить 17 перспективных золоторудных зон и оценить их потенциал рудного золота в объеме 140 т.

Особое внимание обращено на перспективы Васильевского рудного поля вблизи действующего карьера. Здесь прогнозируется около 40 т золота с неглубоким залеганием рудных тел.

На Васильевско-Надеждинском, Степановском, Юго-Восточном и Сухом участках рекомендуется проведение комплекса поисково-оценочных работ по выявлению потенциала рудного золота.

3.1.4.1. Золото-кварцевая формация

Васильевское месторождение

Изученность месторождения

Васильевское золоторудное месторождение открыто в 1950 г. одним из поисковых отрядов под руководством коллектора-практика А.М. Рябова. Отряд входил в состав Герфедской экспедиции треста "Енисейзолото", которая с 1948 г. проводила планомерные поисковые работы на рудное золото в районе месторождений Герфед и Урал. При выполнении рекогносировочных маршрутов Голубевым В.Г. в 1948-1949 гг. в обломках кварца из делювия на левобережье кл. Васильевского было установлено содержание золота до 6,0 г/т. В 1950 г., при проведении здесь поисковых работ, первой же канавой была вскрыта кварцевая жила, получившая название жила Васильевская-I. В этом же году она была разведана канавами на протяжении 540 м.

В дальнейшем на этом месторождении были сосредоточены основные объемы геологоразведочных работ, включая подземные горные выработки и бурение.

За период с 1950 по 1958 гг., включительно на площади 12 кв. км, было вскрыто с поверхности около 130 кварцевых жил, мощностью 0,3 м и более. Из них 25 жил прослежено канавами через 15-20 м по простиранию на длину 100-700 м, 40 жил разведано по простиранию канавами через 40-90 м и 65 жил было вскрыто канавами в единичных сечениях. Девять жил разведано до глубины 25 м шурфами 100-300 м скважинами колонкового бурения по сети 60-70х50 м. Наиболее детально была разведана самая крупная по запасам золота жила Васильевская-I. Она прослежена на поверхности канавами через 10-20 м, вскрыта и разведана по простиранию штреками и ортами, пройденными через 10-20 м, на глубинах 25, 50 и 100 м от поверхности. До глубины 320 м, в пределах промышленной части, жила была разведана скважинами по сети 100-50х50 м.

Ко времени открытия месторождения геологическая изученность района оставалась слабой и не носила систематический характер. Представления о геологическом строении месторождения и условиях золотоносности основывались на положениях о стратиграфии, петрологии и металлогении Южной части Енисейского округа, изложенных в труде А.К. Мейстера в 1910 г., обобщающем его собственные исследования с 1898 г. по 1903 г., и работы предшественников, начиная с 1844 г.

В связи со слабой изученностью района месторождения, составленные при проведении геологоразведочных работ геологические карты верховьев рек Удерей и Боровая масштаба 1:25 000 и Васильевского месторождения масштаба 1:5000 являлись схематичными. Для стратиграфического расчленения толщи пород использована схема, принятая геологами Ангарской геологоразведочной экспедиции (АГРЭ) для площади поисково-съемочных работ масштаба 1:100 000, примыкающей с запада к Васильевскому месторождению (А.В. Лесгафт и др.,1954 г.). Само месторождение и территория к востоку от него в это время не были охвачены государственной геологической съемкой.

Первые опытно-экспериментальные геофизические и металлометрические работы на площади Васильевского месторождения проводились в 1955 году Енисейской партией под руководством А.Г. Шпилько и Н.И. Фурсина в составе Саянской экспедиции поискового отдела Московского института Нигризолото. Ими же выполнена геологическая съемка Васильевского месторождения масштаба

Таблица 3.56

Прогнозные ресурсы рудного золота Партизанского золоторудного узла

Золоторудная зона	Перспективный участок	Золотоносные формации	Прогнозные ресурсы кат. P_3, %
Герфед-Николаевская	Верховье р. Удерей	Золотоносной коры выветривания	8,4
	Боровой	-"-	8,4
	Ивановско-Токовиный	Золото-кварцевая (кварцево-жильный подтип)	16,8
	Митрофановский	Золото-сульфидная вкрапленная	8,4
	Индыглы	-"-	1,7
	Сухая Долина	Золото-грейзеновая	1,7
	Золотой		1,0
Васильевско-Удерейская	Ишимбинский	Золото-сурьмяно-сульфидная	2,5
	Торосовый	Золотоносные коры	1,7
Петропавловская	Алексеевский	Золото-кварцевая (кварц-прожилковый подтип)	3,3
	Петропавловский	-"-	8,4
	Тызинь	Золото-сурьмяная	2,5
	Верхне-Шаарганский		сурьма 40 тыс.т.
Верхне-Пенченгинская	Усть-Приютинский	Золото-кварцевая (кварцево-жильный подтип)	8,4
	Петропавловско-Ильинский	Золото-сульфидноая вкрапленная	5,8
	Куклянда	Золотоносных кор выветривания	0,8
	Северо-Петропавловский	-"-	0,8
Сергеевская	Сергеевский	Золото-кварцевая (кварц-прожилковый подтип)	11,6
	Александровский	Золото-сурьмяная сульфидная вкрапленная	сурьма 40 тыс.т.
Татарская	Верхне-Подголечный	Золотоносных кор выветривания	0,3
	Татарчукский	Золото-сульфидная прожилковая	0,8
		Золотоносных кор выветривания	0,3
	Сохатиный	Золото-сульфидная вкрапленная	1,7
		Золотоносных кор выветривания (бокситоносные отложения)	0,5
Коимбинская	Тепленький	Золото-сульфидная прожилковая	0,8
Всего			100

1:2 000. В результате работ этой партии составлена геологическая карта Васильевского месторождения масштаба 1:2 000 на площади 3,0 кв. км. Установлено и рекомендовано для проверки горными работами более 20 геофизических аномалий комбинированного электропрофилирования, сопротивления и проводимости по методу "ИЖ" и магнитометрии. Из всех видов аномалий стопроцентное подтверждение горными работами получили лишь аномалии сопротивления, четко фиксирующие кварцевые жилы.

По результатам выполненных в 1950-58 гг. на месторождении геологоразведочных, гидрогеологических, геофизических и научно-исследовательских работ составлен окончательный отчет с подсчетом запасов по Васильевскому золоторудному месторождению по состоянию на 1 января 1959 года (В.Г. Голубев, В.В. Лаврентьев и др., 1960 г.). Балансовые и забалансовые запасы составили по кат. $B+C_1+C_2$ по трем рудным телам (жилы Васильевская-I, II и IX): балансовые – 1764 тыс. т руды и 13099 кг золота; забалансовые – 1225 тыс. т руды и 2739 кг золота и утверждены ГКЗ СССР (протокол № 3144 от 22.09.1960 г.). Кроме того, в отчете приводится сводка геологических запасов кат. $B+C_1$ с непромышленным содержанием золота по отдельным жилам до глубины 25-100 м (жилы: Странная, III, V, VI, VIII, XI, XII, XIII, XVII). Общее количество запасов по этим рудным телам составило 365 тыс. т. руды и 922 кг золота при среднем содержании 2,5 г/т. Из утвержденных ГКЗ СССР балансовых запасов 94 % приходится на жилу Васильевская-I. По масштабу и сложности строения месторождение было отнесено ко II группе.

Таким образом, первый этап разведки Васильевского месторождения был завершен в 1960 г. К недостаткам этого периода изучения месторождения можно отнести: отсутствие кондиционной геологической карты района масштаба 1:50 000, схематичность геологических карт месторождения и рудного поля масштаба 1:2 000, 1:5000 и 1:25 000, низкую достоверность результатов буровой разведки, слабую геофизическую и геохимическую изученность месторождения и его флангов. Остались не выясненными технологические свойства первичных руд. При значительной концентрации горных и буровых пород в центральной части месторождения его фланги остались не изученными. Не установлена хотя бы в единичных пересечениях глубина распространения промышленного золотого оруденения. В связи с этим, прогнозная оценка месторождения в 30-40 т золота на площади в 12 кв. км представляется слабо обоснованной и не подтверждена геолого-геохимическими и другими факторами. В связи с этим, комиссией ГКЗ было рекомендовано продолжить геологическое изучение Васильевского месторождения и района с целью выяснения его перспектив.

С 1959 по 1973 год геологоразведочные работы на месторождении не проводились. Основные усилия геологов Ангарской ГРЭ в этот период были направлены на геологическое изучение района (государственная геологическая съемка масштаба 1:200 000 и 1:50 000), а также на поиски и оценку новых месторождений золота и других полезных ископаемых. На Васильевском месторождении геологоразведочные работы были возобновлены, начиная с 1974 года, сначала силами геологоразведочного отдела Северо-Ангарского рудника, а с 1977 г., организованной в составе экспедиции "Сибзолоторазведка" объединения "Енисейзолото", Северо-Ангарской геологоразведочной партией. С этого времени начинается второй этап геологического изучения Васильевского месторождения, продолжавшийся до 1991 года. В связи с весьма неравномерной изученностью месторождения работы проводились одновременно по нескольким направлениям:

- поисковые работы на западном фланге месторождения;
- поисково-оценочные работы на северо-восточном, северном и юго-западном флангах;
- предварительная разведка отдельных рудных тел в

пределах Центральной рудной зоны и юго-западного фланга Восточной рудной зоны.

Горные и буровые работы сопровождались геофизическими и геохимическими исследованиями как на поверхности, так и по скважинам, которые выполнялись Геофизической партией экспедиции "Сибзолоторазведка", сотрудниками Томского политехнического института, Красноярского филиала СНИИГГиМС и рядом других организаций.

С целью предварительной разведки была пройдена разведочная штольня № 2 на горизонте с абсолютной отметкой + 450 м, примерно соответствующему горизонту 100 м по жиле Васильевская-I. Центральную рудную зону штольня вскрывает на глубине 70-80 м от поверхности. С учетом ранее пройденных выработок, высота разведочного этажа составила 50-70 м. На горизонте штольни рудная зона вскрывалась вкрест простирания на всю мощность квершлагами в сочетании с горизонтальными скважинами через 40-50 м и в отдельных случаях через 100 м. Выявленные участки с промышленным оруденением прослеживались по простиранию и восстанию штреками и восстающими, из которых через 20-40 м вкрест простирания пройдены орты. По падению до глубины 200-300 м от поверхности рудные зоны изучались наклонными скважинами колонкового бурения по сети 100x100 и 100x50-60 м. В результате проведенных работ установлена слабая золотоносность как на поверхности, так и на глубину жил: XVII, XVII-Южная, Странная, Странная – бис ЮЗ фланга Восточной рудной зоны. Содержания золота по этим жилам на горизонте штольни №2 и ниже не превышают первых грамм на тонну и в среднем составляют от десятых долей (жилы XVII, XVII-Южная, Странная - бис) до 1,8 г/т (жила Странная). В то же время в пределах Центральной рудной зоны выявлено и оконтурено несколько слепых рудных тел с промышленными и забалансовыми содержания золота, которые на первом этапе разведки буровыми работами не были установлены. Этими работами установлено, что промышленные скопления золота в пределах Центральной рудной зоны образуют локальные, не большие по размерам, разобщенные участки.

Поисково-оценочным бурением выявлено промышленное оруденение на северо-восточном фланге жилы Васильевская-I за пределами развития подземных геологоразведочных выработок. Оруденение не выходит на поверхность и прослеживается на глубину до 500 м. Северо-восточный фланг жилы Васильевская I изучен наклонными скважинами по сети 80-120x50-150 м. Здесь жила образует две ветви, по которым оконтурены рудные тела I-1 и I-2. Получен прирост балансовых запасов кат. C_2. В целом, Восточная рудная зона прослежена на СВ профилями скважин через 100 м вплоть до кл. Степановского.

На юго-западном фланге жилы Васильевская I, буровыми работами также выявлено слепое оруденение с промышленным содержанием золота, прослеживающееся на глубину до 200-250 м от поверхности. В 20-50 м восточнее жилы Васильевская I в четырех разведочных линиях скважинами в интервале глубин 120-300 м вскрыто слепое рудное тело I-А.

Единичными скважинами юго-восточнее и северо-западнее жилы Васильевская I пересечены зоны окварцевания и вкрапленной сульфидной минерализации с маломощными кварцевыми жилами (зоны рассеянной минерализации), ориентированные параллельно основной жиле. Мощность их варьирует от 1-2 до 50 м. Содержание золота в единичных пробах от 1,0 до 3,8 г/т. Из-за малого количества пересечений не представляется возможным определить перспективы этого типа оруденения (Бычков А.Т., 1993 г.).

Поисковые и поисково-оценочные работы также были направлены на изучение северного и западного флангов месторождения, где до этого были проведены лишь незначительные объемы геологоразведочных работ с целью прослеживания с поверхности отдельных кварцевых жил. Северо-восточный фланг Центральной рудной зоны на поверхности вскрыт магистральными траншеями на полную мощность через 200-400 м на протяжении 700 м. По падению рудная зона прослежена до глубины 200-300 м профилями скважин наклонного бурения через 100-150 м. Траншеями на всем протяжении прослеживается несколько зон прожилкового окварцевания и сульфидной минерализации. С глубиной мощность и интенсивность окварцевая и сульфидизации возрастает и появляются кварцевые жилы. По данным опробования канав и скважин в выделенных зонах постоянно отмечаются повышенные содержания золота, однако, проб с промышленным содержанием золота не установлено.

Западный фланг месторождения (Западная и Фединская рудные зоны) изучены с поверхности магистральными траншеями, пройденными в центральной части Западной рудной зоны через 100-250 м. Северо-восточный фланг зоны в районе жилы III вскрыт одной траншеей. Фединская рудная зона прослежена двумя траншеями через 450 м. На глубину до 300 м рудные зоны прослежены профилями скважин, заданными вкрест простирания через 200 м в центральной части, и через 300-400 м на флангах. В результате проведенных работ в пределах Западной рудной зоны выделено 12 рудных тел с балансовыми и 13 рудных тел с забалансовыми содержаниями золота. Все промышленные рудные тела являются слепыми. По Фединской рудной зоне выделено 5 рудных тел с забалансовыми содержаниями золота. В связи с редкой сетью геологоразведочных выработок и небольшими размерами рудных тел, оценка промышленной золотоносности Западной рудной зоны ограничивается прогнозными ресурсами золота по кат. P_1. В целом, по месторождению, в результате геологоразведочных работ второго этапа, запасы золота промышленных категорий увеличились на 57 %. Прогнозные ресурсы золота кат. P_1 оцениваются в 11 тонн (Палиенко, 1999 г.). Объемы основных видов геологоразведочных работ приведены в таблице 3.57.

Геологоразведочные работы сопровождались геофизическими исследованиями и геохимическим опробованием. В 1975 г. на площади месторождения Енисейская партия под руководством В.В. Бобыкина проводила картирование зон развития золоторудных жил и зон сульфидной минерализации с применением дипольного электропрофилирования, метода естественного электрического поля (ЕП), метода вызванной поляризации по сети 400x20 м. Выделены две высокоомные зоны – северо-западная и юго-восточная. Установлено, что в золоторудных зонах аномалии $\eta_k\rho_k$ в плане совпадают с вторичными ореолами рассеяния мышьяка и золота. Зонами пониженных значений ρ_k в юго-восточной части картируются участки интенсивного дробления и рассланцевания (Бобыкин и др., 1975 г.). В 1979-82 гг. геофизической партией экспедиции "Сибзолоторазведка" под руководством Е.Л. Ковалевой на площади Урало-Васильевского рудного поля выполнен комплекс методов включающий: электропрофилирование в модификации срединных градиентов (ЭП-СГ) по сети 100x10 м на площади 39,2 кв. км и по сети 50x5 м на площади 2,5 кв. км; магнитометрию с использованием квантового магнитометра М-33 по сети 50x5 м (2,5 кв. км).

Все рудные зоны четко выделяются на схеме интерпретации геофизических аномалий и прослеживаются в юго-западном и северо-восточном направлениях далеко за пределы выходящих на поверхность кварцево-жильных

зон. Характер аномалий указывает на наличие большого количества слепых кварцевых жил, а также на наличие, помимо кварцевых жил, зон интенсивной сульфидной минерализации в пределах Фединской и Западной рудных зон (Палиенко, Ковалева, 1987 г.).

В большинстве скважин проведены геофизические исследования, показывающие, что кварцевые жилы и зоны окварцевания выделяются по аномально низким значениям естественной радиоактивности при одновременном повышении кажущегося удельного сопротивления.

Помимо скважин измерения естественной радиоактивности проводились в подземных горных выработках в процессе их документации и опробования. Специальные работы по оценке общей радиоактивности пород и жильных зон выполнены геофизическим отрядом КФ СНИИГГиМС под руководством Ф.Б. Бакшта в 1982-83 гг. с использованием гаммаспектрометра СП-4. Замеры проведены в подземных горных выработках с шагом от 1 до 20 м. Установлено, что повышенные значения радиоактивности имеют торий-калиевую природу и связны с наличием серицита и калиевых полевых шпатов (Бакшт, 1984 г.).

Значительный вклад в изучение Васильевского месторождения внесли сотрудники Томского политехнического института (ТПИ) А.М. Сазонов, А.А. Ананьев, В.А. Сараев и др., выполнявшие договорные работы по теме: "Петрографические, минералогические, геохимические и структурные критерии золотого оруденения Урало-Васильевского рудного поля". На основе проведенных ими полевых и лабораторных работ и обобщения имеющихся по месторождению и району результатов геологических, геохимических и геофизических исследований, впервые составлены детальные геологические и геохимические карты, планы и разрезы, выделены рудоконтролирующие структуры и факторы локализации рудных тел, минеральные ассоциации и стадии рудообразования, показано наличие минералогической и геохимической зональности рудных тел и месторождения, в целом, дана перспективная оценка рудного поля. По комплексу геологических, геофизических и геохимических признаков выделены перспективные участки для постановки геологоразведочных работ (Сазонов и др., 1980 г.).

В разное время вопросами литологии пород и минералообразования на месторождении занимались сотрудники КФ СНИИГГиМС (ныне КНИИГиМС) Л.В. Ли, Г.Н. Бровков, КГАЦМиЗ и ряд других исследователей. Ими предложены свои варианты литологического расчленения пород и стадийности минералообразования.

В 1991 г., в связи с прекращением централизованного финансирования геологоразведочных работ и отсутствием других финансовых источников, все работы на месторождении были свернуты.

Несмотря на длительный период его изучения и большой объем выполненных геологоразведочных и научно-исследовательских работ, месторождение осталось недоразведанным. Это, в первую очередь, касается изученности Западной и Фединской рудных зон, где поисковыми работами рудные тела вскрыты лишь в единичных пересечениях, а также юго-западного, южного и северного флангов месторождения, хотя последние по данным геофизических и геохимических исследований являются перспективными на выявление новых рудных тел. Последнее подтверждается геохимическими поисками 1980-1983 гг., проведенными Ангарской геологоразведочной экспедицией (Скороделов, 1983 г.). При проверке геохимических аномалий единичными канавами и скважинами выявлены три золотоносных участка: на юго-западном фланге участок Ново-Васильевский с суммарными прогнозными ресурсами золота 12,4 т, на северном – Северный с ресурсами 6,3 т, на южном – Южный с ресурсами 4,4 т. Преобладающий тип руд на этих участках – золото-кварцевый (Лисин, Мазур, 2000).

Остались не изученными технологические свойства первичных руд, не проведено технологическое картирование руд. Валовая проба, отобранная Герфедской экспедицией на гор. 100 м по жиле Васильевская-I из первичных руд и валовые пробы, отобранные Северо-Ангарской ГРП на гор. 450 м по рудным телам II-2, IX и IX-2, также остались не исследованными.

Не проведен в достаточном объеме контроль буровых работ горными выработками, хотя основная часть запасов и ресурсы золота кат. P_1 подсчитаны по скважинам. По данным Северо-Ангарской ГРП (Бычков, 1993 г.) результаты заверки горными выработками 2-х наклонных и 4-х горизонтальных скважин показывают, что последние занижают содержание золота в 3,9 раза.

Не дано технико-экономическое обоснование основных параметров для оконтуривания балансовых и забалансовых запасов. Подсчет запасов, в том числе и разведанных в последние годы, выполнен по явно устаревшим кондициям 1959 г. и не учитывает современные экономические условия и прогресс, достигнутый в горном деле и обогащении руд.

Третий этап изучения Васильевского месторождения связан с началом его промышленного освоения, после того как в 1994 г. Закрытому акционерному обществу ЗАО "Васильевский рудник" была выдана лицензия на эксплуатацию Васильевского месторождения. По техническому заданию Рудника выполнено ТЭО и рабочий проект строительства и эксплуатации Васильевского рудника на базе разведанных запасов кат. $B+C_1+C_2$ с учетом прогнозных ресурсов кат. P_1 (Гиналмаззолото, 1993 г, Сибгипрозолото, 1994 г.). Проведены экологические исследования и инженерно-геологические изыскания под объекты строительства (КрасГИСИЗ, 1995 г). Выполнены лабораторные, укрупненные и полупромышленные технологические испытания первичных и слабоокисленных руд (ОАО "ИРГИРЕДМЕТ, 1993 г; Государственное НПО промышленной экологии "Казмеханобр", 1993 г; Красноярская государственная Академия цветных металлов и золота, 1997 г). Начата эксплуатационная разведка рудного тела – 1. В 2006 г. начата промышленная эксплуатация месторождения, добыто более 1 т золота.

Таблица 3.57

Объемы основных видов геологоразведочных работ, выполненных на Васильевском месторождении

Виды работ	Един. измер.	Объемы работ		Всего
		I этап, Герфедская экспедиция треста "Енисейзолото" 1950-1958	II этап, Северо-Ангарская ГРП, экспедиция "Сибзолоторазведка" 1974-1990	
1. Разведочные канавы и траншеи	$м^3$	37990	141442,7	179432,7
2. Подземные горные выработки (шурфы, шахты, гезенки, восстающие, горизонтальные выработки)	м	5018	6660,6	11678,6
3. Механическое колонковое бурение	м	11839	69166	81005
4. Отбор валовых проб	тонн	25	929	954

Геолого-структурная позиция месторождения

Структура Васильевского месторождения определяется его приуроченностью к юго-западному центриклинальному замыканию Васильевой синклинали. Границами изученной части месторождения являются: на северо-западе – сочленение СЗ крыла синклинали с антиклинальной складкой, а на юго-западе – Васильевский и на северо-востоке – Степановский дизъюнктивы. Южная граница проходит по Шаулконскому разлому. Названные дизъюнктивы совпадают по направлению с долинами одноименных водотоков. Площадь месторождения около 8 кв. км. Ядро синклинали сложено отложениями верхнеудерейской подсвиты (R_2ud_3), крылья – отложениями средне- и нижнеудерейской подсвит (R_2ud_2 и R_2ud_1).

Золотое оруденение приурочено, в основном, к верхней части нижнеудерейской подсвиты и к среднеудерейской подсвите. Оно связано с многочисленными разномасштабными кварцевыми жилами и жильными зонами различной морфологии, зонами окварцевания и сульфидизации пород (рис. 3.47).

Стратиграфия и литология

Осадочно-метаморфическая толща, слагающая площадь Васильевского месторождения, принадлежит к средней части разреза рифейского геосинклинального комплекса. Стратиграфическая позиция ее различными исследователями трактуется неоднозначно, в диапазоне от кординской (R_1kd) по погорюйскую (R_3pg) свиты сухопитской серии (табл. 3.58). Визуальная однотипность пород и многократное переслаивание близких по составу и строению литологических разностей затрудняет выделение и картирование стратиграфических подразделений. Поэтому почти всеми геологами при изучении разреза месторождения выделялись литолого-стратиграфические горизонты или пачки.

В период детальной разведки слагающие месторождение породы относились к образованиям удерейской и погорюйской свит (Голубев В.Г., Лаврентьев В.В., 1960 г.).

Отложения удерейской свиты (R_2ud) ограничивались нижним горизонтом гидрослюдистых серицитовых сланцев. Ее разрез представляется следующим: в основании – сланцы гидрослюдисто-карбонатные серого и зеленовато-серого цвета. Выше по разрезу – сланцы кварц-серицитовые, гидрослюдистые и хлоритовые. В верхней части разреза появляются алевритовые разновидности сланцев.

Отложения погорюйской свиты, согласно залегающие на удерейской свите, подразделяются на две пачки: нижнюю – существенно песчанистых глинистых сланцев и верхнюю – глинистых сланцев. Мощности этих пачек определялись, соответственно, в 300-500 м и 300 м. Погорюйская свита является рудовмещающей.

В период после 1960 г. площадь Васильевского месторождения неоднократно попадала в контур геолого-съемочных работ различных исполнителей и, в связи с этим, изменялась и стратиграфическая принадлежность отложений, слагающих рудное поле. К тому же, практически у каждого из исполнителей, изучавших месторождение, появлялась своя версия литолого-стратиграфического подразделения слагающих пород как в разрезе, так и по площади.

Так, экспедицией Сибзолоторазведка условно выделено пять таких горизонтов (Палиенко Г.С. и др., 1999 г.). Три нижних горизонта отнесены к кординской свите, остальные два - к горбилокской свите. Ниже приводится их описание в направлении от юго-западной части рудного поля на северо-восток, т.е. снизу вверх по разрезу:

1. Глинистые сланцы темно-серые, массивные, участками четкослоистые. Слоистость тонкая, прямая и волнистая, обусловлена изменением цвета породы. Повсеместны прожилки кварц-карбонатного состава. В сланцах в виде мелких гнезд и линз отмечается пирит с размером кристаллов до 2 мм. Вскрытая мощность горизонта 120 м.

2. Алевролиты и алеврито-глинистые сланцы темно-серые и серые, слоистые. Слоистость тонкая, прямая и волнистая является следствием смены слоев различного гранулометрического состава. Отмечаются линзы окремненных пород и пиритизация в виде гнезд, линз и прожилков, согласных со слоистостью. Местами в алевролитах встречаются участки глинистых сланцев мощностью до 10-40 см. Отмечаются жилы кварца и прожилки кварц-карбонатного состава, занимающие по отношению к слоистости секущее положение. В них присутствуют пирит, хлорит и золото с содержанием до 1 г/т. Мощность горизонта 150-200 м.

3. Песчаники серые и светло-серые, слоистые. Слоистость прямая и волнистая, обусловлена чередованием слоев песчаников мощностью от 0,5 мм до 20 см с алевролитами и глинистыми сланцами, часто углистыми. Мощность слойков глинистых сланцев от нитевидных до 2-3 см. На отдельных участках слои песчаников занимают подчиненное положение. В этом случае мощность слоев алевролитов составляет 10-30 см. Горизонт характеризуется увеличением концентрации и мощности окварцевания. Кварцевые жилы, линзы и прожилки секут вмещающие породы и контролируются трещиноватостью. Сульфидная минерализация представлена пиритом и арсенопиритом в количестве до 5 %, которые распространены как в жильных образованиях, так и в и во вмещающих породах. Жильные зоны содержат золото в промышленных концентрациях. Мощность горизонта от 100 до 300 м.

4. Алевролиты и алеврито-глинистые сланцы темно-серые, тонкослоистые. Слоистость прямая и волнистая, обусловлена чередованием слоев различного гранулометрического состава и интенсивности окраски. Слойки представлены алевролитами, глинистыми сланцами и песчаниками. Выделяются слои мощностью до 10-20 м с преобладанием глинистых сланцев. Мощность горизонта от 30 м до 150 м в Центральной рудной зоне и до 250-300 м в Восточной зоне.

Горизонт насыщен кварцевыми жилами и зонами окварцованных пород. Присутствует сульфидная минерализация – как послойная, так и рассеянная вокруг кварцево-жильных образований. В нижней части горизонта в кварцевых жилах и жильных зонах присутствует золото в промышленных концентрациях.

5. Глинистые сланцы темно-серые, иногда черные и зеленовато-серые, массивные, неяснослоистые. На отдельных участках наблюдается их переслаивание с алевролитами, здесь же отмечаются линзовидные слойки серых песчаников. В виде вкрапленности, линзочек и гнезд присутствует сульфидная минерализация (пирит и арсенопирит). Она приурочена как к отдельным слоям, так и рассеяна вблизи кварцевых жил. Мощность горизонта до 400-600 м. В этом горизонте локализована основная часть промышленных руд месторождения. В Восточной рудной зоне в нем находится жила Васильевская I, в Центральной рудной зоне – верхняя часть жил зон II II-бис и IX.

Следует отметить, что заложенное в основу расчленения слагающих месторождение пород на литолого-стратиграфические горизонты различное количественное соотношение в них сланцев, алевролитов и песчаников, непостоянно. На площади месторождения эти различия существенно варьируют, что сильно затрудняет корреляцию горизонтов.

Впервые детальное описание разреза по месторождению было дано сотрудниками Томского политехнического института (Сазонов и др., 1980 г.). Ими по результа-

Таблица 3.58

Схема сопоставления литолого-стратиграфических подразделений, выделяемых на Васильевском месторождении

ГГС-50 1979 (Середенко Г.А. и др., 1979г)			Голубев В.Г., 1960г				Палиенко Г.С. и др., 1999г			Сазонов А.М. и др., 1980г		
Свиты	Подсвиты	Состав	Свиты	Состав		Мощн., м	Свиты	Состав	Мощн., м	Свиты	Состав	Мощн., м
Удерейская свита R_2ud	Среднеудерейская R_2ud_2	Кварц-хлорит-серицитовые кварц-серицитовые сланцы прослоями алевритово-глинистых сланцев. Средняя пачка R_2ud_2	Погорюйская свита $R_2\,ud_2$	Продуктивная толща	Верхняя пачка. Глинистые сланцы	300	Горбилокская свита PR_2gr	Горизонт 5. Глинистые сланцы, алевролиты	до 400-600	Горбилокская свита PR_2gr	Пачка 4. Алеврито-глинистые сланцы	40
											Пачка 3. Пористые гидрослюдистые глинистые сланцы	100
		Микрослоистые алевролиты, алевритово-глинистые. Нижняя пачка R_2ud_2									Пачка 2. Глинистые сланцы	110
					Нижняя пачка. Песчанистые глинистые сланцы, песчаники	300-500		Горизонт 4. Алевролиты, алевритово-глинистые сланцы	30-300		Пачка 1. Алеврито-глинистые сланцы	100
	Нижнеудерейская R_2ud_1	Серицитовые, кварц-серицитовые и алевритово-глинистые сланцы, алевролиты					Кординская свита PR_2kd	Горизонт 3. Песчаники, алевролиты, глинистые сланцы	100-300	Кординская свита, верхняя подсвита R_2kd_3	Пачка 6. Алеврито-глинистые, песчано-алеврито-глинистые сланцы, алевролиты, песчаники	80
			Удерейская свита $R_2\,ud_1$	Горизонт гидрослюдистых серицитовых кварц-серицитовых, хлоритовых глинистых сланцев. В верхах – алевритовые разности				Горизонт 2. Алевролиты, алевритово-глинистые и глинистые сланцы	150-200		Пачка 5. Алеврито-глинистые сланцы	76
											Пачка 4. Глинистые, алевритово-глинистые сланцы	30
											Пачка 3. Алевропесчаники, алевритово-глинистые сланцы	39
								Горизонт 1. Глинистые сланцы	120		Пачка 2. Глинистые сланцы	90

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Современные отложения. Аллювиальные галечники, пески супеси, суглинки поймы
- Верхне-четвертичные и современные отложения нерасчлененные. Аллювиальные галечники, суглинки, супеси, глины надпойменных террас.

Среднеудерейская подсвита R_2ud_2

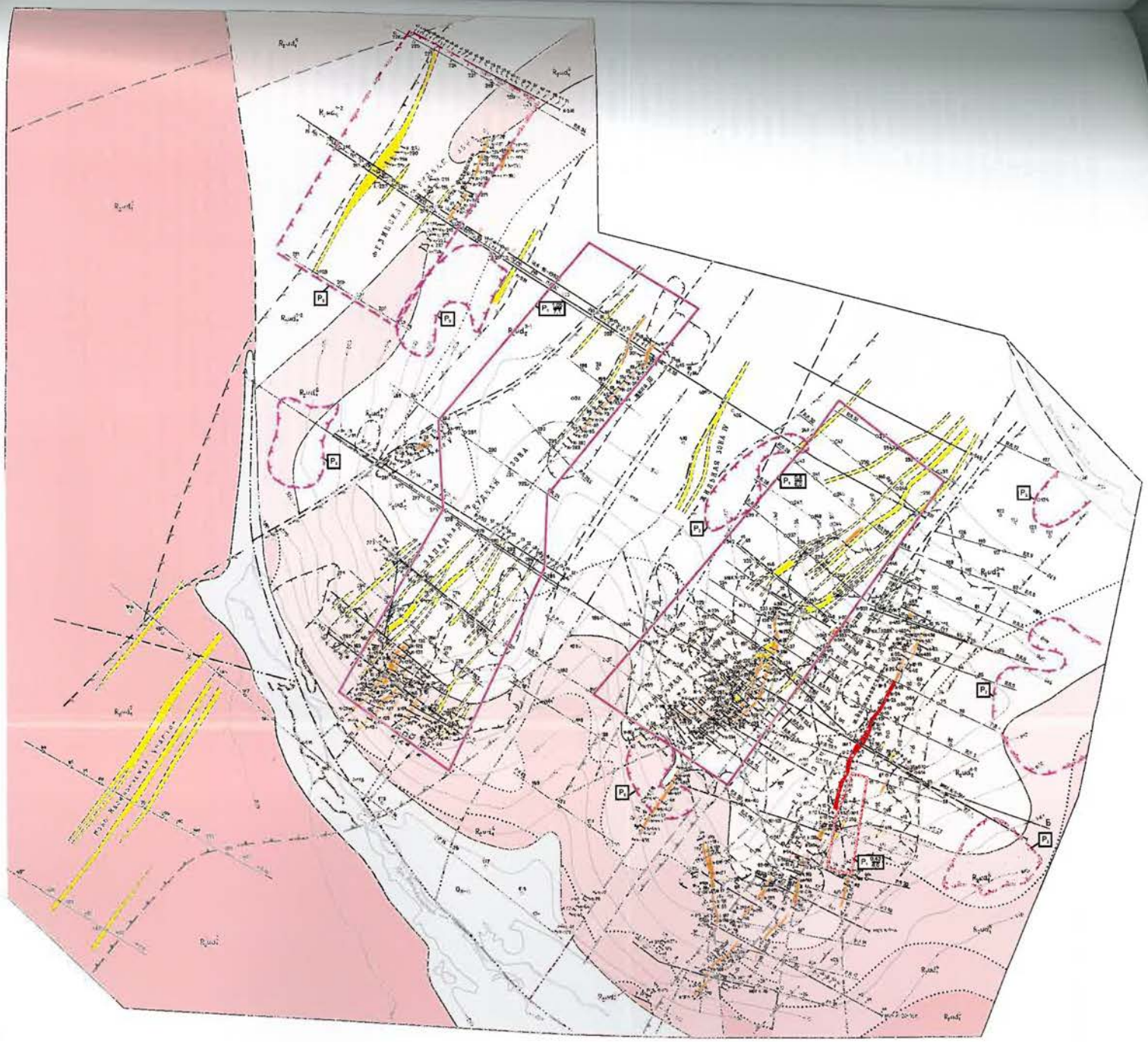
- Пачка 3-4. Филлитизированные карбонатно-глинистые, алеврито-глинистые, углисто-глинистые сланцы
- Пачка 1-2. Алеврито-глинистые, глинистые сланцы

Нижнеудерейская подсвита R_2ud_1

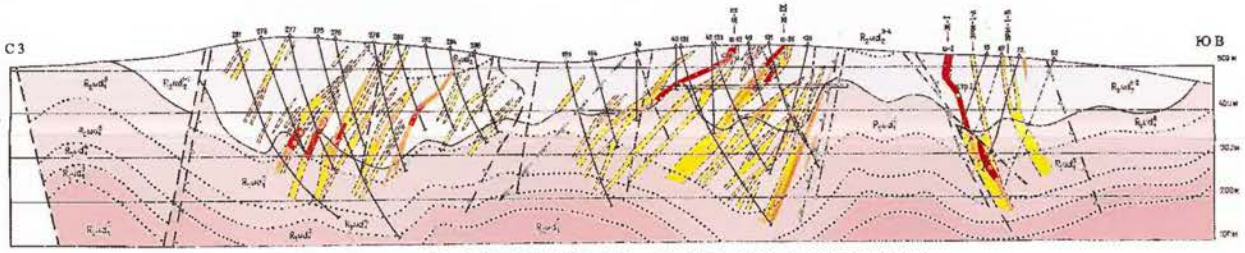
- Пачка 6. Песчаники, алевриты, алеврито-глинистые глинистые сланцы
- Пачка 5. Алеврито-глинистые, углисто-алеврито-глинистые сланцы
- Пачка 4. Глинистые сланцы
- Пачка 3. Алевропесчаники, углистые песчано-алеврито-глинистые сланцы, алеврито-глинистые сланцы
- Пачка 2. Глинистые, алеврито-глинистые сланцы, углистые глинистые и алеврито-глинистые сланцы

- Кварцевые жилы. Сокращения: ж - жила, ж. з. - жильная зона
- Участки жил и зон окварцевания с промышленными содержаниями золота
- Зоны окварцевания и сульфидной минерализации, зоны рассеянной сульфидной минерализации и окварцевания (ЗРМ)
- Геологические границы: 1 - между подсвитами; 2 - между пачками внутри подсвит
- Тектонические нарушения: 1 - установленные; 2 - предполагаемые под аллювиальными отложениями.
- Границы рудных зон
- Границы прогнозных участков (площадей совмещения 4-х признаков оруденения)
- Элементы залегания пород
- Разведочные выработки: 1 - скважины, 2 - шурфы, 3 - канавы и траншеи, 4 - шахты и их номера
- Разведочные линии и их номера
- Площади оценки прогнозных ресурсов по категории P_1. Числитель - руда, млн. т., знаменатель - золото, т.
- Площади оценки прогнозных ресурсов категории P_2. Суммарные прогнозные ресурсы: руда - 1.96 млн. т.; золото - 13.5 т.

Рис. 3.47. Геологическая карта Васильевского золоторудного месторождения (по материалам Г.С. Палиенко, составили С.С. Сердюк, Ю.Е. Коморовский)



РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ А-Б



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Современные отложения. Аллювиальные галечники, пески супеси, суглинки пойм

Верхне-четвертичные и современные отложения нерасчлененные. Аллювиальные галечники, суглинки, супеси, глины надпойменных террас.

Среднеудерейская подсвита R_1ud_2

$R_1ud_2^{3-4}$ Пачка 3-4. Филлитизированные карбонатно-глинистые, алевролито-глинистые, углисто-глинистые сланцы

$R_1ud_2^{1-2}$ Пачка 1-2. Алевролито-глинистые, глинистые сланцы

Нижнеудерейская подсвита R_1ud_1

$R_1ud_1^6$ Пачка 6. Песчаники, алевриты, алевролито-глинистые глинистые сланцы

$R_1ud_1^5$ Пачка 5. Алевролито-глинистые, углисто-алевролито-глинистые сланцы

$R_1ud_1^4$ Пачка 4. Глинистые сланцы

$R_1ud_1^3$ Пачка 3. Алевропесчаники, углистые песчано-алевролито-глинистые сланцы, алевролито-глинистые сланцы

$R_1ud_1^2$ Пачка 2. Глинистые, алевролито-глинистые сланцы, углистые глинистые и алевролито-глинистые сланцы

Кварцевые жилы. Сокращения: ж - жила, ж. з. - жильная зона

Участки жил и зон окварцевания с промышленными содержаниями золота

Зоны окварцевания и сульфидной минерализации, зоны рассеянной сульфидной минерализации и окварцевания (ЗРМ)

Геологические границы: 1 - между подсвитами; 2 - между пачками внутри подсвит

Тектонические нарушения: 1 - установленные; 2 - предполагаемые под аллювиальными отложениями.

Границы рудных зон

Границы прогнозных участков (площадей совмещения 4-х признаков оруденения)

Элементы залегания пород

Разведочные выработки: 1 - скважины, 2 - шурфы, 3 - канавы и траншеи, 4 - шахты и их номера

Разведочные линии и их номера

Площади оценки прогнозных ресурсов по категории P_1. Числитель - руда, млн. т., знаменатель - золото, т.

Площади оценки прогнозных ресурсов категории P_2. Суммарные прогнозные ресурсы: руда - 1.96 млн. т.; золото - 13.5 т.

Рис. 3.47. Геологическая карта Васильевского золоторудного месторождения (по материалам Г.С. Палиенко, составили С.С. Сердюк, Ю.Е. Коморовский)

там маршрутного картирования м-ба 1:10 000 и 1: 5000, документации сохранившегося керна скважин и разведочных канав на Васильевском месторождении выделено девять литолого-стратиграфических пачек. Нижние пачки со второй по шестую отнесены ими к верхней подсвите кординской свиты, а верхние четыре пачки – к породам горбилокской свиты. Такое стратиграфическое расчленение пород не увязывается с официально принятой стратиграфической схемой ГГС-50 1979 г. Анализ геологической карты м-ба 1: 50 000 и сопоставление литологического состава выделенных на Васильевском месторождении пачек со стратифицированными отложениями района позволяет отнести нижние пять пачек со второй по шестую к нижнеудерейской, а верхние четыре – к среднеудерейской подсвитам. С учетом корреляции геологический разрез по месторождению, (по А.М. Сазонову 1980 г.) выглядит следующим образом (снизу-вверх).

Нижнеудерейская подсвита (R_2 ud_1)

Пачка 2*. Сложена, в основном, серо-зелеными нитевидно- и неяснослоистыми глинистыми сланцами с незначительной примесью алевритового материала. Вскрытая мощность пачки 90 м. В верхах пачки сланцы приобретают темно-серую окраску и содержат значительное количество углистого вещества. Первые 25 м разреза содержат вкрапленность пирита и кварц-карбонатные прожилки. Отложения пачки картируются в юго-восточной части месторождения и вскрываются скважинами №№ 97-100.

Пачка 3. Переслаивание серых волнисто-нитевидно-слоистых углистых алевритопесчаников с серыми углистыми алеврито-глинистыми и глинисто-алевритовыми сланцами. Первые в разрезе преобладают. Мощность пачки 39 м. Отложения пачки выходят на поверхность в юго-восточной части месторождения и изучены по скважинам №№ 97-100, 102-104.

Пачка 4. Зеленые нитевидно-тонкослоистые, местами неяснослоистые глинистые сланцы. В нижней части разреза, в переходной части от пачки 3, сланцы содержат примесь алевритового материала и углистого вещества. Мощность пачки 30 м. Вскрыта на полную мощность скважинами в разведочных линиях 19 и 20, картируется в южной и юго-восточной части месторождения.

Пачка 5. Серые, серо-зеленые нитевидно-тонкослоистые алеврито-глинистые, глинисто-алевритовые, глинистые сланцы, иногда с углистым веществом. Спорадически отмечается кварц-карбонатное прожилкование и вкрапленность кристаллов пирита. Мощность пачки 76 м. Ее отложения развиты в южной и юго-восточной части месторождения, вскрываются скважинами разведочных линий 19 и 20.

Пачка 6. Переслаивание серых тонкослоистых углистых алеврито-глинистых, песчано-алеврито-глинистых сланцев, серых мелкозернистых песчаников и алевролитов. Мощность отдельных слоев от долей метра до 12-15 м. Мощность пачки 86 м. Ее полный разрез вскрыт скважинами разведочных линий 19, 20, 21.

Среднеудерейская подсвита (R_2 ud_2)

Пачка 1. Серо-зеленые, серые тонко- и неяснослоистые алеврито-глинистые и глинисто-алевритовые сланцы. Отложения пачки вскрыты скважинами разведочных линий 21 и 22. Мощность до 100 м.

Пачка 2. Серые, серо-зеленые, зеленые неяснослоистые, нитевидно-слоистые глинистые сланцы. Часто наблюдается тонкая плитчатость. Мощность пачки до 110 м. Вскрыта скважинами разведочной линии 22.

Пачки 1 и 2 соответствуют нижней пачке среднеудерейской подсвиты ($R_2ud_2^1$) (по Г.А. Середенко, 1979).

Пачка 3. Серо-зеленые, серые пористые гидрослюдистые глинистые сланцы. Отложения пачки картируются в северной части месторождения. Скважинами разведочных линий 2-8 вскрыта нижняя часть пачки. Мощность пачки по геолого-структурным построениям – до 100 м.

Пачки 3 и 4 соответствуют средней пачке среднеудерейской подсвиты (R_2ud^2) месторождения, принадлежит к средней части разреза рифейского геосинклинального комплекса. Стратиграфическая позиция ее различными исследователями трактуется неоднозначно, в диапазоне от кординской (R_1kd) по погорюйскую (R_3pg) свиты (по Г.А. Середенко, 1979).

Пачка 4. Чередование серых, зеленовато-серых неяснослоистых и тонкослоистых алеврито-глинистых сланцев. Ее отложения закартированы в правом борту руч. Степановского в северо-восточной части месторождения. Мощность вскрытой части пачки 40 м.

Кварцевые жилы приурочены к отложениям от верхов нижнеудерейской подсвиты (пачка 6) и выше, до конца разреза. Основное их количество локализуется в пачках 1 и 2 среднеудерейской подсвиты.

Большое место в исследованиях Томского политехнического института (ТПИ) уделено подтверждению принадлежности удерейских образований Васильевского месторождения к флишевой формации. Установлено, что элементарные ритмы имеют следующий полный профиль (снизу вверх):

1. Песчано-алеврито-глинистые сланцы.
2. Глинисто-алевритовые сланцы.
3. Алеврито-глинистые сланцы.
4. Глинистые сланцы.
5. Комковатые аргиллиты.

Выделено 4 типа элементарных ритмов по полноте профиля и 5 типов ритмов по мощности. Преобладают ритмы с отсутствием подэлемента 1 «песчано-алевритоглинистые сланцы» мощностью от первых см до 20 см.

В ритмических элементах высоких порядков выделены ритмопачки и ритмосвиты. Сделан вывод, что подразделения стратиграфической и ритмической шкал не сопоставляются.

Ниже приводится петрографическое описание основных разновидностей пород разреза, составленное по материалам Томского политехнического института:

Нижнеудерейская подсвита (R_2ud_1)

Пачка 3. Алевропесчаники серые, линзовидно-волнистые, нитевидно-слоистые. Порода характеризуется чередованием светлых слойков алевропесчаника, редко превышающих по мощности 1-1,5 мм и нитевидных единичных и сгруппированных в пачки углисто-глинистых слойков. Углисто-глинистый материал облекает невыдержанные по мощности, часто линзовидные слойки алевропесчаника, отдельные обломки кварца, гидрослюды. Наблюдается микроплойчатость, вызванная развитием густой сети трещин кливажа. Эта морфологическая особенность углисто-глинистых слойков придает породе линзовидно-волнистую текстуру.

В составе породы принимают участие три типа слойков:

- преимущественно кварцевого состава с примесью гидрослюды (до 2-5 %) и хлорита;
- хлорит-кварц-гидрослюдистые, с примерно равным соотношением кварца и гидрослюды, незначительной примесью хлорита и густой пылевидной сыпью глинистых частиц;

* Номера пачек соответствуют принятым Томским ПИ. Отложения пачки 1 на площади месторождения не вскрыты.

- углисто-гидрослюдистые, почти непрозрачные под микроскопом. На фоне непрозрачной массы выделяются округлые комочки агрегатов гидрослюды и зерен кварца.

Состав породы преимущественно кварц-гидрослюдистый.

Зерна кварца имеют обычно изометричную форму, их размер 0,02-0,1 мм. Иногда отмечаются линзы гранобластического агрегата кварца. Гидрослюда присутствует в двух разновидностях. В межзерновом агрегате кварца отмечаются листочки прозрачной зеленоватой гидрослюды, слабоориентированные по сланцеватости породы. Вторая разновидность представлена комочками агрегатов гидрослюдистых минералов размерами от 0,02 мм и более. Хлорит обычно присутствует в виде чешуек, выступающих как порфиробласты на фоне основной ткани. Чешуйки ориентированы по сланцеватости. Обычным является срастание пакетов хлорита и гидрослюды. Количество хлорита в породе не превышает 5 %. Углистое вещество находится в виде крапа по гидрослюде и в виде пленок по трещинам кливажа. В единичных зернах присутствуют альбит и турмалин. Вблизи кварцевых жил и в зонах трещиноватости порода импрегнирована сульфидами, главным образом пиритом, и пронизана сетью прожилков кварц-карбонатного состава. По зальбандам прожилков обычно развиты розетки и радиально-лучистые агрегаты хлорита. Повсеместно присутствуют округлые и ромбовидные порфиробласты сидерита.

Сланцы углистые глинисто-алевритовые. Породы имеют темно-серую окраску и слабо выраженную слоеватость, обусловленную ориентированным расположением линзочек более светлого цвета. Границы между слойками четкие, но неровные. Выделено три типа слойков:

- слойки, интенсивно насыщенные линзочками, занимающими до 50 % от площади поперечного среза. Мощность слойков 5 мм;

- слойки с количеством линзочек 10-15 %, размеры линзочек значительно меньше, чем в предыдущем типе. Мощность слойков 8-9 мм;

- слойки сложенные относительно равномернозернистым материалом со спорадически встречающимися мелкими линзочками. Мощность 4-5 мм.

Состав породы преимущественно кварц-гидрослюдистый. Углистое вещество распределяется в виде густой точечной сыпи в межзерновом пространстве и крапа по гидрослюде. Линзочки характеризуются повышенным содержанием в них зерен кварца угловатой формы и более чистой, чем в основной ткани, гидрослюдой. Количество углистого материала в межзерновом пространстве агрегата, слагающего линзочки, также понижено. В виде незначительной примеси присутствуют альбит и хлорит. Последний хорошо определяется в порфиробластах обычно овальной формы и обнаруживает явный идиоморфизм по отношению к кварцу и гидрослюде. Сланцы содержат порфиробласты кальцита с многочисленными включениями кварца и гидрослюды. Содержание кальцита в породе достигает до 15 %.

Пачка 5. Сланцы алеврито-глинистые, серо-зеленой окраски, нитевиднослоистые. Нитевидные слойки группируются в пачки темного и светлого цвета, мощность их 2-5 мм. Слойки, как правило, прерывистые, но хорошо прослеживаются. За счет развития микротрещиноватости, кливажа и невыдержанной мощности слойков образуется слабая волнисто-линзовидная текстура породы.

Состав породы преимущественно гидрослюдистый, с примесью хлорита в порфиробластах и в основной ткани в количестве до 10-15 %. Обломочный материал алевритовой размерности представлен зернами кварца угловатой и слабо окатанной формы, которые вместе с гидрослюдой образуют светлые слойки в сером хлорит-гидрослюдистом агрегате. Постоянно присутствует кальцит в виде округлых порфиробластов в количестве 1-3 %. Вокруг этих порфиробластов отмечается гидрослюда чуть большей размерности, чем в основной ткани. В очень редких случаях в породе наблюдаются линзочки гранобластического кварца, в которых отмечаются листочки гидрослюды, ориентированные поперек слоистости.

Сланцы глинисто-алевритовые, нитевидно- и тонкослоистые. Порода характеризуется чередованием слойков серо-зеленого и светло-зеленого цвета. Мощность слойков изменяется от нитевидных до 1,5 мм. Серо-зеленые слойки обычно имеют меньшую мощность, чем светлые. Последние имеют невыдержанную мощность с выклиниваем, раздувами линзовидной формы.

Состав породы кварц-хлорит-гидрослюдистый. Гидрослюда отмечается в трех разновидностях. Первая разновидность наиболее чистая, с незначительной примесью пылевидных частиц, и слагает светлые слойки. Чешуйки гидрослюд хорошо оформлены, но не имеют строго определенной ориентировки. Вторая разновидность слагает серо-зеленые слойки, образует спутанно-волокнистый агрегат с общей ориентировкой зерен по слоистости породы, содержит большое количество непрозрачных глинистых частиц. Третья разновидность гидрослюды представлена округлыми агрегатами (комочками) и развита в пределах серо-зеленых слойков. Хлорит в породе присутствует в трех разновидностях. Первая, совместно с гидрослюдой первой и второй разновидностей, слагает основную ткань породы. Вторая разновидность хлорита в виде порфиробластов овальной формы выступает на фоне основной ткани. Третья разновидность хлорита совместно с гидрослюдой третьей разновидности образует комочки. Почти всегда наблюдается срастание хлорита с гидрослюдой. Содержание кварца в породе не превышает 10-15 %. Его обломки имеют слабо окатанные очертания и погружены в хлорит-гидрослюдистый агрегат. Распределение его неравномерное. Иногда отмечается бластозный рост минерала, в результате чего образуются линзы и изометричные агрегаты гранобластического кварца. В виде единичных зерен в сланцах присутствует альбит.

Сланцы глинистые, тонкослоистые, серо-зеленой окраски. Слоистость равномерная, мощность слойков 5-8 мм, друг от друга они разделяются темно-серыми полосами. Структура тонкозернистая пелитоморфная. Основная ткань породы представлена хлорит-гидрослюдистым агрегатом. Хлорита в 3-4 раза меньше, чем гидрослюды. На фоне основной ткани выделяются ромбовидные порфиробласты сидерита и доломита (до 1-3 %), овальные чешуйки хлорита (1-3 %) и листочки гидрослюды (до 1 %). Изредка отмечаются обломки кварца и альбита алевритовой размерности. Сланцы разбиты густой сетью микротрещин кливажа, по которой хлорит-гидрослюдистый агрегат смят в микроскладки.

Пачка 6. Песчаники кварцевые, мелкозернистые. Имеют серую и зеленовато-серую окраску. В разрезе встречаются в виде прослоев и линз мощностью до 10-20 м. Текстура слоистая, образованная редкими, через 10-50 см по мощности нитевидными слойками углисто-глинистого материала. Как правило, углисто-глинистые слойки сгруппированы в серии из 3-8 слойков, расстояние между которыми 0,5-1 мм. На свежих сколах на плоскостях слоистости видны чешуйки мусковита.

Основная ткань породы представлена гранобластическим агрегатом кварца с редкими округлыми зернами железистого карбоната, который иногда вместе с глинистым

веществом цементирует псаммитовый агрегат. Редкие чешуйки серицита ориентированы параллельно слоистости породы. Часто отмечаются мелкие кристаллы пирита, локализованного в гранобластическом агрегате кварца вблизи углисто-глинистых слойков. Глинистые прослои обычно собраны в микроскопические угловатые складки с разрывом сплошности слойков в участках перегибов. Песчаные прослойки в участках развития углисто-глинистых слойков будинированы и облекаются тонкочешуйчатым агрегатом слюд, образуя свилеватую структуру.

Сланцы песчано-алеврито-глинистые, углистые, ритмично-тонкослоистые. Цвет породы от светло-серого до темно-серого, в зависимости от количества углистого вещества. Характерной чертой породы является ритмическая слоистость. Строение слойков двухчленное или трехчленное. При двухчленном строении два слойка образуют пару, в которой нижний слоек более грубозернистый. При трехчленном строении нижняя часть песчаная, песчано-алевритовая, светло-серого цвета. Состоит из кварца псаммитовой и алевритовой размерности с примесью серицита. Далее по наслоению появляется примесь карбонатного и углисто-глинистого материала. Размер зерен в среднем слойке алевритовый. Третий слоек темный, до черного, углисто-глинистый. В породах, примыкающих к кварцевым жилам, в светлых слойках наблюдается сыпь кристаллического пирита, иногда зерна пирита образуют линзы и гнезда.

Среднеудерейская подсвита (R_2ud_2)

Пачка 1. Сланцы глинисто-алевритовые, тонкослоистые, серо-зеленой и зеленовато-серой окраски. Мощность слойков изменяется от 1 мм до 1,5-2 см. Слойки образуют ритмично построенные чередования светлых алевритовых и темных глинистых слойков. Под микроскопом наблюдается чередование полос, состоящих из гранобластического агрегата кварца с меньшими по мощности полосками слюдистого агрегата. Переход между ними постепенный. Кварцевые слойки содержат ксеноморфные зерна карбоната.

Сланцы алеврито-глинистые, серого и зеленовато-серого цвета. Характерно чередование неясно-слоистых и тонкослоистых разностей. Мощность первых 20-40 см, вторых 5-10 см. В нижней части слойков порода имеет алевритовую размерность, в верхней части становится более тонкозернистой. Повсеместно отмечаются участки с нарушением слоистости.

Пачка 2. Сланцы глинистые, неяснослоистые, зеленовато-серого и зеленого цвета. Текстура пород слоеватая, обусловлена редкими пачками чередующихся слойков различной окраски. Некоторые участки имеют линзовидную текстуру. Границы линз обычно неровные, их размеры в среднем 3-6 см×10-20 см. Иногда в породе встречаются пятна углистого вещества, согласные наслоению. Основная масса породы состоит из гидрослюдистого агрегата, содержащего до 25 % хлорита. Встречаются редкие ксеноморфные зерна кварца псаммитовой и алевритовой размерности. Иногда проявляются порфиробласты идиоморфного сидерита и мусковита.

Комковатые аргиллиты. Эти породы часто встречаются в глинистых сланцах в виде линзовидных тел. Наиболее обычны линзы с размерами по простиранию до 1 м и поперечным сечением 105 см. Расположены линзы по удлинению вкрест простирания пород. По сравнению с окружающими сланцами имеют более светлый цвет. Характерной чертой является их псевдоконгломератовая или комковатая текстура. Комочки имеют яйцевидную форму и размер до 1 см в поперечнике. Состоят из микроскопического агрегата гидрослюды. На поверхности, в зоне выветривания, по границе комков развиты гидроокислы железа. Порода иногда содержит примесь равномерно распределенного железистого карбоната. В трещинах комков часто отмечаются гранобласты кварца.

Пачка 3. Сланцы гидрослюдистые, пористые. Неясно-слоистые породы зеленого и зеленовато-серого цвета. Характерной особенностью сланцев является пористость. Иногда отмечается полосчатость, обусловленная чередованием разностей сланцев с большим или меньшим количеством пор. Под микроскопом наблюдается слагающий основную массу тонкий гидрослюдистый агрегат параллельно-сланцеватой структуры с обильными, до 15-50 % от объема, порами. Они равномерно распределены в породе и имеют, в основном, округлые очертания. Размер пор около 1 мм. Они или свободны, или выполнены бурым лимонитом. Скорее всего, поры являются бывшими порфиробластами железистого карбоната. Порода содержит редкие мелкие порфиробласты мусковита и зерна кварца. Иногда наблюдаются линзочки и полосы кварца, образующего мозаичный агрегат.

Литологические особенности пород Васильевского месторождения изучались также сотрудниками Красноярского филиала СНИИГГиМСа (ныне КНИИГиМС) (Ли Л.В. и др., 1983 г.). Объектом исследований являлась основная часть рудовмещающей толщи, соответствующая литолого-стратиграфическим горизонтам 3, 4 и 5, выделенным Сибзолоторазведкой. Учитывая невыдержанность строения горизонта 4 (алевролиты и алеврито-глинистые сланцы) и отсутствие его четких границ с вышележащим горизонтом 5 (глинистые сланцы), данный интервал разреза был выделен в качестве единой пачки. Таким образом, СНИИГГиМСом предложено двухчленное строение рудовмещающей толщи с выделением двух пачек: нижней – разномасштабно-ритмично-слойчатой сланцево-алевролитовой соответствующей верхам нижнеудерейской подсвиты и верхней – разномасштабно-слойчатых алевритистых сланцев, относящейся к среднеудерейской подсвите. Ими дано более детальное петрографическое описание указанных отложений.

Пачка сланцево-алевролитовая, разномасштабно-ритмично-слойчатая имеет существенно алевролитовый состав (в основном 60-75 %, реже 45-60 %) и характеризуется широким развитием контрастной тонкой, мелкой и средней слойчатости. Толщина слойков, соответственно, до 1 мм, 1-2,5 мм и 2,5-5 мм. Наибольшая мощность компактных пакетов слойков алевролитов, разобщенных лишь глинистыми пленками, составляет 20-25 мм и обычно не превышает 50 мм.

Алевролиты мелко-среднезернистые, среднезернистые, реже крупно-среднезернистые. Состав пород, в основном, полевошпат-кварцевый, с содержанием полевых шпатов 10-16 %, максимум до 25-28 %. Часто отмечаются мусковит и пакетные сростки пластинок мусковита и хлорита. Цемент пленочный и частью регенерационный хлорит-серицит-кварцевый. Как правило, присутствуют анкерит и сидерит. Анкерит нередко образует пойкилобласты и заметно более крупный, чем сидерит. Спорадически развит железистый доломит. Содержание железистых карбонатов варьирует в пределах 3-15 %, достигая иногда 20-30 %. Постоянны единичные кристаллы аутигенного зеленого турмалина, мелкие агрегатные сростки рутила, анатаза и лейкоксена. Спорадически встречаются игольчатый рутил и лейкоксенизированный ильменит. В алевролитах часто отмечается мелкий (0,5-1 мм) кубической формы пирит, его обычное содержание 1-3 %, редко до 20 %. Вокруг более крупных кристаллов пирита развиты оторочки, сложенные серицитом, хлоритом и кварцем.

Сланцы являются второстепенным членом рассмат-

риваемой пачки, но на отдельных участках их количество возрастает до равных с алевролитами соотношений, вплоть до преобладания. Породы темно-серые и черные, характерна слоистость, образованная слойками толщиной от долей мм до 5 мм. Среди сланцев присутствуют алевритовые разности, содержащие алевритовую фракцию в количестве 25-40 % и иногда переходящие в глинистые алевролиты. Состав пород хлорит-серицитовый, со значительной примесью светло-зеленого железисто-магнезиального хлорита и весьма небольшой – парагонита. Практически постоянно встречаются рассеянный мелковкрапленный сидерит и анкерит, количество которых иногда достигает 15-20 %. Железистые карбонаты часто замещаются серицитом, кварцем, хлоритом, пиритом. Присутствуют мельчайшие сростки титановых минералов. Отмечаются рассеянные кубические кристаллы пирита алевритовой размерности. Их обычное содержание в породе 0,5-2 %, иногда достигает 15-18 %. Породы сланцевато-алевритовой пачки нередко секутся мелкими жилами и прожилками, сложенными преимущественно кварцем и анкеритом (реже сидеритом). К призальбандовым участкам обычно тяготеют светло-зеленый хлорит и пирит. В слойках глинистого состава наблюдается кливаж, плоскости которого, в основном, ориентированы под различными углами к слойчатости.

Пачка алевритистых сланцев, разномасштабно-слойчатых, слагает весь верхний интервал разреза рудовмещающей толщи. Слойчатость обусловлена различием гранулометрического состава, интенсивностью темной окраски, концентрацией мелкой вкрапленности железистых карбонатов. Цвет сланцев в канавах серый, зеленовато- и желтовато-серый, в керне скважин – темно-серый, до черного. Несмотря на близкую к черной окраску, сланцы бедны углеродом. Его обычные содержания 0,06-0,12 %, максимум 28 %. Литологическим фоном являются слабо алевритистые разности сланцев. Несколько менее распространены умеренно алевритистые сланцы с примесью терригенной фракции 10-15 %, а алевритовые сланцы являются как бы акцессориями и слагают мелкие прослойки и пакеты последних, спорадически появляющиеся на разных уровнях, особенно в нижней части разреза на юго-востоке. Их состав аналогичен алевролитам предыдущей пачки.

Состав пород хлорит-серицитовый, примесь хлорита значительна. Хлорит тонкочешуйчатый, светло-зеленый, железисто-магнезиальный. Рентгеновским анализом часто фиксируется небольшая примесь парагонита. Постоянно присутствует тонкая сыпь агрегатных сростков титановых минералов (лейкоксен, анатаз, рутил), изредка отмечается ильменит, замещенный лейкоксеном. Постоянен также мелкочешуйчатый мусковит. Практически по всему разрезу пачки в сланцах развита очень мелкая вкрапленность железистых карбонатов, среди которых преобладает сидерит. Менее распространен анкерит. Типовая размерность сидерита от 0,02 до 0,16 мм, обычно не более 0,25 мм. Анкерит несколько крупнее. При их совместном присутствии в породе сидерит образует раннюю генерацию. Железистые карбонаты слагают как автономные субромбоэдрические зерна, так и их сростки, в том числе каркасные (до 0,5 мм). Содержание железистых карбонатов в породе колеблется от первых процентов до 25-30 %, с переходом пород в сидеритовые мергели. Вблизи дневной поверхности сидерит и анкерит выщелочены, что обуславливает появление мелкой пористости. Доломит и, особенно, кальцит редки. Обычным является присутствие в сланцах мелкого (0,03-0,2 мм) кубического пирита. Отмечены единичные прослои с обильным пиритом, имеющим оторочки кварца, серицита, хлорита. В средней и верхней частях разреза пачки установлены горизонты хлоритоидсодержащих сланцев мощностью 25-30 и 35-40 м. Это алевритистые сланцы, тонко-мелко-слойчатые, содержат значительное количество пустот выщелачивания и псевдоморфоз серицита по железистым карбонатам. Основная масса пород хлорит-серицитовая, с небольшой примесью парагонита. Хлоритоид образует мелкие (0,007-0,01г0,1-0,16 мм) бесцветные пластинки, ориентированные бессистемно относительно слойчатости и кливажа. Его содержание в сланцах до 10-12 %. Глинистые сидериты (сидеритовые мергели) слагают маломощные седиментационно-диагенетические прослои среди сланцев, богатых вкрапленностью сидерита. У дневной поверхности они окрашены в бурые тона, на глубине – темно-серые. Обычна примесь хлорита. Как и в предыдущей, в описываемой пачке распространены секущие разномасштабные прожилки и мелкие жилы, в составе которых установлены кварц (обычно катаклазированный), анкерит, сидерит, доломит, хлорит, серицит, мусковит, пирит, сфалерит. Типичными являются прожилки кварцевые, анкерит-сидерит-кварцевые с хлоритом, хлорит-анкерит-кварцевые с пиритом и серицитом, хлорит-серицит-кварцевые. Преемственность состава этих прожилков с вмещающими породами очевидна. Прожилки и мелкие жилы, как правило, имеют четкие контакты с вмещающими сланцами.

Структура рудного поля

Складчатые дислокации

Выше, в разделе, уже говорилось, что основной, наиболее крупной складчатой структурой рудного поля Васильевского месторождения является одноименная синклиналь, относящаяся к брахиформному типу. Простирание оси синклинали северо-восточное по азимуту около 40° с ундуляцией по простиранию структуры. Осевая плоскость синклинали наклонена на северо-запад под углом 70-80°. В разрезе синклиналь имеет асимметричное строение. Породы юго-восточного крыла, вмещающего Васильевское месторождение, имеют более пологое падение, чем породы северо-западного крыла. Крылья складки осложнены пологой волнистостью как по простиранию, так и вкрест простирания структуры. Центральная зона складки осложнена более мелкой складчатостью второго, третьего и более высоких порядков, вплоть до плойчатости (если условно Васильевскую синклиналь считать структурой первого порядка). Складчатость второго порядка образована углистыми песчано-алеврито-глинистыми сланцами нижнеудерейской подсвиты. Форма складок различна – от открытых симметричных до изоклинальных, асимметричных. Осевые плоскости ориентированы внутрь синклинали с наклоном на запад юго-восточных складок и на восток – западных, под углами 50-80°. Наиболее крупные складки имеют размах крыльев до 200-300 м. Нижележащие и перекрывающие отложения относятся к более пластичным, существенно глинистым породам, в которых вышеназванные складки второго порядка затухают, амплитуда складок уменьшается. Меньшие по размерам складки с размахом крыльев от 100 и менее метров пространственно сопряжены с зонами дизъюнктивов северо-восточного простирания и хорошо выражены в Центральной и Западной рудных зонах. С дизъюнктивами северо-западного простирания связаны флексурные перегибы и асимметричные складки с размахом крыльев в 10-20 м. Плойчатость наблюдается почти повсеместно в глинистых породах, образующих мелкие складки второго и третьего порядков. Она представляет собой микроскладки волочения , возникшие в пачках слоистых пород в результате дифференциальных движений между соприкасающимися слоями. Такие микроскладки, в основном, асимметричны и их осевые плоскости

приблизительно параллельны осевой плоскости Васильевской синклинали (Сазонов и др. 1980).

Дизъюнктивные дислокации

Несмотря на довольно частую сеть геологоразведочных скважин и выработок, пройденных на Васильевском месторождении, дизъюнктивные элементы структуры месторождения изучены еще недостаточно. Наиболее детально они охарактеризованы в отчете Томского ПИ (Сазонов и др., 1980).

Выделяется следующие главные направления разрывных нарушений: северо-западное, северо-восточное, север-северо-западное, меридиональное и согласное простиранию слоистости. Зоны нарушений, как правило, проявляются дроблением, смятием пород, контролируются системами, мелких складок, вплоть до плойчатости и сопровождаются брекчиями, катаклазитами, милонитами и филлонитами. Разрывы северо-восточного и север-северо-западного направления оконтуриваются ореолами гематитизированных и лимонитизированных пород. В блоковых зонах нарушений отмечается развитие тонкоплитчатых сланцев.

Наиболее крупные разрывные нарушения северо-западного простирания картируются в пределах месторождения по ручьям Степановскому и Васильевскому и являются оперяющими по отношению к широтному Шаульконскому разлому. Степановский дизъюнктив, сечет породы, слагающие юго-восточное крыло Васильевской синклинали и прослеживается до осевой плоскости складки. Васильевский дизъюнктив, имеющий в начале северо-западную ориентировку, далее приобретает меридиональное простирание, наследуя направление слоев северо-западного крыла Васильевской синклинали. Эти нарушения делят рудное поле на три блока. Северный блок, Центральный блок, в котором сосредоточены все известные кварцево-жильные образования месторождения, и юго-западный блок, включающий рудную зону Ново-Васильевского участка, к настоящему времени слабо изученного. Северо-восточный блок также остается не изученным. Роль этих нарушений в процессах формирования золотого оруденения на площади месторождения не установлена. По характеру размещения золоторудных тел можно предположить, что Васильевский дизъюнктив является рудоподводящим каналом, по которому гидротермальные растворы поступали к рудовмещающим структурам.

Разрывы северо-восточного простирания распределены по площади рудного поля сравнительно равномерно. Эти нарушения являются основными рудовмещающими разрывными структурами месторождения. Протяженность их до 400-500 м, редко больше. Падение крутое северо-западное за исключением трещины, вмещающей жилу Васильевскую –1, которая меняет падение от северо-западного и вертикального на верхних горизонтах до юго-восточного на глубине. Кроме того, наиболее крупные дизъюнктивы этого направления разбивает месторождение на более мелкие блоки и разделяют Восточную, Центральную и Западную рудные зоны (рис. 3.48).

Разрывы север-северо-западного простирания, а некоторые и субмеридионального, развиты на площади Центральной и Восточной рудных зон. Падение их как северо-восточное, так и юго-западное под углами 30-60°. Они также являются рудовмещающими (жила XVII). По всей вероятности, этому направлению разрывов обязано изменение в смене простирания жилы IX в ее северо-восточной части.

Значительное место в удельной трещиноватости занимают послойные и сопряженные с ними пологие (15-20°) трещины обратного падения. Образование этих трещин обязано формированию складчатых структур месторождения. По простиранию они не выдержаны и быстро выклиниваются. Наибольшее их количество наблюдается в приконтактовых зонах литологических разновидностей пород.

Большим развитием пользуется также мелкая трещиноватость, сопровождающая основные разрывы. Распределение ее неравномерное и достигает до 10-15 трещин на метр.

Развиты трещины отдельности, особенно они характерны для кварцевых жил. Наиболее часто встречаются трещины север-северо-западного простирания с падением на юго-запад или северо-восток под углами от 30° до 80°, а также горизонтальные трещины.

Метаморфизм

Васильевское месторождение находится в зоне зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Степень метаморфических преобразований в пределах рудного поля неодинакова, что вызвано проявлением пликативной и дизъюнктивной тектоники и гидротермальных процессов.

Дислокационный метаморфизм

В зонах тектонических нарушений развиты продукты дислокационного метаморфизма – брекчии, катаклазиты, милониты и филлониты.

Брекчии, катаклазиты, милониты состоят из обломков угловатой формы, сцементированных мелкообломочным материалом этих пород и продуктами гидротермальной деятельности – жильным кварцем с карбонатами и сульфидами. На поверхности карбонаты и сульфиды разлагаются с образованием гидроокислов железа. Брекчирование, катаклаз и милонитизация проявляются и в кварцевых жилах. Для таких жил характерна повышенная золотоносность. В результате деформаций возникают внутризерновые преобразования минералов. Под микроскопом отмечается изменение их внутреннего строения, как результат проявления пластической и хрупкой деформаций. Зерна кварца, карбонатов, альбита зачастую изогнуты. Арсенопирит, пирит, халькопирит, карбонаты подвергаются двойникованию. Отмечаются новообразования серицита, мусковита, хлорита. В жильном кварце пользуется развитием рекристаллизация с образованием гранулированных разновидностей. В последнем случае, очевидно, имело место и термическое воздействие.

Филлониты отмечаются в борту руч. Степановского. Это породы зеленовато-серого цвета с шелковистым блеском и отчетливой сланцевой текстурой. Сланцеватость нарушается мелкими изгибами, а трещинки по сланцеватости сложены тонкочешуйчатой белой слюдой и серицитом. Встречаются породы с беспорядочно ориентированным серицитом в основной массе. Мелкочешуйчатый агрегат филлонита прорастается порфиробластами хлоритоида. Отмечаются также округлые выделения кварц-мусковитового агрегата и ромбовидные порфиробласты сидерита.

Динамотермальный метаморфизм

Для изучения степени метаморфического преобразования пород применялся рентгенофазный анализ (Сазонов А.М. и др., 1980). Установлено, что минералы глинистой фации представлены, в основном, гидромусковитом (30-100 %), хлоритом (10-30 %), смешанно-слойными образованиями (10-20 %), в небольших количествах отмечаются полевые шпаты, монтмориллонит, парагонит.

По степени эпигенетических преобразований минералов выделены следующие стадии:

1. Глубокого катагенеза. Наибольшее разнообразие слюдистых минералов по сравнению с другими зонами. Политип 1М преобладает над $2M_1$. Хлориты магнезиально-железистого состава.

2. Начального метагенеза. Гидрослюды подвержены регенерации (дегидратации). Хлориты мало изменены по сравнению со стадией катагенеза.

3. Глубокого метагенеза. Среди слюд преобладает политип $2M_1$ над 1М. Дальнейшая дегидратация слюд. Хлориты железисто-магнезиальные.

4. Зеленокаменного метаморфизма. Полная перекристаллизация породы. Из слюд преобладает политип $2M_1$. Гидрослюда почти полностью дегидратирована. Хлориты преимущественно магнезиальные.

Гидротермальный метаморфизм

Широко проявился в рудном поле. По характеру положения относительно рудных тел выделяются два типа изменений пород: площадные и локальные.

Площадные изменения породы занимают значительные площади и не имеют непосредственной связи с конкретными рудными телами. К этим изменениям относятся сидеритизация, гидрослюдизация, хлоритизация, перераспределение углистого вещества. Сидеритизация наиболее интенсивно развита в отложениях среднеудерейской подсвиты, в пористых гидрослюдистых глинистых сланцах. Изучение пород показало, что поры образовались в результате выветривания и выщелачивания железистого карбоната (сидерита). Положение сидерита в породах в виде ромбоэдрических порфиробластов указывает на его метаморфическое образование. Проработка пород гидротермальными растворами происходила широким фронтом в предрудный этап. Гидрослюдизация также развита на значительных площадях. Отмечается несколько генераций минерала: комковидные агрегаты и чешуйки двух разновидностей. Процесс гидрослюдизации проходил в условиях развития зоны смятия при активной циркуляции гидротермальных растворов в предрудный этап. Содержание гидрослюды в основной массе породы достигает 60-70 %. Кроме гидрослюды присутствует серицит в виде порфиробластов с беспорядочной ориентировкой чешуек. Хлоритизация, по сравнению с гидрослюдизацией, является угнетенным процессом и развивается совместно с последней. Это подтверждается тесным срастанием пакетов хлорита и слюды в порфиробластах. Тонкораспыленное в породах углистое вещество в результате рассланцевания и активизации поровых растворов под воздействием гидротерм претерпевает морфологические изменения и перераспределяется в массе породы. Уже при региональном метаморфизме, при перекристаллизации породы и образовании породообразующих минералов – кварца, хлорита, гидрослюды и других, происходило вытеснение углистого вещества в межзерновое пространство. Углистое вещество претерпевает метаморфизм с образованием графита. В дальнейшем графит вытесняется в широко развитые трещинки кливажа. Кроме того, в порах наблюдаются сегрегационные скопления графита, образующие своеобразные порфиробласты. Под микроскопом иногда наблюдаются дендритовидные агрегаты графита. Иногда графит виден во внутренних частях кристаллов сидерита. В сериците, хлорите, кварце графит представлен пылевидными включениями.

Локальные изменения пород пространственно тесно связаны с кварцево-жильными телами и развиты в минерализованных зонах милонитизации. Образуются оторочки окварцованных, серицитизированных, хлоритизированных, кальцитизированных и сульфидизированных пород вокруг кварцевых жил. Окварцевание наблюдается в непосредственной близости от кварцевых жил в виде сегрегационных скоплений гранобластического кварца. В значительной степени породы окварцованы в участках проявления кварц-карбонатного прожилкования. Здесь на долю кварца приходится до 50-80 % от объема породы.

Серицитизация является наиболее интенсивным процессом изменения пород в непосредственной близости (до 10-15 м) от кварцевых жил. Проявляется в повышении количества и увеличении размеров этого минерала. Количество серицита достигает 70-80 %.

Он присутствует в четырех разновидностях. Первая из них является реликтовой, для которой характерна загрязненность пылевидными частицами графита. Вторая разновидность образует волокнистый агрегат из более крупных чешуек, ориентированных под углом к первой. Третья разновидность минерала относится к серицито-мусковиту, который выступает в виде порфиробластов на фоне основной массы. Четвертая разновидность серицита развита в многочисленных трещинах, особенно часто встречающихся вблизи кварцевых жил.

Хлоритизация развита в зонах проявления альбитовых прожилков. Хлоритизированные породы распространены на 1-2 м от кварц-альбитовых жил. Содержание хлорита иногда составляет 60-70 %, он находится в виде чешуек или радиально-лучистых агрегатов. В меньшей степени хлоритизация сопровождает кварц-карбонатное прожилкование.

Сульфидизация также обычно образует ореолы у кварцевых жил и развивается от них на расстоянии до 20-30 м. Наибольшим распространением пользуется пирит. В непосредственной близости от жилы кристаллы пирита имеют форму куба, октаэдра, пентагондодекаэдра. С удалением от жилы преобладают кристаллы гексаэдров. В значительно меньших количествах сульфиды представлены арсенопиритом, который встречается не далее 1-2 м от кварцевых жил. Другие сульфиды – сфалерит, галенит, халькопирит встречаются редко и обычно приурочены к тонким кварц-карбонатным прожилкам.

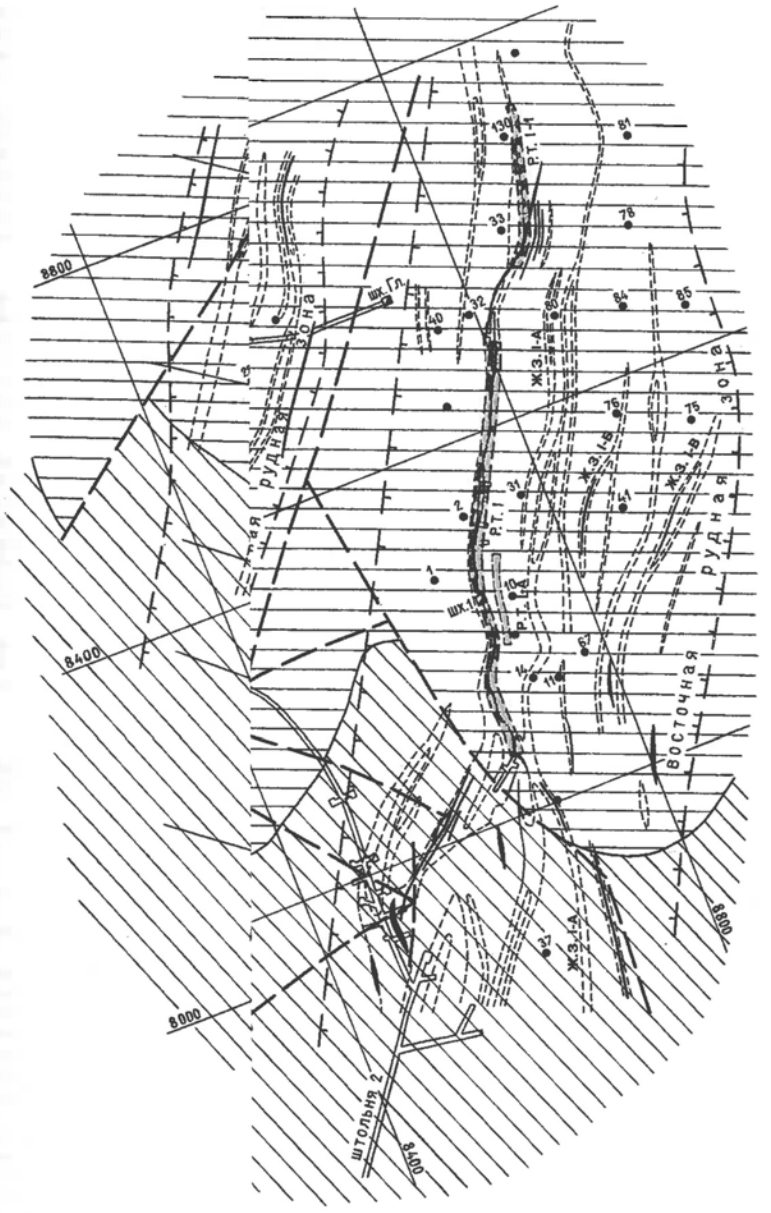
Кальцитизация вмещающих пород проявляется в образовании овальных порфиробластов. Они отмечаются на расстоянии до 20-30 м от жил. Порфиробласты часто имеют концентрически-зональное строение и содержат в себе пирит, хлорит, серицит.

Золоторудная минерализация на месторождении связана с кварцевыми жилами, околожильными окварцованными и сульфидизированными породами и зонами прожилкового окварцевания с рассеянной сульфидной минерализацией. С последними, в основном, связано бедное золотооруденение.

Кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны

На площади Васильевского месторождения выявлено около 150 кварцевых жил различной протяженности, мощности и морфологии. Наиболее крупные из них получили свою нумерацию или наименование. Серии сближенных субпараллельных жил рядом исследователи выделяются как жильные зоны.

Общее простирание всех жил и жильных зон северо-восточное, за исключением жилы XVII, имеющей меридиональное простирание. Падение жил северо-западное, за исключением жилы Васильевской-I, имеющей главное направление падения на юго-восток. Протяженность отдельных жил от нескольких метров до 0,7 км (жила I), мощность до 15 м. Глубина изучения – около 500 м. Практически все жилы сопровождаются согласными с ними зонами окварцевания пород. В ряде случаев такие зоны,



1 - серо-зеленые и темно-серы гидрослюдистые и хлорит-гидрослюдистые алевритово-глинистые сланцы (средняя подсвита уде ленным содержанием рудного золота и номера рудных тел;
7 - границы рудной зоны; 8 - раз

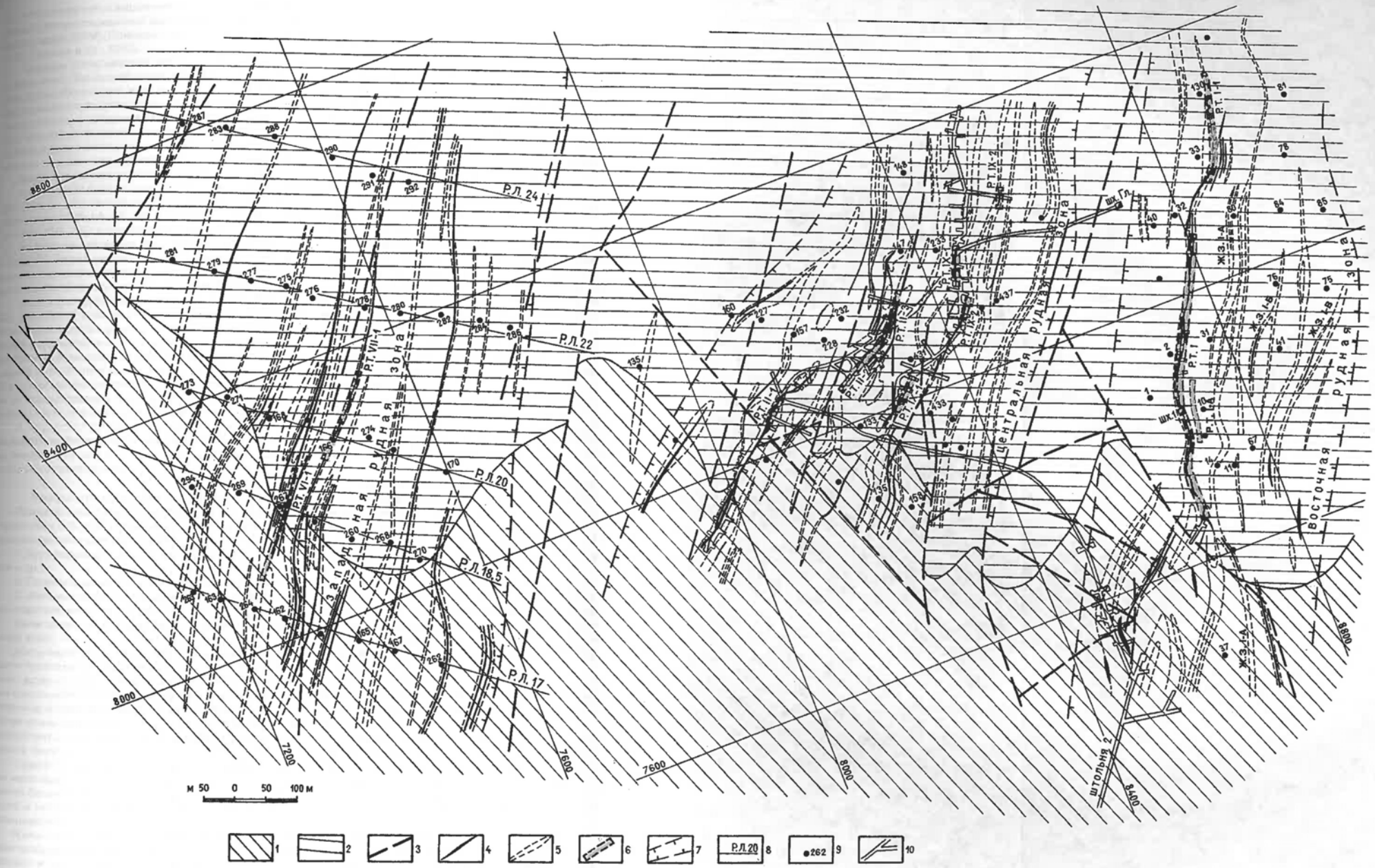


Рис. 3.48. Васильевское месторождение. План горизонта +450 м (по материалам геологоразведочных работ)

1 - серо-зеленые и темно-серые гидрослюдистые и кварц-хлорит-гидрослюдистые сланцы, алевро-сланцы, песчаники (нижняя подсвита удерейской свиты, рифей); 2 - серо-зеленые кварц-гидрослюдистые и хлорит-гидрослюдистые алеврито-глинистые сланцы (средняя подсвита удерейской свиты, рифей); 3 - разрывные нарушения; 4 - кварцевые жилы; 5 - зоны кварцево-прожилковой и сульфидной минерализации; 6 - участки жил с промышленным содержанием рудного золота и номера рудных тел; 7 - границы рудной зоны; 8 - разведочная линия и ее номер; 9 - разведочные скважины, пробуренные с поверхности; 10 - подземные горные выработки

при отсутствии четко выраженных кварцевых жил, были названы зонами рассеянной прожилково-вкрапленной минерализации (ЗРМ). Примеры – зоны I-А, Б, В, Г; IV и др. (А.М. Сазонов и др., 1950).

Площадь Васильевского месторождения разбита на рудные зоны. Под рудной зоной в данном случае понимается группа сближенных жил, жильных зон с ореолами окварцованных и сульфидизированных пород, отдельных зон окварцевания, в которых выявлены промышленные рудные тела или установлены значимые содержания золота. Рудные зоны на месторождении контролируются тектоническими нарушениями северо-восточного направления.

Выделено четыре рудных зоны (рис. 3.47, 3.48):

1. Восточная рудная зона. Включает жилу Васильевскую -1 зоны рассеянной прожилково-вкрапленной минерализации (ЗРМ) I-А, I-Б, I-В, I-Г, жилы Странную, Странную-бис, XVII, XXII и ряд более мелких жил.

2. Центральная рудная зона. Жилы Васильевская - II, II – бис, VIII, Васильевская - IX, IX – Южная, X, XI, XII, XIII, сюда же можно отнести расположенную в некотором отрыве от основной группы прожилково-вкрапленную зону IV.

3. Западная рудная зона. Жилы VI, VII, XVI, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII. К этой же зоне можно отнести оруденение Ново-Васильевского участка и жилы III и V, но с некоторой долей условности, поскольку упомянутые жилы значительно удалены от компактно сгруппированных остальных жил рудной зоны. Жила V находится в 0,7 км севернее, а жила III в 1,0 км северо-восточнее основной группы жил. Однако их ориентировка и пространственное положение указывают на то, что они составляют единую рудную зону.

4. Фединская рудная зона. Находится на север-северо-западном фланге месторождения. Включает несколько слабо изученных жил и жильных зон того же северо-восточного простирания.

Морфология кварцевых жил и жильных зон

При детальной разведке месторождения (Голубев В.Г., Лаврентьев В.В., 1960 г.) выделялись следующие морфологические типы кварцевых жил:

1. Крутопадающие жилы и линзы (жилы I, III, V, Странная и др.).

2. Пологопадающие жилы и линзы (жила II и др.).

3. Жильные зоны – серии сближенных субпараллельных коротких жил и прожилков.

Были отмечены следующие особенности различных типов жил:

Жилы первого типа выполняют обычно наиболее крупные и протяженные дизъюнктивы, приуроченные к сводовым частям складок второго (по отношению к Васильевской синклинали) порядка. Эти жильные трещины по простиранию и падению переходят на отдельных участках в более мощные зоны дробления и смятия пород, где кварц обособляется отдельными неправильными телами, гнездами и линзами.

Второй тип жил приурочен к более пологим крыльям тех же складок. Жилы падают под острым углом к направлению более пологого падения седиментационной слоистости и несогласны также с более крутыми трещинами сланцеватости.

Жилы третьего типа характерны для участков с пологими складчатыми структурами – сводовых частей мелких складок и мульд, включая пологие крылья, интенсивно разбитых трещинами, главным образом, послойными. Обычно жилы этого типа пространственно сочетаются с более выдержанными жилами второго типа.

Сотрудниками Томского ПИ предложена классификация кварцевых жил Васильевского месторождения, также основанная на приуроченности их к определенным структурным элементам. Выделено 4 структурных типа жил:

1. Жилы, приуроченные разрывам северо-восточного простирания. Трещины, вмещающие кварцево-жильные тела, характеризуются выдержанностью по простиранию и значительной протяженностью. Они трассируют осевую зону Васильевской синклинали. Примером жил первого типа являются жилы I, III, VIII, IX. Они, в основном, локализуются в местах пересечения трещинами глинисто-алевритовой толщи среднеуерейской подсвиты.

2. Жилы, приуроченные к участкам замыкания синклинальных складок второго порядка, осложняющих центриклинальное замыкание Васильевской синклинали. Трещины, вмещающие кварцевые жилы, многочисленны и имеют незначительную протяженность – первые десятки метров. Примером жил второго типа являются жилы VI, VII, XVI, XVII, XIX, XX, XXII.

3. Группы жил, приуроченные к периклинальному замыканию антиклинальных складок третьего порядка, осложняющих центральную часть Васильевской синклинали. Для этих участков характерно интенсивное дробление пород и наличие многочисленных мелких разрывов. Пример жил этой группы – жилы II-бис, X, XI и др. центральный раздув жилы I.

4. Единичные, выдержанные по простиранию жилы, приуроченные к разрывам, осложняющим крылья синклиналей и антиклиналей второго и третьего порядков. Пример – жилы II, V.

Все жилы имеют сложное строение, образуют частые пережимы и раздувы, расчленяются на несколько ветвей, сопровождаются сериями кварцевых линз. Вмещающие породы рассланцованы, перемяты и содержат многочисленные различно ориентированные кварцевые прожилки.

Характеристика рудных зон месторождения

Положение основных жил и жильных зон по поверхности месторождения показано на прилагаемой геологической карте масштаба 1:5 000. Положение их на глубине около 100 м – на плане горизонта масштаба 1:2 000. Приводится краткая характеристика наиболее значимых рудных жил, жильных и прожилковых зон.

Восточная рудная зона наиболее изучена. Она ориентирована поперек водораздела руч. Васильевского и Степановского. Прослежена в северо-восточном направлении (30^0) на протяжении 2200 м. Общая мощность рудной зоны до 500 м, падение зоны юго-восточное. Зона приурочена к синклинальной складке, осложняющей юго-восточное крыло Васильевской синклинали (рис. 3.48).

По геологическому строению, насыщенности кварцевыми жилами, промышленной золотоносности северо-восточный участок рудной зоны резко отличается от ее юго-западной части.

Северо-восточный участок рудной зоны залегает в породах среднеуерейской подсвиты, прослежен по простиранию на 1400 м, мощность до 460 м. Здесь выявлены и с разной степенью детальности изучены: жила Васильевская I, несколько параллельных ей жил и зоны рассеянной сульфидной минерализации и окварцевания I-А, I-Б, I-В и I-Г.

Жила Васильевская-I прослежена на поверхности на 740 м, а на глубине 100 м – до 1070 м. Простирание жилы на поверхности 25^0, падение меняется до глубины 100 м от вертикального до 50^0 на СЗ и ЮВ, а глубже имеет общее крутое падение на ЮВ. Вертикальное и СЗ падение жила имеет в породах первой, второй и третьей пачек среднеуерейской подсвиты, а ЮВ до вертикального падения в третьей пачке среднеуерейской и шестой пачке нижне-

удерейской подсвит (рис. 3.49).

Таким образом, по падению она образует плавную дугу, обращенную выпуклостью на северо-запад. Причины выкручивания жилы по падению исследователи видят в сочетании дорудных дизъюнктивов север-северо-западного и северо-восточного простирания с падением на СВ, СЗ и ЮВ, которым подчиняется в своем развитии жильная трещина. Наряду с крупными изгибами жилы с длиной волны 120-150 м и амплитудой 6-8 м, по падению и простиранию, наблюдается волнистость более высоких порядков, длиной 2-7 м и амплитудой 0,5-1,0 м. Это также подтверждает, что рудовмещающая крупная трещина образовалась путем объединения мелких разрывов. Мощность жилы изменяется в широких пределах от первых десятков см до 10 м и более в раздувах. Раздувы мощности жилы чаще всего тяготеют к участкам ее вертикального падения (рис. 3.50). По простиранию и падению жила часто испытывает линзовидные расслоения, образуя две, иногда больше, ветви, расходящиеся, а затем вновь сливающиеся в одну жилу. При этом мощность ее в месте слияния отдельных ветвей значительно увеличивается. Наиболее крупная линза, образованная двумя ветвями, наблюдается в средней части жилы и имеет размеры до 120 м по простиранию и не менее 300 м по падению. Боковые породы окварцованы, сульфидизированы, пронизаны сетью ветвящихся кварцевых прожилков, оперяющих основную жилу. Мощность зоны околожильных оруденелых пород составляет 10-20 м. На юго-западе жила тупо выклинивается сразу за косопоперечным разрывом северо-западного простирания с падением на СВ под углом 66°. Со стороны лежачего бока этого дизъюнктива рудовмещающая структура представлена полосой оруденелых пород мощностью до 50 м с линзами, гнездами и прожилками кварца, которая далее на юго-западе сливается с жилой Странной. На северо-востоке жила косо срезается тектонической трещиной северо-восточного простирания с падением на СЗ под углом 65-70°, и смещается по падению и простиранию на 25-30 м. За этим нарушением жила на поверхности быстро теряет мощность и разделяется на две ветви. Одна ветвь сохраняет направление основной жилы и прослеживается в виде маломощной (0,1-0,5 м) кварцевой жилы на 120 м. Вторая ветвь отклоняется к юго-востоку и через 60 м под острым углом срезается дизъюнктивом северо-восточного простирания с падением 82° на ЮВ. На глубине 20-100 м от поверхности обе ветви прослеживаются скважинами по простиранию на 500 м и полностью не оконтурены. По падению жила Васильевская-I прослежена единичными скважинами до 500 м.

Промышленная золотоносность устанавливается на всем протяжении жилы Васильевская-I, включая зону прожилкового оруденения на ее юго-западном фланге. Распределение золота крайне неравномерное, гнездовое.

Намечается определенная зависимость в распределении золота от элементов залегания кварцевой жилы, ее мощности, литологического состава вмещающих пород (см. рис. 3.50). Обогащенные золотом участки жилы (рудные столбы) чаще всего приурочиваются к участкам ее перегиба от более пологого падения к более крутому или вертикальному. При этом участки крутого и вертикального падения жилы сопровождаются увеличением ее мощностей, но, как правило характеризуются более низкими содержаниями золота. Исключение составляют два обогащенных золотом рудных столба на СВ фланге жилы. По данным опробования жилы оконтурено рудное тело -I. На СВ фланге жилы по ее СЗ и ЮВ ветвям выделены рудные тела I-1 и I-2 соответственно. На юго-западном фланге Восточной рудной зоны, в лежачем боку вышеописанного косопоперечного дизъюнктива, в оруденелых алевро-сланцах, оконтуривается рудное тело I-А, прослеженное параллельно рудному телу –I, в его висячем боку. На северо-восточном фланге рудной зоны, в висячем боку рудного тела –I выделено рудное тело –I-А-I.

Зона I-А выделена восточнее (в 20-50 м) жилы – I и прослеживается почти параллельно ей на всем протяжении. Мощность ее от первых метров до 30-40 м. Представлена зона несколькими ветвями окварцованных и сульфидизированных пород мощностью 5-10 м и одной-двумя кварцевыми жилами мощностью до 1-2 м. Вскрыта единичными скважинами на разведочных линиях через 100 м. Содержание золота от следов до 8,5 г/т.

Зона I-Б прослеживается на протяжении 800-1000 м 20-50 м юго-восточнее и параллельно зоне I-А. Состоит из нескольких ветвей сульфидизированных и окварцованных пород мощностью от 1-2 до 10 м, разделенных вмещающими породами. Общая мощность зоны достигает 40-80 м. Увеличение ее с глубиной происходит как за счет увеличения количества ветвей окварцованных и сульфидизированных пород, так и за счет увеличения их общей мощности. В зоне отмечаются единичные маломощные кварцевые жилы.

Зона I-В расположена параллельно остальным зонам к юго-востоку от них, протяженность 500 м, мощность до 25 м. Морфология и минеральный состав те же.

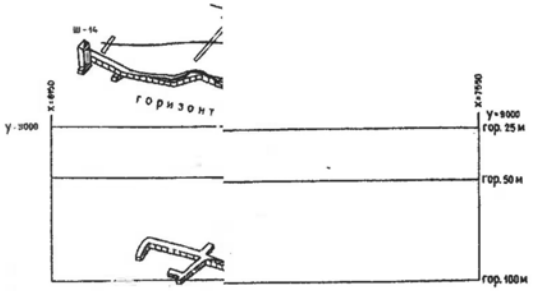
Зона I-Г прослеживается в 20-40 м западнее жилы - I параллельно ей на протяжении около 700 м. Общая мощность зоны достигает 40 м. Состоит из 2-3 ветвей окварцованных и сульфидизированных пород мощностью 10-20 м. Мощность единичных кварцевых жил до 1,0 м, содержание золота в единичных пробах до 3,8 г/т.

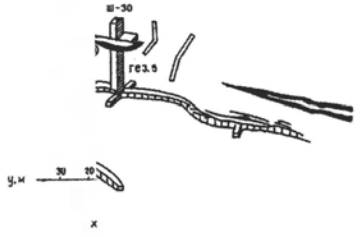
Полученные результаты работ на северо-восточном участке Восточной рудной зоны указывают на недостаточную ее разведанность. Жильные зоны I-А, I-Б, I-В, I-Г вскрыты только единичными выработками и их перспективы не выяснены.

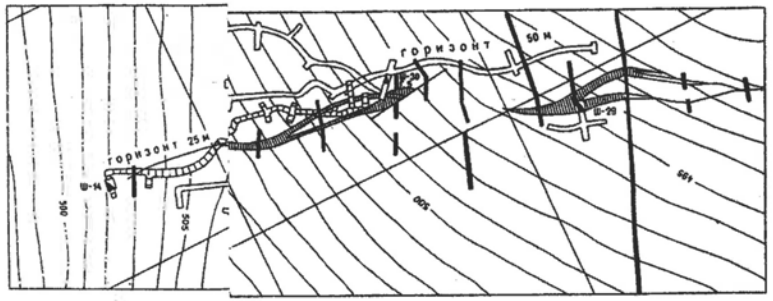
Юго-западный участок Восточной рудной зоны залегает в породах нижнеудерейской подсвиты, имеет протяженность 800 м и ширину до 500 м. Здесь выделены жилы Странная, Странная-бис XVII. Жилы имеют простирание, согласное со всей Восточной рудной зоной.

Жила Странная приурочена к единой с жилой Васильевской-I, контролирующей структуре. Протяженность жилы на поверхности 250 м, мощность до 12,0 м. Содержание золота на поверхности не превышает 2,4 г/т, на глубине 25 м - 2,1-4,7 г/т и, в целом по жиле, не промышленное.

Жила Странная-бис расположена в 30 м на запад от жилы Странной, параллельно ей. Представлена серий кварцевых линз небольшой протяженности (первые десятки метров) и изменчивой мощности от 0,4 до 10 м. Протяженность жилы 100 м. С поверхности изучена канавами, содержание золота в единичной пробе 108 г/т при мощности 0,4 м. На глубину 25 м разведана шурфами с квергшлагами и штреками. Содержание золота неравномерное от следов до 43,6 г/т; среднее 1,2-1,8 г/т. На глубине 70 м (горизонт +450 м, штольня 2) вскрыта кварцевая жила мощностью до 5,0 м с ореолом окварцованных и сульфидизированных (пирит, арсенопирит) пород. Содержание золота от следов до 4,5 г/т; среднее – 1,8 г/т. На глубину до 300 м по скважинам колонкового бурения установлена ее сложная морфология. Жила переходит в зону окварцевания с несколькими кварцевыми линзами мощностью до 3,0-5,0 м. Общая мощность зоны изменчивая и достигает 30-40 м, а ореол окварцованных и сульфидизированных пород (на Р.Л. – 20; скв. 51, 101-104) имеет мощность до 200 м. С глубиной интенсивность окварцевания и сульфидной минерализации (пирит, арсенопирит, реже галенит и халькопирит) увеличивается. По







ты, песчаники; 12 – участки выполаживания жилы по падению

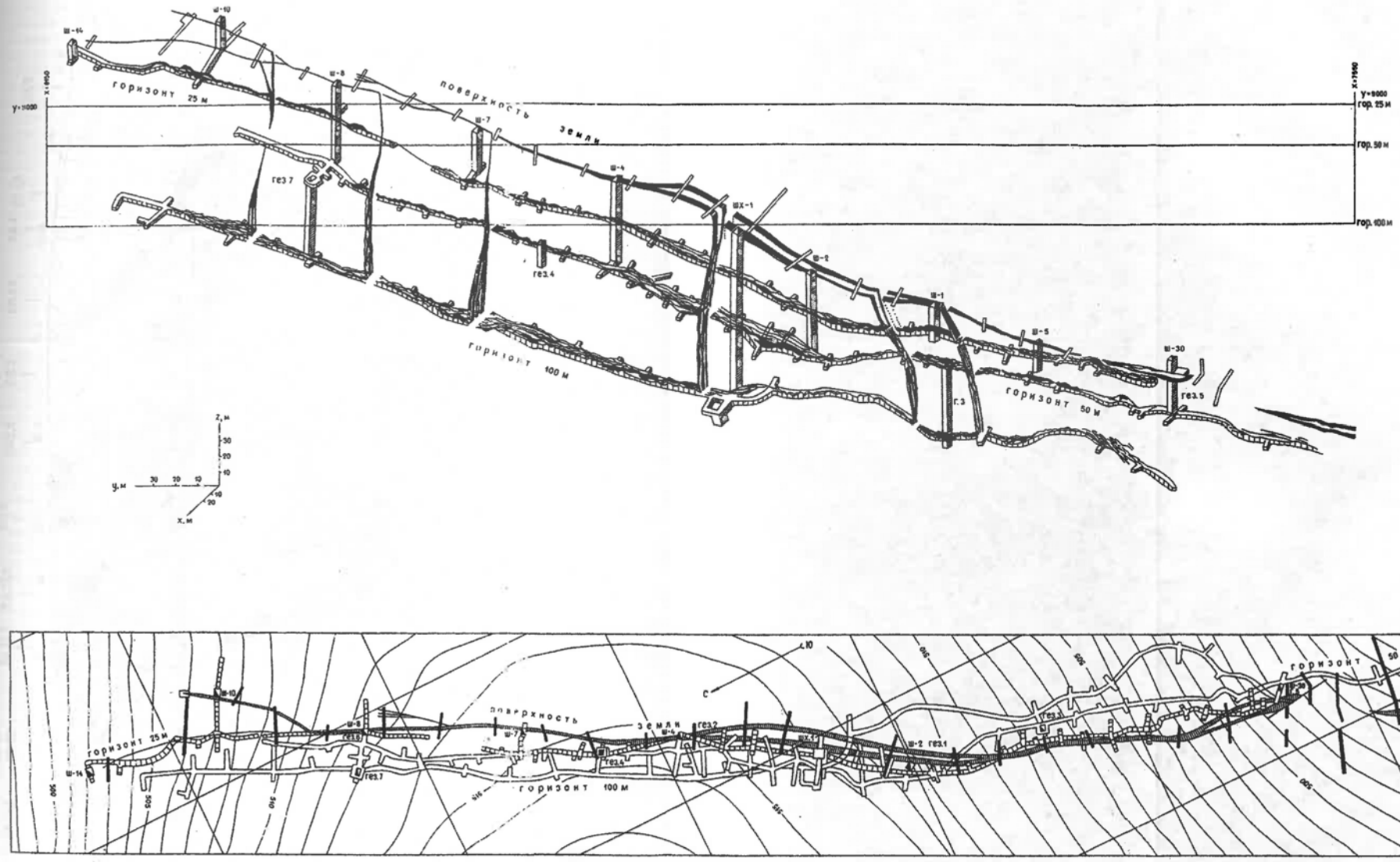


Рис. 3.49. Система разведки подземными горными выработками жилы Васильевская-I

удерei
Та
обраш
ручива
тании
северс
ЮВ, кс
щина.
120-15
нию, н
длино
дает, ч
путем
меняе
м и бо
тяготе
По пр
зовид
ви, рас
При эт
значит
разова
жилы
нее 30
фидиз
прожи
около
юго-за
речны
нием н
дизъю
лосой
гнезда
паде с
косо с
го про
щаетс
рушен
раздел
ние ос
(0,1-0,
ется к
ся диз
нием
ветви
м и по
ская-I
Пр
всем г
жилко
преде
На
лении
мощн
(см. р
ные с
переп
верти
паден
тей, н
держа
щенны
данны
СВ фл
тела I
Восто
косоп

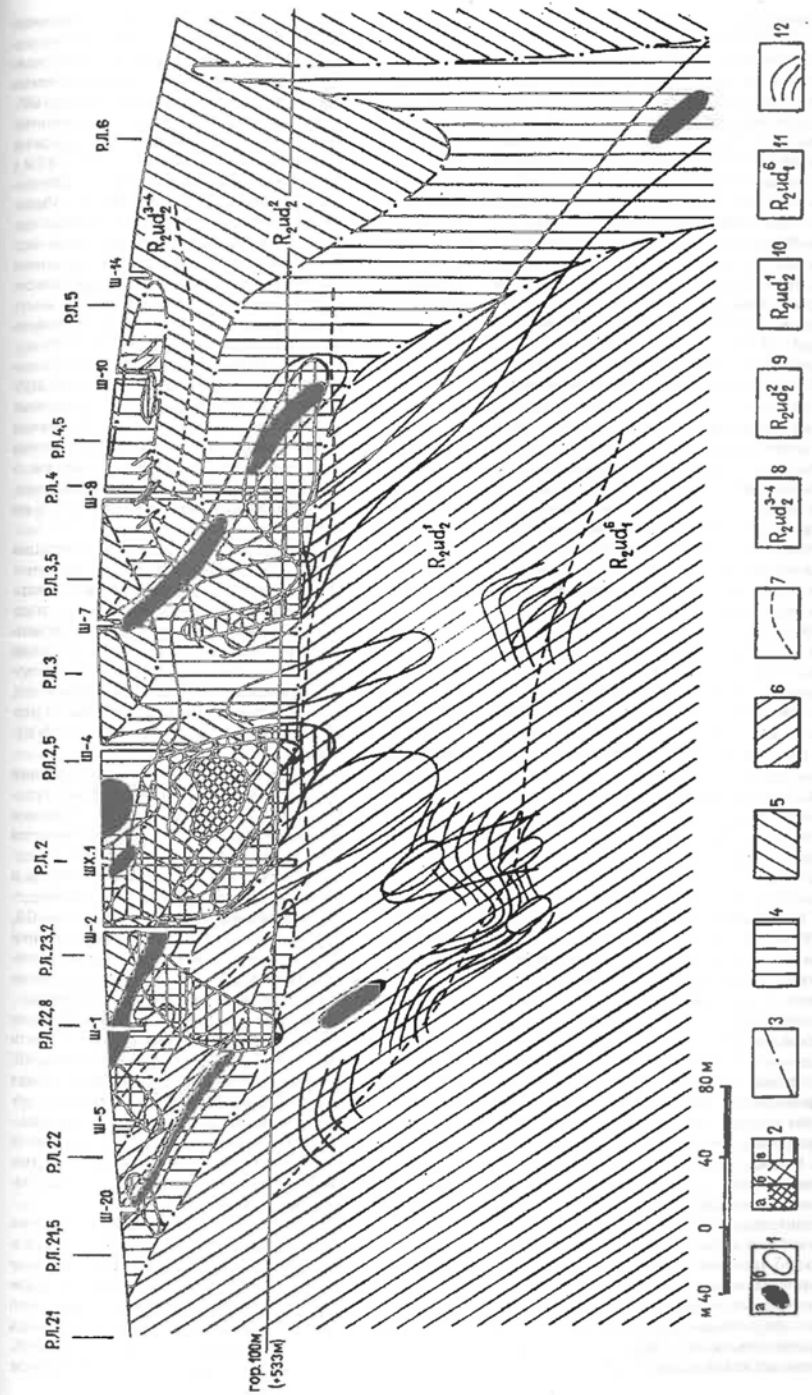


Рис. 3.50. Продольная проекция жилы Васильевская I на вертикальную плоскость с использованием построений Сазонова А.М. (1980)

1 – обогащенные золотом участки жилы: а) более 20 г/т; б) 10-20 г/т; 2 – раздувы мощности жилы: а) более 10 м; б) 8-10 м; в) 6-8 м; 3 – линия перегибов жилы по падению; 4 – область вертикального падения жилы; 5 – участки северо-западного падения жилы; 6 – участки юго-восточного падения жилы; 7 – границы литологических разновидностей пород; 8 – третья пачка – породистые гидрослюдистые сланцы; 9 – вторая пачка – глинистые сланцы; 10 – первая пачка – алеврито-глинистые сланцы. Нижнеудерейская подсвита: 11 – шестая пачка – алевролито-глинистые сланцы, алевролиты, песчаники; 12 – участки выполаживания жилы по падению

скважинам в пределах зоны на глубинах 100-200 м постоянно отмечаются содержания золота до 1 г/т.

Жила XVII находится в 100 м западнее жилы Странной, простирание ее в отличие от всех других жил северо-западное 335°. На поверхности прослежена на протяжении 260 м, мощность от 0,4 до 10,7 м. Содержание золота до 8,0 г/т; среднее 1,0 г/т. На глубине 50-55 м она вскрыта штольней № 2, а на глубине 150-200 м - скважинами 90, 96, 114, 151-153, где она представлена несколькими кварцевыми линзами мощностью от 0,1 до 2-3 м с ореолом окварцованных и пиритизированных пород. Падение жил западное, крутое (60-87°). Содержание золота в скважинах и горных выработках не превышает 1 г/т. Ниже горизонта штольни 2 увеличивается интенсивность окварцевания и сульфидной минерализации.

Центральная рудная зона расположена в 350 м западнее Восточной рудной зоны и отделяется от последней узкой антиклинальной складкой. Общая мощность зоны достигает 500 м, падение северо-западное, в лежачем боку более крутое — до 75-80°, в висячем — пологое (35-45°). Простирание зоны северо-восточное. В 1950-59 гг. здесь были разведаны с поверхности и на глубину 25 м подземными выработками и единичными скважинами наиболее крупные кварцевые жилы Васильевская-II, Васильевская-IX, VIII. Кроме того между жилами II и IX на поверхности была вскрыта группа сближенных кварцевых жил протяженностью от 100 до 240 м (жилы II-бис, X, XI, XII, XIII) с низкими, в целом, содержаниями золота, а на юго-западном фланге рудной зоны, в породах нижнеудерейской подсвиты, канавами прослежена одиночная жила, получившая название IX-Южная.

В 1977-1990 гг. изучение Центральной рудной зоны было продолжено. Она на протяжении 1700 м была вскрыта на полную мощность канавами через 400-500 м, на глубину 200-300 м - скважинами по сети 60-90x50 м в центральной части, и 60-90-х 120 - на флангах. На горизонте с абс. отм. +450 м (60-90 м от поверхности) проведена разведка подземными горными выработками.

Жила Васильевская-IX является наиболее протяженной и приурочена к юго-восточной границе Центральной рудной зоны. На поверхности ее длина составляет 450 м. В плане жила образует S-образный изгиб. Юго-западный и северо-восточный фланги имеют простирание 45-50° СВ, а центральная часть жилы длиной около 200 м простирается под углом 10-15° СВ. Падение жилы северо-западное под углом от 25° до 75°. Мощность 0,4-1,2 м. Контакты с вмещающими породами четкие извилистые, с многочисленными короткими апофизами. Часто наблюдаются линзообразные разветвления жилы. С глубиной она теряет сплошность и на гор. +450 м и ниже представлена разрозненными, кулисообразно расположенными по отношению друг к другу короткими линзовидными жилами. При этом сохраняется S-образный изгиб рудовмещающей структуры. На всем протяжении как по простиранию, так и по падению жила сопровождается ореолом окварцованных, сульфидизированных пород, который продолжается на северо-восток и после выклинивания жилы. Мощность ореола околожильно измененных пород достигает 40-50 м. Распределение золота в жиле крайне неравномерное, гнездовое. До глубины 50 м промышленные концентрации золота устанавливаются лишь на юго-западном отрезке жилы длиной 130 м. На глубине 20-60 м скважинами и горными выработками установлены и оконтурены изолированные "слепые" рудные тела.

Жила Васильевская-II вторая по протяженности (420 м на поверхности) приурочена к северо-западной границе Центральной рудной зоны и отделена от жилы-IX асимметричной антиклинальной складкой с более пологим западным и крутым восточным крыльями. Расстояние между жилами 110-120 м. По простиранию жила имеет мелковолнистое строение и, в целом, выдержанное простирание по азимуту 45° СВ. Падение жилы, в целом, пологое около 30°, но подвержено резким колебаниям от 5° до 60°. Контакты жилы с вмещающими породами четкие извилистые. Мощность варьирует в широких пределах от первых десятков см до 7-8 м в раздувах. На глубине 25 м, в 80 м к ЮЗ от северо-восточного конца основной жилы, установлено юго-восточное ответвление длиной около 70 м. Именно к этому отрезку основной жилы приурочено промышленное золотое оруденение, в то время, как по остальной части жилы и в юго-восточной апофизе содержания золота забалансовые (1-2 г/т). Жила сопровождается ореолом окварцованных сульфидизированных пород, пронизанных густой сетью мелких, субпараллельных основной жиле кварцевых прожилков. Мощность ореола составляет 15-20 м.

Жильная зона (жилы II-бис, X, XI, XII, XIII), заключенная между жилами II и IX прослежена на глубину до 200-300 м скважинами и на гор. +450 м разведана на протяжении 500 м подземными горными выработками. В отличие от поверхности, на горизонте +450 м, в пределах этой зоны установлено промышленное золотое оруденение, как в кварцевых жилах, так и в окварцованных сульфидизированных породах в интервале глубин от 30 до 150 м и на протяжении 190 м по простиранию.

Особенностью развития золоторудной минерализации в Центральной рудной зоне является то, что повышенные концентрации золота не всегда связаны с отдельной кварцевой жилой и ее зальбандами, и, в ряде случаев, охватывают несколько сближенных кварцевых жил и заключенные между ними породы, или приурочивается к участкам пород с густой сетью параллельных кварцевых прожилков, образуя локальные раздувы мощности рудных тел. Такие раздувы, в большинстве случаев, образуются на участках резкого изменения углов падения и простирания рудовмещающих структур.

Жила Васильевская VIII – занимает обособленное положение на СВ фланге Центральной рудной зоны и удалена на 140 м к северо-востоку от северного окончания жилы IX. Изучена только с поверхности. Прослеживается в северо-восточном направлении на 190 м, залегает в средней части разреза пород среднеудерейской подсвиты и наиболее удалена от ее контакта с породами нижнеудерейской подсвиты. Жила имеет падение 35-55° на СЗ. Мощность ее составляет от первых см при выклинивании до 1,1 м в центральной части. Здесь же в интервале длиной 35 м устанавливается промышленное содержание золота от 6,5 до 22,8 г/т. По падению жила не прослежена.

Западная рудная зона находится в 500 м к западу от Центральной рудной зоны и приурочена к осевой части Васильевской синклинали. Общее простирание зоны 40° СВ, совпадает с направлением оси синклинали. Общая протяженность 2600 м, ширина до 500 м. По особенностям геологического строения вмещающей толщи, насыщенности кварцевыми жилами, характеру распределения золотого оруденения рудная зона делится на два участка: северо-восточный (собственно Западная зона) и юго-западный (Ново-Васильевский участок).

Северо-восточный участок на юго-западном фланге приурочен к центриклинальному замыканию Васильевской синклинали и ограничивается с юга – Васильевским дизъюнктивом. Здесь на поверхность выходит группа сближенных сложно построенных извилистых кварцевых жил северо-восточного 30-40° простирания и СЗ падения под углами 45-75° (жилы: Васильевская - VI, VII, XVI, XVIII, XIX, XX, XI и др.). Самые крупные из них жилы VI и XVIII имеют длину 270 м и 170 м соответственно.

Жила VI на протяжении 170 м представлена несколькими сходящимися и расходящимися ветвящимися линзами кварца, суммарная мощность которых в средней части достигает 16 м, которые на юго-западном фланге переходят в одну маломощную жилку. По данным опробования канав и скважин по жиле оконтурены рудные тела - VI-1 и VI-2.

Жила XVIII прослежена в 40 м, юго-восточнее. Мощность ее составляет 0,6-1,0 м, увеличиваясь в раздувах до 1,6-2,9 м. Остальные более мелкие жилы залегают юго-восточнее двух первых и образуют вместе с ними жильную зону мощностью 270-280 м. В этой части рудной зоны кварцевые жилы детально изучены на поверхности канавами и на глубину до 25 м единичными шурфами с рассечками. Далее на северо-восток рудная зона прослежена магистральными канавами через 100-250 м, а до глубины 200-300 м скважинами по сети 150-200x50-70 м. Кроме кварцевых жил вскрыты несколько линейных зон прожилково-вкрапленного оруденения, которые прослеживаются по простиранию на поверхности на 500-600 м и далее в северо-восточном направлении погружаются на глубину. Еще дальше на СВ, на водоразделе ручьев Васильевский и Степановский, на поверхность выходит жила Васильевская-III, прослеженная канавами на протяжении 410 м. Жила выдержана по простиранию и падению (азимут простирания 40°, падение от 65° до 78° на СЗ). Мощность ее на всем протяжении колеблется в пределах 0,2-0,95 м. На северо-восточном фланге жилы на отрезке длиной 70 м, установлено богатое гнездовое оруденение, где содержание золота достигает 40-50 г/т. Здесь до глубины 50 м оконтурено рудное тело-III. В 20 м западнее одной канавой и несколькими скважинами выявлена узкая линейная зона прожилково-вкрапленного оруденения мощностью 2,5-8,5 м, параллельная жиле III, в пределах которой устанавливаются локальные, обогащенные золотом участки, по одному из которых оконтурено рудное тело - III-1 с промышленным содержанием золота. Кроме перечисленных рудных тел в пределах Северо-восточного участка Западной рудной зоны по скважинам оконтурены "слепые" рудные тела: VI-8, VI-9, VII-1, XVI, XVI-1, XIX и XX, в основном представленные кварцевыми жилами.

Юго-западный участок расположен на правом борту долины руч. Васильевского в блоке, несколько опущенном относительно северо-восточный участка. В центре этого блока в 1983 году Ангарской ГРЭ ГГП "Красноярскгеология" проведены работы по оценке геохимических аномалий. В кварцевых жилах и окварцованных породах выявлены промышленные содержания золота.

Участок назван Ново-Васильевским рудопроявлением (Скороделов, 1983 г.). Позднее работами Северо-Ангарской ГРП экспедиции "Сибзолоторазведка" установлена протяженность участка 800 м, общая мощность рудной зоны (вмещающей кварцевые жилы и жильные зоны) – 550-600 м. Содержание золота колеблется в пределах 0,5-3,0 г/т, в единичных пробах достигает 13-14 г/т.

Фединская рудная зона расположена на северо-западном фланге Васильевского месторождения в 500 м от Западной рудной зоны. Рудная минерализация приурочена к северо-западному крылу Васильевской синклинали и развивается вдоль его сопряжения с линейной антиклинальной складкой.

Рудная зона ориентирована в северо-восточном направлении (20-25° СВ). Прослежена на протяжении 800 м двумя магистральными канавами и скважинами до глубины 200 м по трем профилям через 400 м. Общая мощность зоны достигает 450-500 м. На флангах не оконтурена. Представлена несколькими субпараллельными кварцевыми жилами (жила Фединская и др.) и зонами прожилково-вкрапленного оруденения. Простирание их согласное с общим простиранием рудной зоны, падение крутое (65-75°) на северо-запад. Сравнительно выдержанные по простиранию и падению кварцевые жилы мощностью от 0,2 до 10 м сопровождаются ореолом окварцованных и сульфидизированных пород. Мощность ореолов изменчива от 2 до 100 м. Кварц в жилах светло-серый и серый. Сульфиды представлены пиритом, арсенопиритом, реже - галенитом и халькопиритом. Содержание золота в единичных бороздовых пробах из канав до 7,0 г/т, в скважинах до 1,5-3,4 г/т. Слабая изученность не позволяет дать оценку промышленной золотоносности рудной зоны.

Минералого-петрографическая характеристика руд

Изучение вещественного состава рудных образований Васильевского месторождения проводилось как в период детальной разведки месторождения 1950-59 гг., так и при проведении последующих геологоразведочных работ 1973-90 гг. Этими исследованиями охарактеризованы минералогия и петрография вмещающих пород и рудных тел месторождения.

Руды Васильевского месторождения представлены кварцевыми малосульфидными жилами и сопутствующими им окварцеванными и сульфидизированными сланцами, алевролитами и их разновидностями. По объему чисто кварцевые руды составляют в рудных телах 50-70 %.

При геологоразведочных работах 1950-59 гг. были выделены следующие основные разновидности:

1. Руды кварцевые массивные, убогосульфидные.
2. Руды кварцевые массивные и слабо-полосчатые, малосульфидные, с одним пиритом.
3. То же с пиритом и арсенопиритом.
4. Руды сланцевые с вкраплениями пирита и арсенопирита.
5. То же, с кварцевыми прожилками.

Последовательность минералообразования

Выделяются две крупные эпохи минералообразования – гипогенная (гидротермальный этап) и гипергенная. Жильные тела образовались на протяжении нескольких стадий гидротермального процесса, с наложением одних стадий минералообразования на другие. Возобновление гидротермальной деятельности начиналось с тектонических подвижек, растрескивания, дробления вмещающих пород и ранее сформированных жильных тел. Поэтому в рудах, наряду с вкрапленными, очковыми, пятнистыми, полосчатыми, крустификационными, линзовидными и другими текстурами, часто встречаются брекчиевые, филлонитовые, милонитовые, сетчатые, прожилковые и другие деформации текстуры.

Гидротермальный этап разделяется на четыре стадии, из которых наиболее ранней является альбит-кварцевая, затем следуют промежуточные пирит-арсенопирит-кварцевая и полисульфидно-анкеритовая стадии, и завершающая кальцит-гидрослюдистая стадия (Палиенко Г.С., и др. 1999). Схема последовательности минералообразования показана в таблице 3.59.

Стадия I, альбит-кварцевая. Обособленные образования этой стадии минерализации встречаются довольно редко, представлены жилами и прожилками серого и темно-серого кварца с альбитом и альбитовыми прожилками с хлоритом и пиритом. Число минералов стадии I сравнительно невелико: кварц, альбит, пирит, хлорит, редко встречаются апатит и рутил. В ряде модификаций пирита этой стадии спектрохимическим анализом выявлено золото (Ли

Л.В. и др., 1974).

Стадия II, пирит-арсенопирит-кварцевая. Минералы этой стадии имеют наибольшее распространение, на их долю приходится около 75 % объема рудных тел. В эту стадию формировались многочисленные кварцевые жилы, с золотой минерализацией, составляющие основную массу руд. Золото этой стадии тяготеет к участкам развития сульфидной минерализации (пирита и арсенопирита). В сульфидах этой стадии спектральным анализом обнаруживается золото в значительных количествах.

Одновременно с формированием мощных кварцевых жил отмечается кварцевое прожилкование, а иногда и густая вкрапленность сульфидов в зонах трещиноватости, оперяющих основной рудовмещающий разрыв. Участки сланцев с широким развитием сульфидов часто обогащены кварцем. Как правило, метакристаллы сульфидов облекаются кварцевой рубашкой. В тесном парагенезисе с сульфидами в зонах интенсивного дробления встречаются гнездовые выделения гидрослюды, слагающие, как правило, поверхности зеркал скольжения. В зонах сульфидизации под микроскопом отмечаются агрегаты хлорита и серицита. Из рудных минералов этой стадии самыми распространенными являются пирит и арсенопирит, реже встречается золото. Очень редкими являются халькопирит и пирротин.

Стадия III, полисульфидно-анкеритовая. Минералы этой стадии имеют более локальное распространение и приурочены к зонам повышенной трещиноватости. Они представлены кварц-анкеритовыми жилами и прожилками с включением сульфидов, рассекающими образования I и II стадий минералообразования. Анкерит и сульфиды часто цементируют раздробленный агрегат более ранних стадий. Эта стадия минералообразования также является продуктивной на золото, именно в ее течение образовывалось крупное золото. В стадии III, за счет наложения ее продуктов на образования стадии II, сформировались обогащенные золотом участки. Признаком повышенного содержания золота может служить совместное нахождение сульфидов стадии II (пирит и арсенопирит) с сульфидами стадии III (галенит, блеклая руда и др.). В сульфидах полисульфидно-анкеритовой стадии минералообразования спектрохимическим анализом почти повсеместно обнаруживается золото. Исключение составляет халькопирит, в котором золото не установлено. В эту стадию минералообразования отлагались следующие минералы: анкерит, кварц, хлорит, серицит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда, золото, пирротин, висмутин, пираргирит, серебро.

Стадия IV, кальцит-гидрослюдистая. Отложение минералов этой стадии минералообразования происходило в условиях затухания тектонических подвижек из заключительных порций гидротермальных растворов. Минералы стадии IV имеют локальное распространение и приурочены к зонам повышенной трещиноватости. Они представлены мелкими гидрослюдистыми и кварц-кальцитовыми прожилками, иногда с пиритом и антимонитом.

Минеральный состав гипогенных руд

Состав гипогенных (эндогенных) руд отличается большим разнообразием. К настоящему времени в эндогенных рудах известны свыше 20 минералов (см. табл. 3.59). Ниже приводится их описание.

Кварц слагает основную массу рудных тел. Выделяются четыре его генерации, соответствующие четырем стадиям гидротермального минералообразования.

Кварц I-й генерации серый и темно-серый, мелкозернистый. Встречается относительно редко. В основном он слагает обломки брекчий, сцементированных агрегатом более поздних образований, реже прожилки. Сильно катаклазирован. Под микроскопом постоянно наблюдаются деформационные структуры (развитие блоков, фрагментация, грануляция). По данным декрепитации температура образования кварца I определяется в 420-480 °С.

Кварц II-й генерации является наиболее распространенной разновидностью, слагает основную массу крупных жил, а также встречается во вмещающих породах, где образует рубашки вокруг сульфидов. Цвет кварца белый, светло-серый. Структура средне- крупнозернистая, массивная. Под микроскопом в кварце II, так же, как и в кварце I, наблюдаются деформационные структуры. Температура образования кварца II определяется в 300-360 °С.

Кварц III-й генерации имеет серовато-белый цвет, матовый блеск, равномернозернистый. Размер зерен 5-7 мм. Внутренняя структура кварцевых образований эвгедральная, а в участках, граничащих с кварцем II – субгедральная. Кварц III отличается значительно меньшей степенью деформации. По данным декрепитации температура образования кварца III оценивается в 240-300 °С.

Кварц IV-й генерации встречается реже. Обычно совместно с кальцитом и гидрослюдой образует маломощные прожилки. Кварц IV мелкозернистый, имеет субгедральную структуру. Деформационные явления не наблюдаются. Температура образования 140-180 °С.

Карбонаты в рудах месторождения представлены следующими разновидностями: анкеритом, возможно сидеритом и кальцитом. Наиболее широко распространен анкерит, который часто образует мономинеральные прожилки, либо присутствует совместно с кварцем и сульфидами. Кварц-анкеритовые жилы и прожилки пересекают образования первой и второй стадий минералообразования.

Кальцит иногда слагает мономинеральные прожилки, но чаще встречается совместно с кварцем и гидрослюдой. Выделения кальцита чаще ксеноморфные, иногда гипидиоморфные.

Альбит образует идиоморфные кристаллы в кварце I-й генерации, а также самостоятельные жилы и прожилки. Зерна альбита часто изогнуты, разбиты и залечены образованиями более поздних стадий, например кварцем. Альбит часто приурочен к зальбандам жил, где нарастает на границу с вмещающими породами перпендикулярно последней.

Хлорит является типичным приконтактовым минералом. Развивается, в основном, по контактам жил, а также вокруг ксенолитов сланцев. Часто реликты сланцев в жилах почти нацело замещены хлоритом.

Мусковит и серицит широко развиты как минералы околорудных изменений, в основном, тяготеют к зальбандам жил. Серицит заполняет межзерновые пространства в кварце I-й и II-й генераций, в пирите и арсенопирите.

Апатит и рутил встречаются редко, в основном, в кварце I-й генерации и околорудных породах, где образуют удлиненные идиоморфные кристаллы.

Гидрослюда обычно слагает порфиробласты овальной формы, почти мономинеральные тонкие прожилки (менее 1 мм). Иногда совместно с гидрослюдой встречается пирит. В тех местах, где кварц-гидрослюдистые прожилки рассекают участки с богатой золотой минерализацией, в гидрослюде отмечаются знаки золота.

Пирит является наиболее часто встречающимся сульфатным минералом. Образование пирита происходило на всех стадиях минералообразования. Выделяются четыре генерации пирита:

Пирит I-й генерации встречается редко, совместно с альбитом и кварцем I-й генерации. Обычно представлен хорошо образованными кристаллами кубической и кубооктаэдрической формы размером до 1 мм. В некоторых монофракциях этого пирита спектрохимическим анализом обнаружено золото.

Таблица 3.59

Схема последовательности минералообразования

Эпоха			Гипогенная		Гипергенная
Этап			Гидротермальный		
Стадия	Альбит-кварцевая	Пирит-арсенопирит-кварцевая	Полисульфидно-анкеритовая	Кальцит-гидрослюдистая	
Кварц	▬	▬	▬	▬	
Анкерит, сидерит			▬		
Кальцит				▬	
Альбит	▬				
Хлорит	—	—	—		
Мусковит и серицит	—	—	—		
Апатит	—				
Рутил	—				
Гидрослюда		—		▬	
Пирит	—	▬	▬	—	
Пирротин		—	—		
Арсенопирит		▬			
Халькопирит		—	—		
Сфалерит			—		
Галенит			—		
Блеклая руда			—		
Антимонит				—	
Висмутин			—		
Пираргирит			—		
Самородное серебро			—		
Самородное золото		—	—		—
Лимонит					▬
Гетит					▬
Скородит					—
Борнит					—
Халькозин					—
Ковеллин					—
Англезит					—
Церуссит					—
Малахит					—
Азурит					—
Текстуры	Брекчиевидные, вкрапленные, пятнистые, полосчатые	Вкрапленные, пятнистые, полосчатые, брекчиевые, прожилковые	Брекчиевые, плоскчатые, прожилковые, петельчатые, очковые, пятнистые	Прожилковые, вкрапленные	Пористые, кавернозные, порошковидные, корковые, дендритовые, почковидные, колломорфные
Структуры	Зернистые, метазернистые, коррозионные	Зернистые, коррозионные, катакластические	Зернистые, коррозионные, катакластические, кристаллобластические	Кристаллические, зернистые	Зернистые, коллоидные

Содержание минералов: более 10 % ▬, 1-10 % ▬, менее 1 % —

Пирит II-й генерации тесно ассоциирует с арсенопиритом. Образует вкрапленные агрегаты в сланцах, гнездовые и прожилково-вкрапленные скопления как в зальбандах, так и в самих кварцевых жилах. Вкрапленность пирита II в сланцах часто носит послойный характер. Минерал обычно наблюдается в виде кубов, комбинаций куба с октаэдром и пентагондодекаэдром. Кристаллы часто раздроблены и залечены минералами более поздних стадий минералообразования (например, халькопиритом). В пирите этой генерации спектральным анализом установлено золото в количестве от 10 до 700 г/т.

Пирит III-й генерации более редок, чем пирит II-й генерации. Для него характерны кубические и кубооктаэдрические кристаллы. В отличие от пирита II он более чистый и часто корродирует последний. Практически не замещается другими сульфидами. Встречаются пойкилитовые включения блеклой руды и галенита. Спектральным анализом в пирите этой генерации обнаружено золото в количестве от 20 до 300 г/т.

Пирит IV-й генерации встречается редко, в виде мелкой (доли мм) вкрапленности в кварц-кальцит-гидрослюдистых прожилках, где образует кубооктаэдрические, реже кубические и октаэдрические кристаллы. Иногда образует тонкие (менее 1 мм) мелкозернистые прожилки, рассекающие образования II и III стадий минералообразования.

Пирротин является очень редким минералом. Выделяются две его генерации:

Пирротин I генерации формировался во вторую стадию минералообразования. Встречается, как правило, в рудах с незначительным содержанием арсенопирита. Пирротин I образует аллотриоморфные и каплевидные выделения в пирите II.

Пирротин II генерации встречается еще реже. Формирование его происходило в третью стадию минералообразования. Встречается, как правило, в ассоциации с пиритом III и халькопиритом II. Образует аллотриоморфные зерна в тесном срастании с халькопиритом II.

Арсенопирит является после пирита наиболее распространенным рудным минералом. Его выделение происходило во вторую стадию минералообразования. Встречается в виде игольчатых и псевдопирамидальных кристаллов, а также зернистых агрегатов как в кварцевых жилах так и в зальбандах. Тесно ассоциирует с пиритом II и образует с ним два типа взаимоотношений. В одном случае арсенопирит образует в пирите идиоморфные включения, в другом случае цементирует кристаллы пирита. Раздробленные зерна арсенопирита часто корродируются и цементируются минералами третьей стадии минералообразования (например, галенитом, блеклой рудой, золотом). Спектральным анализом в арсенопирите обнаружено наличие золота до 300 г/т.

Халькопирит представлен двумя генерациями:

Халькопирит I-й генерации макроскопически обнаруживается крайне редко, но под микроскопом довольно часто наблюдается в пирите II, арсенопирите и кварце II в виде мелких аллотриоморфных выделений и тонких прожилков. Халькопирит I формировался во вторую стадию минералообразования.

Халькопирит II-й генерации выделялся в третью стадию минералообразования. Встречается довольно часто и иногда образует гнезда размером до 5 и более см. Ассоциирует со сфалеритом, галенитом, блеклой рудой. В сфалерите постоянно присутствует в виде эмульсионной вкрапленности. Часто халькопирит II цементирует и корродирует пирит II. Спектральным анализом золото не обнаружено.

Сфалерит формировался в третью стадию минералообразования. Наблюдается в виде отдельных аллотриоморфных зерен и зернистых агрегатов до 5 см, реже отмечается эмульсионная вкрапленность в халькопирите. Встречается совместно с халькопиритом, галенитом, блеклой рудой. Спектральным анализом в сфалерите установлено золото в количестве до 300 г/т.

Галенит образовался в третью стадию, присутствует в рудах в виде аллотриоморфных выделений. Совместно с блеклой рудой галенит цементирует обломки пирита II и арсенопирита. Образует тесные срастания с блеклой рудой, халькопиритом, сфалеритом. Спектральным анализом в галените обнаружено золото с содержанием до 700 г/т.

Блеклая руда выделялась в третью стадию минералообразования. Встречается в тесном срастании с галенитом, сфалеритом, халькопиритом. Спектральным анализом в блеклой руде обнаружено золото с содержанием от 50 до 700 г/т.

Антимонит, висмутин, пираргирит, самородное серебро в рудах Васильевского месторождения описаны Ли Л.В., Неволиным В.А., Михеевым В.Г. (1974). По их данным антимонит встречается в тесной ассоциации с кальцитом, а висмутин, пираргирит и серебро образуют эмульсионную вкрапленность в блеклой руде и галените.

Самородное золото находится, главным образом, в кварцевых жилах, реже встречается в приконтактовых сланцах совместно с пиритом и арсенопиритом. Нередко наблюдается срастание золота с названными минералами, а также с кварцем. Обычно золото накладывается на дробленый агрегат пирита II и арсенопирита, цементируя их или образуя прожилки по трещинам. Реже встречается золото в срастании в блеклой рудой, сфалеритом и галенитом. В обогащенных золотом участках встречаются знаки золота и в кварц-гидрослюдистых прожилках. Образование этих золотин связано, по-видимому, с частичным перераспределением золота в IV стадию минералообразования, а также с механическим захватом золота в виде обломков. У дневной поверхности, в окисленных и пористых кварцево-сульфидных рудах, золото часто встречается в порах выщелачивания пирита, в сетчатом лимоните, охрах.

Видимое простым глазом золото распространено повсеместно. Однако встречается оно в рудах не часто, спорадически, также, как неравномерно и золотоносное обогащение в жилах вообще. Наиболее высокие содержания золота в рудах всегда связываются с наличием видимого золота. С глубиной частота встречаемости видимого золота возрастает.

Золото образует рассеянную, мелко-гнездовую, коротко-жилковидную форму вкрапленности. При детальной разведке жилы Васильевской I отмечались гнезда золота размером до 1,5х2,5 см.

Распределение золота в рудах крайне неравномерное. Нередко в одном забое разведочных выработок соседствуют пробы с содержанием "следы" – 2,5 г/т-100 г/т и более. Но такая резкость сглаживается для более крупных участков и среднее содержание золота по ним является достаточно равномерным, составляя от 5 до 17 г/т для основной массы руд.

Цвет золота яркий золотисто-желтый, указывающий на его высокую пробу. В период детальной разведки месторождения (Голубев В.Г., Лаврентьев В.В., 1960) было выполнено два определения пробности. Для окисленных руд жилы Васильевской I она составила 931, для первичных руд – 957. По данным исследований последующих периодов (Сазонов А.М., 1982), проба золота по месторождению колеблется от 931 до 999, составляя в среднем 970.

Изучение распределения золота по крупности показало, что оно в целом подчиняется нормальному закону. Золотины крупнее 0,25 мм составляют более 85 % от массы исследованного золота. Золотины размером 0,5-1 мм составляют, примерно, 40 %. По количеству знаков преобладает золото фракции 0,125-0,25 мм (37,5 %). Распределение золота по фракциям показано в таблице 3.60.

Форма золотин весьма разнообразна. Преобладают комковидные (40 %) и скелетно-зубчатые (35 %) формы. Встречаются крючковатые, проволочные, пластинчатые, дендритовидные золотинки. Форма их, как правило, отражает характер полостей, которые золото выполняет в кварцевых и сульфидных агрегатах. Изредка встречаются кристаллы октаэдрического облика.

Из элементов-примесей в самородном золоте определялось содержание серебра и меди. Среднее содержание серебра составило 2,42 % при колебаниях по частным пробам от 1,08 до 6,03 %. Среднее содержание меди 0,03 % при колебаниях от 0 до 0,12 %.

Выделяются две генерации золота.

Золото I-й генерации выделялось во вторую стадию минералообразования. Встречается в виде каплевидных и комковатых выделений в кварце. Иногда наблюдается аллотриоморфные зерна в пирите II. Спектральным анализом установлено присутствие золота в пирите II и арсенопирите в количестве, соответственно, до 700 и 300 г/т.

Золото II-й генерации формировалось в третью стадию минералообразования. Оно образует пластинчатые, проволочные, крючковатые, скелетно-губчатые и комовидные выделения. Редко встречаются октаэдрические кристаллы. Золото II почти постоянно ассоциирует с блеклой рудой, сфалеритом, галенитом, реже с халькопиритом. Тяготеет к участкам развития сульфидной минерализации второй стадии минералообразования (пириту и арсенопириту) и часто образует прожилки в сульфидах, наросты на их гранях, цементирует дробленый агрегат сульфидов. Это предпочтительное отложение золота II на сульфидах второй стадии минералообразования связано, по-видимому, с тем, что пирит II и арсенопирит содержат тонкодисперсное золото, которое в результате дробления и частичного растворения пирита и арсенопирита освобождается и служит зародышем – затравкой для роста и отложения золота II.

Минеральный состав гипергенных руд

Зона окисления развита на месторождении достаточно широко. По жиле Васильевская –1 она достигает глубины 100 м. До глубины 50 м руды полностью окисленные. В центральной рудной зоне глубина окисления меньше и составляет 25-30 м, опускается на отдельных участках до 50-70 м.

В гипергенных рудах наиболее характерными минералами являются лимонит, гетит, а также скородит. Редко встречаются: борнит, ковеллин, халькозин, англезит, церусит, малахит, азурит. Самородное золото гипергенного происхождения достоверно не установлено, однако приуроченность золота к скоплениям гидроокислов железа позволяет предположить его существование (см. табл. 3.59).

Лимонит и гетит – наиболее часто встречающиеся минералы гипергенного этапа минералообразования. Они образуют псевдоморфозы по пириту и арсенопириту, слагают линзы и гнезда на местах бывшего сульфидного агрегата. Рыхлые охристые лимониты выполняют трещины и пустоты в рудных телах и вмещающих породах.

Скородит широко распространен в рудах месторождения. Он наблюдается в виде псевдоморфоз по арсенопириту и порошковатых агрегатов зеленоватого цвета, выполняющих трещины и пустоты в окисленных рудах.

Борнит в незначительных количествах наблюдается в зоне вторичного сульфидного обогащения, где развивается за счет халькопирита. Борнит, в свою очередь, замещается халькозином и ковеллином.

Халькозин встречается очень редко в зоне вторичного сульфидного обогащения, где развивается за счет борнита, реже халькопирита.

Ковеллин встречается редко в виде каемок и мелких зерен в халькозине.

Англезит редок, образует каемки вокруг агрегатов галенита, замещенного церусситом.

Малахит наблюдается в виде тонких корочек и землистых масс в пустотах выщелачивания.

Азурит редок. Встречается в ассоциации с малахитом в виде корочек и землистых масс.

Геохимические особенности месторождения

Геохимические исследования на месторождении проведены сотрудниками Томского политехнического института А.М. Сазоновым, А.А. Ананьевым и др. (1980 г.) Для выявления геохимических особенностей месторождения проведено площадное опробование делювиальных и элювиальных отложений, коренных выходов в канавах и керна скважин. Геохимические пробы каменистых отложений по площади месторождения отбирались из копуш по сетке 50х50 м при геологическом маршрутировании. Опробование в канавах и керне скважин осуществлялось попутно с геологической документацией методом пунктирной борозды 10 и 5-метровыми интервалами, в пределах рудных зон – 1-0,5-метровыми. Проанализировано спектрохимическим методом на золото и приближенно-количественным спектральным на 36 элементов около 4000 проб вмещающих пород, руд, минерализованных сланцев и мономинеральных фракций руд.

Наиболее хорошо изучено распределение элементов-примесей в пределах Восточной рудной зоны. Центральная и Западная рудные зоны охарактеризованы только с поверхности. Из 36 элементов, на которые анализировались геохимические пробы, значащие содержания установлены для Co, Ni, Cr, V, Cu, Zn, Pb, Ag, Au, As, Sb, Ba, Li, Mn. В породах приповерхностной зоны отмечается 1,5-кратное снижение содержаний Co, V, Pb и менее значительное As, Au, Zn, Ba и Sn. Это следует учитывать при оценке продуктивности геохимических ореолов, выявленных на поверхности. Для установления нижнего предела аномальности содержаний элементов были проанализированы фоновые пробы, отобранные за пределами месторождения. Распределение всех элементов в пробах фона подчиняется нормальному закону и характеризуется незначительной величиной стандартного отклонения, что свидетельствует о равномерности распределения. Фоновые и аномальные содержания приведены в таблицах 3.61-3.63. Такие элементы, как золото, мышьяк, стронций, молибден, а также сурьма и серебро в пробах фона спектральным анализом не обнаружены (частота встречаемости менее 25 %). Золото обнаруживается только в зелено-серых алеврито-глинистых сланцах.

Для выяснения геохимических особенностей пород, вмещающих конкретные рудные тела, было проведено опробование разведочных канав, пройденных для прослеживания и оконтуривания кварцевых жил по простиранию. Результаты анализов геохимических проб сгруппированы в выборки, по которым проведены оценка среднего и дисперсии для каждого элемента. Неравномерность в распределении отдельных элементов во вмещающих породах различных рудных тел обусловлена, по-видимому, проявлением минералогической и геохимической зональности месторождения.

Золото. Содержание элемента во вмещающих породах всех жил характеризуется значительной дисперсией. Среднее содержание колеблется в пределах от 0,009 до 0,160 г/т., причем максимальные значения проявляются

Таблица 3.60

Распределение золотин по размеру и весу (жила Васильевская I)

Фракции, мм	Число золотин	Вес фракций, мг	Средний вес золотины, мг	% числа золотин во фракции	% веса фракции
+ 1,0	16	16,3	1,019	0,8	16,9
+ 0,5-1,0	138	38,5	0,280	6,8	39,9
+ 0,25-0,5	558	28,0	0,050	27,4	29,0
+ 0,125-0,25	765	9,8	0,014	37,5	10,1
- 0,125	560	4,0	0,007	27,5	4,1
Итого	2037	96,6		100,0	100,0

Таблица 3.61

Параметры распределения элементов-примесей в полосчатых темно-серых зеленовато-серых сланцах с алевритовыми прослоями Васильевского месторождения

Элемент	Ед. измер.	Закон распред.	C	S	L	Y	Ca_1	Ca_2	Ca_3
Бериллий	$x10^{-4}$ %	Н	2,913	3,595	1,469	123,9	6,508	10,10	13,69
Свинец	$x10^{-4}$ %	Н	5,739	5,453	2,229	96,02	11,19	16,65	22,09
Марганец	$x10^{-3}$ %	НУ	11,91	8,331	3,405	69,94	НУ	НУ	НУ
Медь	$x10^{-4}$ %	Н	15,65	7,277	2,974	46,49	22,93	30,21	37,48
Никель	$x10^{-4}$ %	Н	26,52	6,47	2,645	24,41	32,00	39,47	45,94
Кобальт	$x10^{-4}$ %	Н	7,826	4,601	1,880	58,78	12,43	17,03	21,63
Ванадий	$x10^{-4}$ %	Н	66,52	25,14	10,28	37,79	91,66	116,80	141,95
Хром	$x10^{-3}$ %	Н	2,783	0,792	0,325	28,58	3,578	4,373	5,168
Титан	$x10^{-2}$ %	Н	39,56	5,622	2,298	14,21	45,19	50,81	56,43
Цирконий	$x10^{-3}$ %	Н	3,065	2,599	1,062	84,79	5,664	8,363	10,86

Примечание к таблицам 6-13. НУ – параметры распределения не установлены; S - стандартное отклонение, L – ошибка среднего, Y-коэффициент вариации (%), C – среднее содержание, Ca_1- нижнее аномальное содержание, Ca_2 – среднее аномальное содержание, Ca_3 – верхнее аномальное содержание. Н – нормальный закон распределения, ЛН – логнормальный закон распределения.

Таблица 3.62

Параметры распределения элементов-примесей в зеленых, светло-серых алевритo-глинистых сланцах Васильевского месторождения

Элемент	Ед. измер.	Закон распред.	C	S	L	Y	Ca_1	Ca_2	Ca_3
Марганец	$x10^{-3}$ %	ЛН	34,17	159,6	65,21	467,0	193,7	1098	6228,4
Медь	$x10^{-4}$ %	Н	11,04	6,392	2,612	57,88	17,43	23,83	30,22
Галлий	$x10^{-3}$ %	Н	23,91	7,223	2,952	30,20	31,14	38,36	45,58
Никель	$x10^{-4}$ %	Н	23,91	11,96	4,888	50,01	35,87	47,83	59,79
Кобальт	$x10^{-4}$ %	Н	8,130	4,262	1,742	52,41	12,39	16,65	20,91
Ванадий	$x10^{-4}$ %	Н	24,91	25,1	10,25	100,6	49,98	75,05	100,1
Хром	$x10^{-3}$ %	Н	1,369	1,254	0,513	91,57	2,624	3,878	5,132
Титан	$x10^{-2}$ %	Н	29,35	12,97	5,302	44,21	42,32	55,29	68,27
Цирконий	$x10^{-3}$ %	Н	3,174	2,534	1,036	79,85	5,708	8,243	10,78
Барий	$x10^{-3}$ %	Н	4,261	6,348	2,594	148,9	10,61	16,95	23,30
Золото	$x10^{-3}$ %	Н	2,087	2,334	0,954	111,8	4,421	6,754	9,088

Таблица 3.63

Параметры распределения элементов-примесей в темно-серых, зеленовато-серых неслоистых и неяснослоистых алевритo-глинистых сланцах Васильевского месторождения

Элемент	Ед. измер.	Закон распред.	C	S	L	Y	Ca_1	Ca_2	Ca_3
Бериллий	$x10^{-4}$ %	ЛН	1,012	2,124	0,868	209,9	3,136	9,719	30,12
Свинец	$x10^{-4}$ %	Н	5,348	5,458	2,230	102,1	10,81	16,26	21,72
Марганец	$x10^{-3}$ %	НУ	10,18	5,192	2,122	51,06	НУ	НУ	НУ
Медь	$x10^{-4}$ %	Н	16,09	4,989	2,039	31,02	21,08	26,07	31,06
Никель	$x10^{-4}$ %	Н	24,35	7,878	3,219	32,36	32,22	40,10	47,98
Кобальт	$x10^{-4}$ %	НУ	8,308	4,354	1,779	52,41	НУ	НУ	НУ
Ванадий	$x10^{-4}$ %	Н	62,17	26,44	10,81	42,53	88,62	115,1	141,5
Хром	$x10^{-3}$ %	Н	2,696	1,052	0,430	39,04	3,748	4,800	5,853
Титан	$x10^{-2}$ %	Н	40,43	4,746	1,939	11,74	45,18	49,93	54,97
Цирконий	$x10^{-3}$ %	Н	3,587	2,461	1,006	68,61	6,048	8,509	10,97
Барий	$x10^{-3}$ %	Н	15,74	12,62	5,157	80,17	28,36	40,98	53,59

вокруг жил II, III, XIX, XX, XXII, минимальные – в породах, вмещающих жилы $II^{бис}$, IX, V, VII, Странная. Стандартное отклонение испытывает колебания в более широких пределах – от 0,10 до 1,050. Изменение распределения содержаний золота по простиранию рудных тел наиболее отчетливо проявляется в системе жил Странная – Васильевская I, где отмечается закономерное увеличение содержаний элемента от жилы Странная к северо-восточному флангу жилы I.

Мышьяк. Элемент установлен спектральным анализом только во вмещающих породах жил Васильевская I, II и III, где повышенные концентрации отмечены в редких пробах на северо-восточном фланге. В районе западной группы жил значимые содержания на уровне чувствительности анализа установлены в единичных пробах.

Серебро. Элемент обнаружен спектральным анализом в единичных пробах из вмещающих пород северо-восточного фланга жил Васильевская I, III, и VI.

Цинк, свинец. Распределены равномерно во вмещающих породах месторождения. Для цинка среднее содержание колеблется в пределах от 0,006 до 0,015 %, а стандартное отклонение – от 0,005 до 0,013. Свинец характеризуется следующим параметрами распределения: среднее содержание 0,0017-0,004 %, причем минимальные концентрации проявляются в районе жил V, VII, XIX, XX, Странной. Наибольший разброс содержаний свинца проявляется во вмещающих породах жил I и III (стандартные отклонения составляют соответственно 0,0067 и 0,0075). Для свинца наблюдается уменьшение концентраций в направлении северо-восточного фланга жил.

Медь, ванадий, барий, хром. Данные элементы характеризуются в целом равномерным распределением во вмещающих породах всех жил месторождения. Повышенные концентрации меди проявляются в районе жил II, IX, III и VI.

Никель, кобальт. В пределах отдельных жил во вмещающих породах распределены равномерно, хотя для жил III и V наблюдается слабое повышение содержаний, а для жилы I – понижение содержаний элементов в направлении северо-восточных флангов.

Наиболее высокое среднее содержание кобальта (0,0008-0,0022 %) характерны для вмещающих пород жил II, IX, III, V, VI, Странной, а повышенные концентрации никеля проявляются на участках жил IX, VI, VII, Странной (0,004-0,005 %).

Особенности распределения элементов-примесей в рудах Васильевского месторождения, по данным спектрального анализа мономинеральных фракций главных минералов руд, приведен в таблице 3.64. Примесь в рудах таких элементов, как, свинец, медь, цинк, серебро, мышьяк, сурьма и висмут обязана, главным образом, наличию в них сульфидов этих элементов. Наибольшим распространением из сульфидов пользуются арсенопирит и пирит. Они в значительной мере определяют элементный состав руд. Из 46 образцов пород с сульфидной минерализацией выделены мономинеральные фракции пирита – 33 пробы и арсенопирита – 20 проб с последующим их спектральным анализом на 26 элементов: свинец, медь, цинк, серебро, барий, никель, кобальт, мышьяк, сурьму, олово, молибден, титан, марганец, золото, висмут, ртуть, вольфрам, бериллий, стронций, цирконий, хром, ванадий, германий, таллий, тантал. Анализом установлено присутствие в пробах первых 14 элементов. Во всех пробах пирита спектральным анализом установлены свинец, медь, цинк, мышьяк, барий, марганец, никель; титан установлен в 32 пробах; сурьма – в 20, кобальт – в 17, золото – в 14, молибден – в 12, серебро – в 5 и олово – в 3 пробах.

Следует отметить, что в пиритах из жильных пород наибольшим содержаниями характеризуется свинец, медь, серебро, никель, олово, молибден, марганец и золото. В пиритах из вмещающих пород установлены наиболее высокие содержания цинка, сурьмы и титана, иногда в высоких концентрациях в этих пиритах отмечается и золото. В минерале из зальбандов жил наиболее высокие содержания характерны для кобальта, бария и нередко для меди.

В пирите из арсенопирит-пирит-кварцевой продуктивной ассоциации наиболее высокими содержаниями характеризуются серебро, сурьма и золото, а в минерале из пирит-блеклорудно-кварцевой продуктивной ассоциации наиболее высокими содержаниями характеризуются свинец, цинк, никель, олово и титан. Примерно равными содержаниями в пирите той и другой минеральных ассоциаций характеризуются медь, кобальт, молибден, барий и марганец.

В арсенопирите элементный состав примесей мало отличим от пирита. Из проанализированных двадцати проб минерала установлены значимые концентрации свинца, меди, цинка, сурьмы, никеля и золота – в 19 пробах, кобальта и бария – в 1 6, серебра – в 10, олова – в 4, молибдена – в 2 пробах. Содержания элементов-примесей в арсенопирите из различных минеральных ассоциаций, в целом, равномерные, за исключением несколько повышенных (в 1,5-2 раза) содержаний свинца, сурьмы и золота в участках развития минералов пирит-блеклорудной стадии минерализации (халькопирита, сфалерита и блеклой руды).

Сравнивая распределение элементов-примесей в пирите и арсенопирите следует отметить, что в арсенопирите содержания сурьмы и золота выше, чем в пирите в 4-8 раз, причем в арсенопирите чаще проявляются значимые содержания серебра и олова, а в пирите – молибдена.

В таблице 3.65 приведены параметры распределения элементов-примесей в минеральных ассоциациях руд месторождения. Всего выделено и проанализировано восемь минеральных ассоциаций (кварц, практически, мономинеральный, кварц с пиритом, кварц с пиритом и арсенопиритом, кварц с альбитом, кварц с альбитом и пиритом, кварц с пиритом и сульфидами полиметаллов, кварц с альбитом, пиритом и арсенопиритом, кварц с альбитом, пиритом и сульфидами полиметаллов), которые характеризуются своеобразными наборами элементов-примесей. Повышенные концентрации некоторых элементов-примесей обязаны присутствию сульфидов в жильных образованиях месторождения.

Максимальные концентрации золота характерны для кварц-пирит-арсенопиритовой ассоциации. Но следует отметить достаточно высокие содержания металла во всех минеральных ассоциациях месторождения.

Особенности распределения элементов-примесей в кварце и сланцах зальбандов различных жил рассмотрены по выборкам проб, отобранных для каждой жилы из разведочных канав. Рассчитанные стандартные отклонения и средние содержания элементов-примесей приведены в таблицах 3.66-3.68. На рис. 3.51-3.54 представлены графики средних содержаний элементов-примесей в кварце, вмещающих породах и сланцах из зальбандов главных жил месторождения. Как видно из рисунков и таблиц, по характеру распределения содержаний элементов в колонке: вмещающие сланцы – зальбанды жилы – кварцевая жила, они разделяются на три группы:

1. As, Sb, Ag – присутствуют в значимых содержаниях только в кварцевых жилах и породах;

2. Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Au – наиболее высокие содержания характерны для пород зальбандов кварцевых жил;

3. V, Cr, Sn, Ba – содержание в кварцевых жилах и породах зальбандов ниже, чем во вмещающих породах.

Наиболее обогащены золотом жильный кварц и сланцы из зальбандов жил, причем в зальбандах всех жил отмечаются устойчивые повышенные концентрации металла, за исключением жилы Странная, где отмечаются низкие содержания как в кварце, так и в зальбандах.

По материалам площадного геохимического опробования на территорию рудного поля построены моноэлементные ореолы, ореолы в контурах совмещения рудогенных элементов и карты полей геохимических ассоциаций с использованием метода многомерных полей с автоматической классификацией элементов (Сазонов, Ананьев, 1980, 1983 г.).

Практически все золотоносные кварцевые жилы сопровождаются контрастными, выдержанными по простиранию ореолами повышенных концентраций золота. Параметры ореолов для наиболее крупных жил приведены в таблице 3.69. Ореолы имеют локальное распространение, линейно вытянуты вдоль кварцевых жил и оконтуривают их по ширине и длине в первые десятки метров. Размеры ореолов зависят от мощности и протяженности жил. При наличии серии сближенных жил или жильных зон ореолы золота приобретают неправильные часто изометричные очертания.

Нередко ширина ореолов достигает всего несколько метров, что отмечается как по простиранию, так и по падению жил. Продуктивность ореолов часто резко меняется даже на соседних горизонтах. Возможно, это связано с крайне неравномерным распределением металла в жилах и гнездовым промышленным оруденением. Содержание золота в ореолах по данным спектрохимического анализа колеблется в пределах 0,01 до 3 г/т. Следует отметить в целом повышенные содержания золота во вмещающих сланцах (в среднем 0,005-0,01 г/т). Кроме кварцевых жил ореолы золота и других элементов отмечаются в участках прожилково-вкрапленной минерализации. Ореолы этих зон характеризуются меньшей контрастностью, но продуктив-

Таблица 3.64

Содержание элементов-примесей в минералах рудных тел

Название	Pb	Cu	Zn	Ag	Ni	Co	As	Sb	Hg	Sn	Mo
Стадия I											
1. Кварц I*	0,001	0,008	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Стадия II											
2. Кварц II	0,005	0,005	0,01	–	0,001	0,001	0,02	–	–	0,0002	0,0001
3. Пирит II	0,005	0,003	0,02	0,000045	0,003	0,001	1	0,0056	–	–	0,00015
4. Арсенопирит	0,006	0,0025	0,009	0,00005	0,004	0,002	1	0,045	–	–	–
Стадия III											
5. Кварц III*	–	0,1	0,045	0,0003	–	–	–	–	–	–	–
6. Пирит III	0,008	0,003	0,045	–	0,004	0,0015	1	0,003	–	0,0001	0,0001
7. Сфалерит*	0,15	1,2	1	0,006	0,005	0,002	–	–	–	–	–
8. Блеклая руда*	0,2-1	–	–	0,3-0,5	0,001	–	0,4-0,5	–	–	–	–
9. Золото*	0,001	0,05-0,2	–	1-1	–	–	0,01-0,04	0,01-0,1	0,8-1	–	–
Стадия IV											
10. Кварц IV	–	0,001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11. Кварц IV	0,04	0,0026	0,02	0,00004	0,0025	0,0002	1	0,007	–	0,00006	0,0002

Название	Ti	Cr	V	Ba	Mn	Au	Bi	Ga
Стадия I								
1. Кварц I	0,04	–	–	–	0,005	–	–	–
Стадия II								
2. Кварц II	0,200	0,002	0,002	0,0100	0,200	0,005	–	0,0003
3. Пирит II	0,007	–	–	0,0036	0,003	0,0015	–	–
4. Арсенопирит	0,01	–	–	0,002	0,002	0,003	–	–
Стадия III								
5. Кварц III	0,03	–	–	–	0,01	–	–	–
6. Пирит III	0,008	–	–	0,003	0,0025	0,00013	–	–
7. Сфалерит	0,02	–	–	–	0,002	–	–	–
8. Блеклая руда	0,03-0,07	–	–	–	0,02	–	сл.-0,1	0,01
9. Золото	0,008-0,07	–	–	–	0,006	93-95	–	–
Стадия IV								
10. Кварц IV	0,01	–	–	–	0,006	–	–	–
11. Кварц IV	0,0007	–	–	0,004	0,008	0,0015	–	–

Примечание: * – анализы из работы Л.В. Ли (1974); "-" – концентрация элемента в минерале не установлена применяемым методом анализа.

ность золота такая же, как и для промышленных рудных тел. Это позволяет сделать предположение о перспективности зон прожилково-вкрапленной минерализации.

Ореолы в контурах совмещения пользуются наиболее широким распространением в северной и восточной части месторождения и пространственно приурочены, главным образом, к отложениям среднеудерейской подсвиты. Для ореолов характерна неправильная форма, но участки с распространением максимального числа элементов-примесей линейно вытянуты в северо-западном направлении. Размеры ореолов от 100 х 200 м до 500 х 2000 м. Ореолы в контурах совмещения четко оконтуривают жилу Васильевскую-I почти на всем ее протяжении, пространственно совпадают с Центральной рудной зоной, оконтуривают жилы 5 и 3. Для Западной рудной зоны характерно смещение ореолов в область выклинивания в северной ее части.

Ореолы в контурах совмещения по форме и их распределение по площади совпадают с ареалами распространения кварца, но намечается общая тенденция смещения на северо-восток относительно последних. Следует отметить постоянное совпадение в пространстве зон максимальных значений ореолов в контурах совмещения с полями максимальных концентраций золота в эндогенном геохимическом ореоле. Но ореолы золота имеют линейно вытянутые формы, в то время как ореолы в контурах совмещения характеризуются неправильными формами и более широким распространением, что обусловлено особенностями проявления ореолов отдельных элементов.

Эндогенные геохимические ореолы и геохимическая зональность рудных тел

При изучении распределения элементов-примесей в породах и рудах месторождения установлено, что повышенные концентрации вокруг кварцевых жил относительно неизмененных пород образуют следующие элементы: золото, мышьяк, медь, свинец, цинк, кобальт, молибден, барий, ванадий, хром и стронций. Аномальные концентрации данных элементов обнаруживаются и в сульфидизированных породах. Для каждого разведочного горизонта и профиля разведочных скважин были рассчитаны мажоритарные ряды элементов-примесей, где все элементы расположены в порядке убывания их относительного вклада, значимости.

Многомерным анализом на ЭВМ в пределах рудного поля оконтурены площади распространения ассоциаций элементов с аномальными концентрациями золота (Сазонов, Ананьев, 1980 г.). Наибольший интерес представляют ореолы 3-х групп ассоциаций:

1. Au, As, Pb;
2. Au, Pb;
3. Au, Pb, V, Co, Sn, Cu.

Минеральные формы нахождения ореолов главных элементов выявлены на основании изучения распределения элементов-примесей в мономинеральных фракциях жильных минералов и рудах, расчете баланса распределения элементов геохимического ореола по стадиям. Основная форма нахождения Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, Co, Ni, As, V в ореолах – сульфидная, преимущественно в виде примесей в пирите, реже в арсенопирите и в подчиненном количестве их источником являются собственные минералы Cu, Zn, Pb, As, Sb. Пирит и другие сульфиды присутствуют в виде микроскопической вкрапленности в парагенетической ассоциации с жильными нерудными минералами (кварцем, серицитом, хлоритом, карбонатитами). Кроме сульфидов носителями Cu, Pb, Zn, Mo, Ba являются хлориты, серициты, гидрослюды. Такие элементы, как Mn, Sr, Ba, Cr присутствуют в ореолах в виде примесей в карбонатитах, слюдах и полевых шпатах, а также в подчиненных количествах в пирите, арсенопирите. Мышьяк и медь на верхних горизонтах связаны с блеклой рудой, а на нижних соответственно с арсенопиритом и халькопиритом. Сурьма присутствует в виде собственного минерала-антимонита, а также входит в состав блеклой руды. Очень часто в кварце жил и прожилков устанавливаются повышенные концентрации Pb, Cu, Ag, Ti, Mn, Au. Наличие многочисленных прожилков в ореольном пространстве приводит к локальному расширению ореолов и нарушению их однородности. В целом, геохимическая зональность является отражением минералогической зональности, проявляющейся на месторождении.

Эндогенные геохимические ореолы рудных тел представляют собой поля аномальных повышенных концентраций элементов-примесей, ориентированные вдоль рудных тел. Мощность ореола вкрест простирания жил составляет первые метры, реже десятки метров. Протяженность ореолов по падению рудных тел установить не удалось из-за отсутствия выработок, подсекающих ореолы на глубоких (более 400 м) горизонтах. Вследствие неравномерной гнездовой локализации оруденения ореолы характеризуются слабой выдержанностью в поперечном и продольном сечении. Продуктивность ореолов часто резко меняется уже на соседних горизонтах. Маломощные кварцевые прожилки, зоны прожилковой минерализации также сопровождаются ореолами повышенных концентраций элементов-примесей, но значительно меньшей контрастности и мощности.

Поперечная зональность эндогенных геохимических ореолов в сечениях разведочных скважин почти не проявляется из-за наличия многочисленных оперяющих жил и прожилков, сульфидной минерализации, находящихся в непосредственной близости от главного рудного тела, за счет чего отмечается телескопирование, наложение ореолов друг на друга.

Расчет подвижности элементов-индикаторов и вертикальной геохимической зональности эндогенных ореолов производился на примере жилы Васильевской-I, наиболее охарактеризованной горными выработками по разведочным линиям № 4, 5 и 6. Наиболее контрастная зональность проявилась в сечении разреза № 4 (скважины 9, 75, 76 и скв. 31, спроектированная на разрез 4) (табл. 3.70, рис. 3.55). Данные скважины вскрывают ореолы рудного тела на разных уровнях и характеризуют разведочные горизонты 150 м (скв. 31), 200 м (скв. 9), 250 м (скв. 75) и 300 м (скв. 76). Самые высокие содержания золота во вмещающих породах проявляются на горизонте 250 м, где оно составляет 0,594 г/т.

Расчет показателя относительного накопления позволяет выявить ряд подвижности элементов, который подтверждается другими разведочными линиями: цинк – свинец – барий – медь – мышьяк – золото – молибден – хром – ванадий – кобальт – стронций. Здесь и далее в тексте элементы расположены в ряду в порядке убывания подвижности. Следует обратить внимание на поведение серебра и сурьмы в эндогенном геохимическом ореоле. Данные элементы приурочены к наиболее высоким горизонтам, и с глубиной их продуктивность резко падает. На нижних горизонтах эти элементы спектральным анализом в породах не установлены. Максимальные продуктивности серебра и сурьмы проявляются на горизонтах 150-200 м (скв. 13, 31 9, 40, 77). Более высокие горизонты месторождения не вскрыты разведочными скважинами. Серебро и сурьма являются наиболее подвижными и должны занять первое место в ряду зональности.

Таблица 3.65

Параметры распределения элементов-примесей в минеральных ассоциациях Васильевского месторождения

Минеральные ассоциации	Au 10^{-3}		As 10^{-2}		Zn 10^{-2}		Pb 10^{-3}		Cu 10^{-3}		Ni 10^{-3}		Co 10^{-4}		Mo 10^{-4}		Cr 10^{-2}	
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
1. Кварц	96,7	356,1	–	–	1,5	2,6	9,4	17,7	3,9	4,6	2,7	2,7	14,2	37,7	1,4	1,2	0,3	0,2
2. Кварц-пиритовая	143,9	216,1	3,5	6,7	1,6	1,9	35,9	95,6	5,9	6,4	1,7	1,0	6,9	6,2	0,9	0,5	0,2	0,2
3. Кварц-пирит-арсенопиритовая	810,2	963,6	25,6	28,2	0,4	0,6	2,3	5,9	1,6	1,1	1,1	0,9	3,7	3,1	0,9	0,4	0,2	0,1
4. Кварц-альбитовая	203,1	619,9	–	–	0,5	0,7	6,8	12,3	5,9	12	2,5	2,2	5,1	4,2	1,3	0,8	0,2	0,2
5. Кварц-альбитовая с пиритом	55,7	105,9	3,5	5,7	0,5	0,9	5,6	12,2	2,9	2,8	2,1	1,9	6,1	7,8	1,3	0,9	0,3	0,2
6. Кварц-пиритовая с сульфидами полиметаллов	207,5	679,2	–	–	3,1	7,1	80,8	140,8	6,7	8,7	1,9	1,4	8,6	12,2	1,4	1,1	0,2	0,2
7. Кварц-альбитовая с пиритом и арсенопиритом	1150	2021,8	37,5	46,0	0,3	0	0,3	0	2,5	0,7	4,0	4,2	7,5	5,5	2,5	1,6	0,5	0,3
8. Кварц-альбитовая с пиритом и сульфидами полиметаллов	787,5	1603	–	–	2,1	1,2	34,6	32,8	3,8	1,6	2,6	2,2	6,3	2,5	1,5	1,1	0,2	0,1

Минеральные ассоциации	Mn 10^{-2}		Ti 10^{-2}		Be 10^{-4}		Li 10^{-3}		Sr 10^{-2}		V 10^{-2}		Кол-во проб
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	
1. Кварц	13,5	31,4	13,1	11,9	1,1	1,1	5,3	7,6	0,6	0,6	0,3	0,3	96
2. Кварц-пиритовая	12,2	9,6	11,5	9,5	1,3	1,4	4,8	6,5	0,9	0,7	0,3	0,2	30
3. Кварц-пирит-арсенопиритовая	3,8	3,2	12,0	12,1	1,6	2,8	9,4	21,4	0,8	0,8	0,3	0,2	11
4. Кварц-альбитовая	14,0	11,1	9,8	7,7	0,9	0,3	4,9	5,5	1,6	1,3	0,3	0,2	23
5. Кварц-альбитовая с пиритом	17,8	10,1	8,2	8,9	–	–	–	–	1,3	0,9	0,2	0,1	12
6. Кварц-пиритовая с сульфидами полиметаллов	37,6	89,2	9,2	11,2	0,8	0,7	3,1	2,7	0,7	0,8	0,3	0,3	19
7. Кварц-альбитовая с пиритом и арсенопиритом	10	0	20,0	0	1,5	0,7	4,5	3,5	2,5	1,6	0,7	0	2
8. Кварц-альбитовая с пиритом и сульфидами полиметаллов	21,6	11,7	7,1	8,1	0,9	0,2	2,8	2,0	1,3	1,0	0,2	0,1	8

Примечание: x – средние содержание; s – стандартное отклонение; прочерки означают низкую частоту встречаемости элемента.

Таблица 3.66

Распределение элементов-примесей в жильном кварце Васильевского месторождения

Номер жилы	Кол-во проб	Au 10^{-3}		Ni 10^{-3}		Co 10^{-4}		Zn 10^{-2}		Pb 10^{-3}		Cu 10^{-3}		Sn 10^{-4}		Cr 10^{-2}		V 10^{-2}		As 10^{-2}	
		x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
I	11	749,2	1088,1	0,9	0,7	1,3	1,4	0,3	0,2	18,4	60,2	3,7	8,7	–	–	0,1	0,1	0,2	0,1	–	–
II	13	932,3	1151,4	2,3	1,3	3,7	5,0	0,3	0,1	18,1	54,7	6,9	8,7	1,5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	14,8	28,8
II[б]	10	107,0	244,6	0,8	0,5	1,9	1,7	0,2	0,1	1,0	1,2	1,4	0,7	–	–	0,4	0,9	0,1	0,1	–	–
IX	11	836,4	1106,6	6,1	5,1	12,7	18,2	0,6	0,5	4,2	3,2	11,8	14	1,6	1,3	0,4	0,3	0,2	0,1	11,8	22,6
III	12	1465	1316	1,9	1,1	1,6	1,2	0,4	0,3	34,9	84,9	4,5	7,4	–	–	0,1	0,1	0,2	0,1	16,8	17,9
V	6	508,3	773,0	5,8	7,1	57,8	119	0,6	0,7	3,2	3,5	3,7	3,5	–	–	0,5	0,7	0,6	1,2	6,2	7,4
VI	19	367,5	700,1	3,9	6,6	6,6	11,5	0,3	0,2	1,6	2,5	3,9	4,2	1,9	2,5	0,3	0,6	0,1	0,1	20,4	32,9
VII	11	682,7	969,4	3,7	1,7	3,7	1,9	0,3	0,1	0,2	1,4	1,7	1,7	2,7	3,7	0,3	0,1	0,1	0,1	21,0	31,6
XVIII-XX	17	210,0	176,3	4,5	5,6	7,3	8,3	0,3	0,1	1,3	1,9	2,3	0,9	2,6	3,4	0,4	0,6	0,1	0,1	–	–
XXII	7	1059	1369,4	2,8	2,8	2,4	3,4	2,2	0,3	0,2	0,7	1,1	2,4	1,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	1,6	2,9
Странная	9	97,6	109,7	2,3	2,0	19,9	33,7	0,4	0,2	0,8	0,6	2,0	1,3	2,0	2,5	2,0	2,5	0,2	0,1	–	–

Примечание: x – среднее содержание; s – стандартное отклонение; прочерк означает низкую частоту встречаемости элемента

Таблица 3.67

Параметры распределения элементов-примесей во вмещающих породах отдельных жил Васильевского месторождения

Номер жилы	Кол-во проб	Au 10^{-3}		Ni 10^{-3}		Co 10^{-4}		V 10^{-2}		Ba 10^{-2}		Sn 10^{-4}		Zn 10^{-2}		Pb 10^{-3}		Cu 10^{-3}		Cr 10^{-3}	
		x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
I	42	74,6	167,7	1,9	1,9	4,7	4,5	1,9	1,0	5,8	1,9	4,4	6,0	0,9	0,6	3,0	6,7	2,6	1,4	0,8	0,4
II	34	159,9	808,6	1,5	1,4	8,3	14,6	3,3	1,0	6,7	1,8	8,0	7,4	0,8	0,6	3,5	3,2	7,5	10,8	1,0	0,5
II[б]	38	35,4	120,9	2,8	2,2	4,6	9,8	3,0	0,9	6,4	1,3	7,0	8,0	0,6	0,5	3,0	3,3	3,3	3,2	0,9	0,5
IX	36	22,7	34,2	4,0	4,2	18,0	29,0	3,7	1,2	5,8	1,4	10,1	5,6	1,5	1,2	4,0	4,2	8,0	10,0	1,4	0,6
III	39	126,9	528,6	3,5	4,0	20,0	40,0	3,8	1,4	4,7	1,6	5,0	3,7	1,3	1,3	3,0	7,5	10,0	18,9	1,0	0,4
V	21	9,6	10,3	3,2	1,5	9,0	17,8	2,9	1,0	5,0	1,8	4,0	5,6	1,0	0,7	1,9	1,9	4,3	1,9	1,0	0,3
VI	72	60,9	361,4	4,0	1,8	9,4	12,7	2,5	0.9	5,5	0,9	11,0	30,2	1,1	0,9	3,0	6,4	5,0	7,3	1,0	0,7
VII	34	8,3	28,1	5,1	5,2	5,5	8,1	3,0	1,1	7,0	1,2	15,0	15,3	1,1	0,7	4,0	4,9	4,0	2,8	1,2	0,7
XVIII-XX	32	116,7	1055	3,8	2,3	7,6	11,5	2,2	1,1	5,6	1,3	7,0	9,7	1,4	0,7	2,0	2,7	2,7	1,8	0,9	0,2
XXII	24	123,3	735,0	3,7	2,2	5,2	8,8	2,2	2,4	6,7	1,8	5,3	2,0	1,4	0,7	1,7	1,8	4,0	1,9	1,0	0,5
Странная	35	18,5	48,4	4,0	3,0	22,0	42,0	1,7	0,9	6,5	2,4	5,3	3,5	1,5	0,9	2,8	2,5	4,0	1,7	0,8	0,3

Примечание: x – среднее содержание, S – стандартное отклонение.

Таблица 3.68

Параметры распределения элементов-примесей в сланцах из зальбандов кварцевых жил Васильевского месторождения

Номер жилы	Кол-во проб	Au 10^{-3}		Ni 10^{-3}		Co 10^{-4}		Zn 10^{-2}		Pb 10^{-3}		Cu 10^{-3}	
		x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
I	10	804,0	994,1	3,1	2,6	16,9	20,9	1,2	1,2	5,2	7,7	10,5	14,8
II	13	874,6	1019,0	5,2	3,5	42,2	56,5	2,5	1,8	7,0	6,3	13,1	10,7
$II^{окс}$	11	139,1	121,9	3,4	2,9	18,6	22,3	1,8	1,3	8,3	20,5	12,8	17,4
IX	12	644,2	821,9	8,0	10,3	35,0	31,1	3,3	1,8	128,5	280,8	35,2	32,9
III	12	745,0	906,0	3,9	2,8	29,9	31,4	1,7	1,2	6,6	8,1	18,3	11,3
V	5	694,0	770,8	5,4	3,4	57,6	81,9	2,8	1,8	6,4	7,9	7,2	3,0
VI	21	722,5	1019,4	3,2	2,2	16,3	16,6	1,3	0,1	9,6	23,3	11,2	11,9
VII	11	455,0	917,5	4,4	2,4	19,3	10,1	1,1	0,8	1,5	1,3	8,2	6,1
XVIII-X	6	291,7	322,8	4,8	1,9	19,2	10,2	1,8	1,0	4,3	2,3	4,7	0,5
Странная	9	50,1	96,1	3,8	2,9	32,2	34,1	1,2	0,6	4,4	9,6	3,6	1,3

Номер жилы	Кол-во проб	Cr 10^{-2}		Ba 10^{-2}		V 10^{-2}		As 10^{-2}		Sn 10^{-4}	
		x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
I	10	0,5	0,2	4,7	1,9	1,5	0,6	23,5	31,9	3,8	2,9
II	13	0,7	0,2	3,9	1,7	2,2	0,9	27,4	29,9	6,7	4,4
$II^{окс}$	11	0,8	0,5	4,8	1,1	1,9	0,9	3,0	3,1	3,4	1,7
IX	12	0,8	0,5	3,0	1,9	2,1	1,6	29,3	37,5	4,3	2,5
III	12	0,6	0,3	3,1	1,5	2,7	0,7	16,2	16,1	5,2	4,9
V	5	0,6	0,2	3,0	2,5	1,7	0,9	8,4	7,2	3,8	2,4
VI	21	1,0	0,4	5,5	1,9	2,3	0,7	10,6	31,0	7,0	5,7
VII	11	0,6	0,6	4,6	2,5	2,4	0,7	4,5	6,0	10,0	13,4
XVII-XX	11	0,7	0,3	5,3	1,7	2,0	1,0	2,9	3,5	4,4	2,5
XXII	6	0,8	0,0	4,7	1,0	1,5	0,5	2,8	1,9	4,8	3,3
Странная	9	0,6	0,1	6,1	2,4	1,0	0,4	–	–	7,7	15,9

Примечание: x – среднее содержание; S – стандартное отклонение; прочерк означает низкую частоту встречаемости элемента.

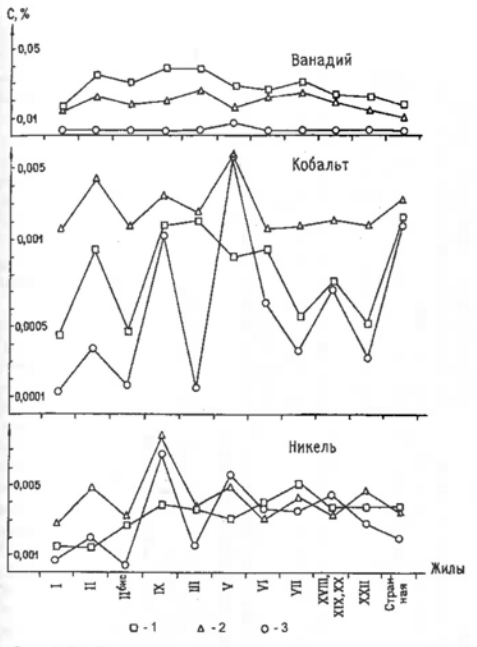


Рис. 3.51. Средние содержания элементов-примесей в кварцевых жилах и вмещающих породах Васильевского месторождения

1 – вмещающие породы; 2 – сланцы из зальбандов кварцевых жил; 3 – кварц

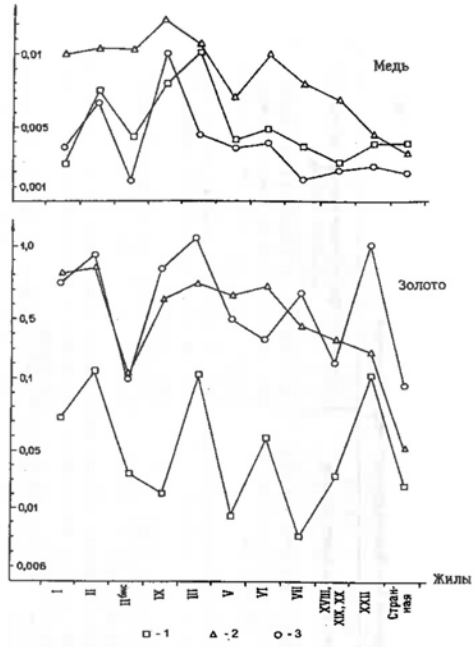


Рис. 3.52. Средние содержания элементов-примесей в кварцевых жилах и вмещающих породах Васильевского месторождения

1 – вмещающие породы; 2 – сланцы из зальбандов кварцевых жил; 3 – кварц

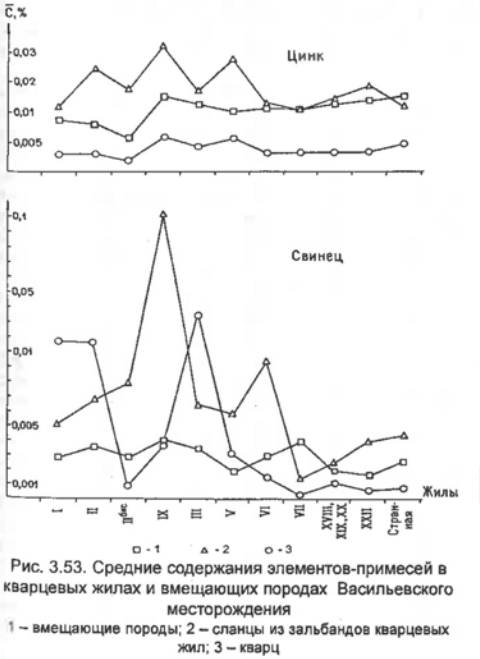


Рис. 3.53. Средние содержания элементов-примесей в кварцевых жилах и вмещающих породах Васильевского месторождения

1 – вмещающие породы; 2 – сланцы из зальбандов кварцевых жил; 3 – кварц

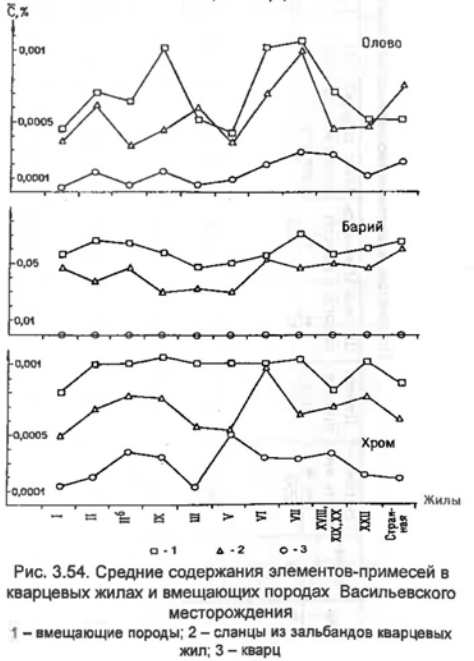


Рис. 3.54. Средние содержания элементов-примесей в кварцевых жилах и вмещающих породах Васильевского месторождения

1 – вмещающие породы; 2 – сланцы из зальбандов кварцевых жил; 3 – кварц

Таблица 3.69

Параметры эндогенных геохимических ореолов золота рудных тел Васильевского месторождения

№	№ жилы	Протяженность жилы, м	Длина ореола, м	Ширина ореола, м	Площадь ореола, м^2	Макс. содержание золота в ореоле 10^{-3}	К**	Характер проявления ореола	Характер проявления минерализации на площади ореола
1.	III	250	350	41	14 400	2000	200	Ореол неправильной формы, контрастный, пространственно связан с жилой III, вытянут в СВ направлении	Прожилки кварца, обломки катаклазированного кварца с пустотами выщелачивания, сульфиды не отмечаются. частичная лимонитизация сланцев
2.	IX	460	140	60	8400	3000	300	Ореол подковообразной формы, средней контрастности, связан с жилой IX	Обломки кварца, частичная сульфидизация сланцев (пирит, арсенопирит), лимонитизация сланцев
3.	IX II-бис	460 210	425	66	28 400	3000	300	Ореол контрастный, вытянутый в СВ направлении пространственно связан с жильной зоной (IX, II-бис)	Обломки кварца, пиритизация сланцев и кварца, лимонитизация кварцев
4.	VI	270	280	84	23 600	2000	200	Ореол неправильной формы, вытянутый в СВ направлении, контрастный, пространственно связан с жилой VI	Прожилки кварца, пирит в кварце и сланцах, обломки катаклазированного кварца, лимонитизация
5.	XVIII XIX II	124 44 420	1000	144	144 000	3000	300	Контрастный ореол, вытянутый в двух направлениях на СВ и на СЗ, связан с жильной зоной II	Прожилки кварца, обломки кварца, обломки, глыбы катаклазированного кварца, лимонитизированные, брекчированные сланцы
6.	XVII	260	420	117	49 200	700	70	Ореол средней контрастности, размытый, связан с северным окончанием ж-XVII	Прожилки и обломки кварца, лимонитизированные сланцы
7.	VII	170 56 38 70	320	180	57600	3000	300	Ореол неправильных извилистых очертаний, контрастный, связан с серией жил	Мелкие прожилки, обломки кварца, вкрапленность сульфидов в кварце (пирит, арсенопирит), лимонитизация сланцев
8.	I Странная	560 120	1000	152	152 000	3000	300	Ореол узкий, линейно вытянутый в СВ направления, контрастный, связан с серией жил	Обломки катаклазированного кварца с пустотами выщелачивания, сульфидизация сланцев (пирит, арсенопирит, скородит), лимонитизация
9.	Странная	120	320	106	34 000	500	50	Ореол средней контрастности, неправильной формы, пространственно связан с жилой Странной	Обломки кварца, лимонитизация сланцев
10	Странная Южная	162	126	19	2400	500	50	Ореол узкий, вытянутый в СВ направлении, обнаруживает четкую пространственную связь с жилой Странной Южной, средней контрастности	Обломки кварца

Примечание: К** - коэффициент контрастности = С макс. / С миним.

Никель образует повышенные концентрации лишь в сечении скважины 80 на горизонте 400 м и на горизонте 300 в скв. 78 (рис. 3.56). Этот элемент в ряду подвижности занимает крайнее правое положение. Обобщенный ряд зональности эндогенного геохимического ореола можно представить следующим образом: сурьма – серебро – цинк – свинец – барий – медь – мышьяк – золото – молибден – хром –ванадий – кобальт – стронций – никель. Крайние члены ряда зональности могут быть использованы для расчета мультипликативного показателя зональности (K_3). Учитывая низкую частоту встречаемости сурьмы и серебра в породах по данным спектрального анализа, а также низкую дисперсию содержаний стронция, мультипликативный показатель примет следующее выражение Cu•Pb•Zn / Co•V•Ni.

Данный показатель может служить одним из критериев оценки перспектив оруденения на глубину и поисков "слепых" рудных тел по геохимическим аномалиям. В вертикальном сечении рудного тела K_3 имеет очень контрастное распределение – от 1880 на верхних горизонтах до 0,02 – на нижних. По-видимому надрудные и подрудные части ореолов будут иметь еще более контрастные значения показателя. Следует отметить, что продуктивности ореолов золота и мышьяка закономерно возрастают к нижним горизонтам, отношение произведений верхнерудных элементов к произведению нижнерудных элементов (K_3) уменьшается. В продольном сечении жилы Васильевская-I наблюдается увеличение значении продуктивностей золота, свинца, цинка, меди в северо-восточном направлении и к более глубоким горизонтам. Это свидетельствует о перспективах глубоких горизонтов месторождения на промышленное оруденение. Рудные столбы в жиле также полого погружаются на северо-восток.

Отмечается прямая зависимость в распределении мышьяка и золота в эндогенном геохимическом ореоле. С увеличением концентрации золота закономерно возрастают концентрации мышьяка. В кварце и сульфидах эта зависимость аналогична. Таким образом, мышьяк может служить непосредственным поисковым признаком золотого оруденения на месторождении.

Расчет мажоритарных рядов позволил выявить геохимические ассоциации элементов, которые обнаруживают зональное распределение в вертикальном и продольном разрезе рудного тела. Верхние горизонты представлены Sb-Ag-Zn-Pb, Au-Mo-Zn-Pb, Zn-Pb-Sr-Co и Ni-Sr-Co ассоциациями (в ассоциации включены элементы, характеризующиеся максимальными величинами относительного накопления на конкретном горизонте), которые в среднем составляют 10-15 %. По простиранию рудного тела проявляется продольная зональность, выражающаяся в отчетливой дифференциации геохимических ассоциаций в соответствии с рассмотренной выше осевой (вертикальной) зональностью. На горизонте 250 м Mo-Au-As-Sr-Co ассоциация сменяется Zn-Cu-Pb ассоциацией, а на горизонте 300 м Sr-Co-Zn-Pb ассоциация сменяется Au-As-Mo-Ba в северо-восточном направлении. Особенности распространения ассоциаций в продольном сечении почти полностью соответствует ряду вертикальной зональности эндогенных геохимических ореолов. Юго-западные фланги рудных тел характеризуются Ni-Sr-Co ассоциацией, которая закономерно сменяется в северо-восточном направлении Pb-Sr-Zn-Co; Au-Zn-Pb; Sb-Ag-Pb-Cu ассоциациями. Это свидетельствует о том, что суммарный вектор движения рудоносных растворов имеет две составляющие – горизонтальную (продольную) и вертикальную (вертикальная зональность). В совокупности геохимические данные свидетельствуют о перспективности северного фланга месторождения (Сазонов, Ананьев, 1980).

Таблица 3.70

Средневзвешенные содержания элементов-примесей в эндогенном геохимическом ореоле

Горизонт	Au	As	Zn	Pb	Cu	Mo	Co	Ba	V	Cr	Sr
В абсолютных значениях											
Скв. 31 (150 м)	0,0100	–	0,0400	0,0044	0,0010	–	0,0002	0,0960	0,0080	0,0050	–
Скв. 9 (200 м)	0,0038	0,0138	0,0138	0,0063	0,0118	–	0,0006	0,0960	0,0412	0,0070	–
Скв. 75 (250 м)	1,1780	0,2080	–	0,0004	–	0,0001	0,0007	0,0760	0,0081	0,0035	0,0120
Скв. 76 (300 м)	0,0370	0,0100	–	0,0010	–	–	0,0008	0,0590	0,0083	0,0029	0,0120
В процентах											
150 м	0,8	–	74,3	39,6	7,2	–	8,7	29,4	20,7	27,2	–
200 м	0,3	6,0	25,7	56,8	85,6	–	26,1	29,4	36,8	38,0	–
250 м	95,9	89,7	–	3,6	–	100,0	30,4	23,2	21,0	19,0	47,8
300 м	3,0	4,2	–	–	7,2	–	34,8	18,0	21,5	15,8	52,2
В отношениях											
150 м	0,0038	–	0,3574	0,1905	0,0346	–	0,1418	0,1414	0,0996	0,1308	–
200 м	0,0009	0,0197	0,0843	0,1864	0,2809	–	0,0856	0,0965	0,1207	0,1247	–
250 м	0,2227	0,2083	–	0,0084	–	0,2322	0,0706	0,0539	0,0487	0,0441	0,1110
300 м	0,0191	0,0274	–	–	0,0459	–	0,2219	0,1148	0,1371	0,1008	0,3329

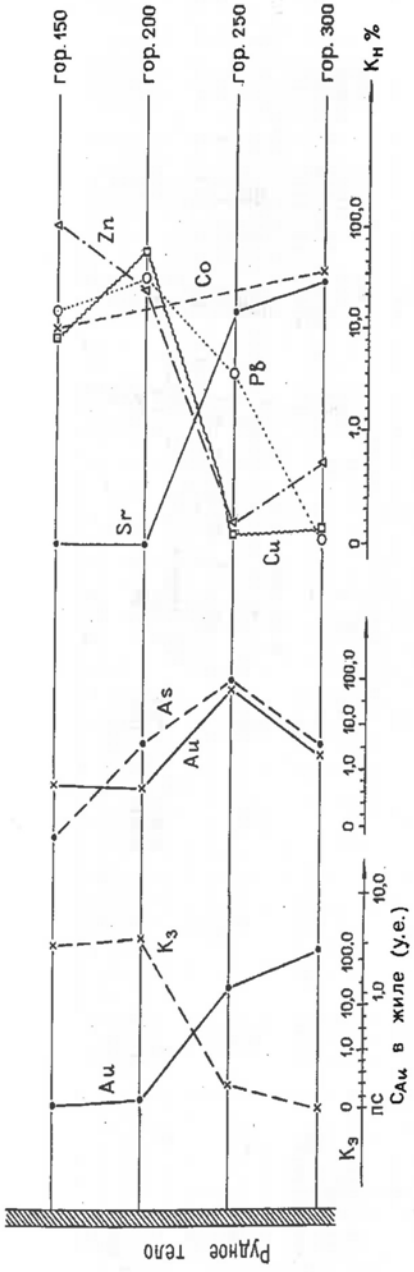


Рис. 3.55. Графики изменения с глубиной показателя зональности ($K_э$) и коэффициента относительного накопления элементов-индикаторов оруденения ($K_н$) в сечении скв. № 31, 9, 75, 76

Зоны рассеянной прожилково-вкрапленной минерализации характеризуются также ореолами повышенных концентраций ряда элементов. Главными элементами эндогенных геохимических ореолов зон рассеянной минерализации (ЗРМ) являются золото, мышьяк, свинец, цинк, медь, никель, кобальт, ванадий. В отличие от ореолов основных рудных тел, ореолы ЗРМ характеризуются меньшей контрастностью в распределении основных элементов (коэффициент зональности колеблется в пределах от 0,9 до 15,0), остальные характеристики ореолов примерно те же. Следует обратить внимание на то, что продуктивность золота и элементов-индикаторов эндогенных геохимических ореолов отдельных рудных тел и зон рассеянной минерализации, в среднем, одинакова для всех рудных образований месторождения, что увеличивает перспективы большинства жил и месторождения в целом. В первую очередь заслуживают пристального внимания зоны рассеянной минерализации, сопровождающие жилу I (Сазонов, Ананьев, 1980). В распределении ореолов по площади рудного поля отмечается литологический и структурный контроль. Около 90 % ореолов с концентрацией золота 0,05 г/т и выше приурочено к отложениям среднеуерейской и верхней пачке нижнеуерейской подсвит. Примечательно то, что основная доля (80 %) ореолов концентрируется в замках синклинальных складок и на их крыльях. Таким образом, положение ореолов золота в структуре месторождения повторяет распределение кварцевых жил.

Положение Западной рудной зоны в геохимических полях

Золотоносные кварцевые жилы VI, VII, XVI, XXII, XIX, XVIII на юго-западе и III на северо-востоке сопровождаются устойчивыми концентрированными ореолами золота (рис. 3.57). Параметры ореолов золота и их краткая характеристика приведены в таблице 3.70. Осевая часть рудной зоны с ЮЗ на СВ трассируется прерывистыми аномалиями повышенных концентраций всех рудогенных элементов геохимического ореола. Судя по плотности и контрастности элементов между южным и северным участками зоны возможна не имеющая выхода на поверхность непрерывная кварцево-жильная минерализация с прерывистым промышленным оруденением. Это частично подтверждается разведочным бурением по Р.Л. 24, где на глубине подсечены "слепые" мощные (до 20 м) жильные зоны. Характер распределения As, Ag, Sb, вид продольной зональности элементов в геохимическом ореоле, смена геохимических ассоциаций по простиранию зоны аналогичны наиболее хорошо изученному геохимическому ореолу жилы - I (Сазонов, Ананьев, 1980 г.).

Скважинами 53 по III жиле, 56 и 55 по VI подсечены на разведочных горизонтах 150 и 200 м контрастные геохимические ореолы, отвечающие промышленным рудным телам. Коэффициент рудоносности Pb•Cu•Zn / Co•Ni•V изменяется от 1,6 по жиле III до 0,85-0,43 по жиле VI. В скважине 80 (горизонт 400 м) рудное подсечение, находящееся в контуре промышленного блока, характеризуется показателем рудоносности 0,02. Это еще раз свидетельствует о распространении промышленного оруденения на глубину.

Геофизическая характеристика месторождения

Наземные геофизические работы

Выбор комплекса геофизических методов для изучения геологического строения месторождений Партизанского рудного района основывался на различии вмещающих пород и золотоносных кварцевых жил по физическим свойствам.

Измерения физических свойств горных пород и руд проводились на образцах Васильевского месторождения.

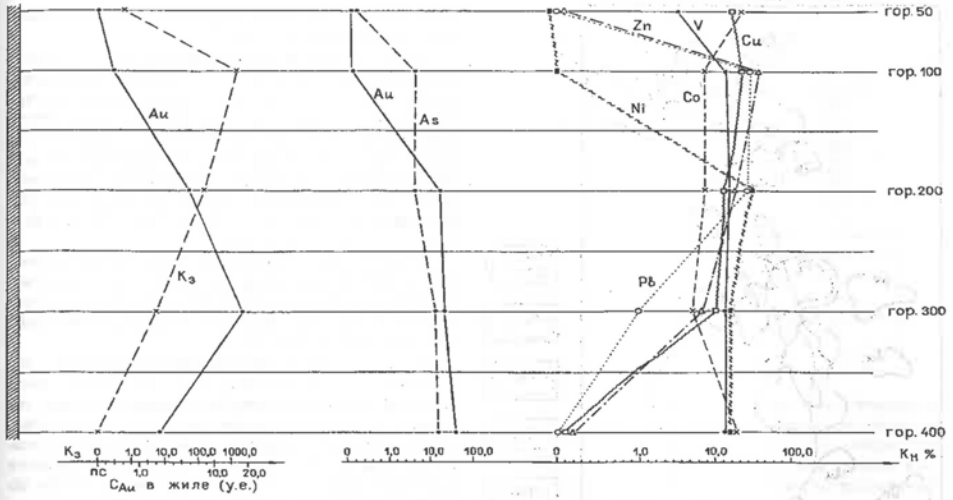


Рис. 3.56. Графики изменения с глубиной показателя зональности ($K_э$) и коэффициента относительного накопления элементов-индикаторов оруденения ($K_н$) в сечении скв. № 33, 77, 78, 80

Определены магнитные и электрические характеристики. Для измерения магнитной восприимчивости (æ) использовался прибор Кт-3; для изучения поляризуемости – $\eta_к$ установка, состоящая из прибора АЭ-72 и приставки ВП.

Статистическая обработка данных магнитной восприимчивости (æ) горных пород и данные ГИС, выполненные Олимпиадинской каротажной партией Южной геофизической экспедиции ПГО "Красноярскгеология" на Васильевском месторождении (табл. 3.71), дают низкую дифференциацию по æ.

Вмещающие породы, как и руды, относятся к группе слабомагнитных (44 %) или немагнитных (32 %), лишь незначительная часть вмещающих пород относится к магнитным, что позволяет использовать магниторазведку для выделения продуктивных зон лишь как косвенный метод при комплексной интерпретации геофизических данных.

Вмещающие породы и кварцево-жильные зоны имеют высокую дифференциацию по электрическому сопротивлению (табл. 3.72).

Электрическое сопротивление кварцево-жильных зон на порядок выше, чем во вмещающих породах, где оно не превышает 1900 Ом•м, что является основным критерием их выделения. С повышением содержания кварца в породах растет и их электрическое сопротивление. Кварцевые жилы и зоны окварцевания имеют кажущееся сопротивление от 1800 до 5000-23000 Ом•м в зависимости от степени трещиноватости и интенсивности сульфидной минерализации. Аномалиями-помехами являются окварцованные песчаники, имеющие широкий диапазон от 2500 до 10 000-14 000 Ом•м.

Это различие обусловило применение электроразведки в различных модификациях в качестве ведущего метода. В связи с тем, что одинаковые исследования проводились в разное время, на различных участках, разными авторами, представляется целесообразным проанализировать результаты геофизических работ по методам и их модификациям.

Электроразведка

В комплекс электроразведочных методов применявшихся при изучении Васильевского и других месторождений рудного золота в разное время входили комбинированное электропрофилирование, дипольное электропрофилирование, метод отношения градиентов потенциала, метод естественного электрического поля и метод вызванной поляризации в модификациях срединного градиента и центрального электрода, вертикальное электрическое зондирование. Анализ геофизических материалов позволит наметить связь между отдельными методами электроразведки.

Комбинированное электропрофилирование (КП) впервые было опробовано А.Г. Шпилько (1955) на Герфедском и Васильевском месторождениях. Работы велись электроразведочной установкой с разносами АО = ОВ – 100 м, MN = 20 м по сети 100 х 20 м. В 1959 г. работы этим методом с аналогичной установкой были проведены Н.Н. Горленко в пределах Герфедского и Васильевского месторождений, а в 1960 г. – А.П. Васильевым в районе Герфедского и Уральского участков.

Основные задачи комбинированного профилирования заключались в прослеживании отдельных структурных элементов – тектонических нарушений, зон рассланцевания, зон минерализации и окварцевания, протяженных кварцевых жил. Графики КП, полученные при профилировании над известными геологическими объектами, позволяют четко отделить высокоомные зоны окварцевания и кварцевые жилы от низкоомных участков сульфидной минерализации и зон рассланцевания. Над мощными кварцевыми жилами (мощность до 10 м) значения $\rho_к$ достигают 1800÷2000 Ом•м (рис. 3.58), над жилами меньшей мощности (до 1-2 м) $\rho_к$ = 600 х 800 Ом•м (рис. 3.59). При этом сопротивление над зонами сульфидной минерализации не превышает $\rho_к$ = 50÷100 Ом•м. Вмещающие породы (филлиты) характеризуются кажущимся сопротивлением, обычно не превышающим 500÷600 Ом•м. Аномалии кажущегося сопротивления по данным КП четко коррелируется на соседних профилях, когда геологические объекты выдержаны по простиранию (Герфедское, Васильевское рудные поля). Оси аномалий сопротивления и проводимости совпадают по простиранию с возмущающими объектами. Для рудных тел небольших размеров или при наличии разрывных нарушений, протяженные аномальные зоны не харак-

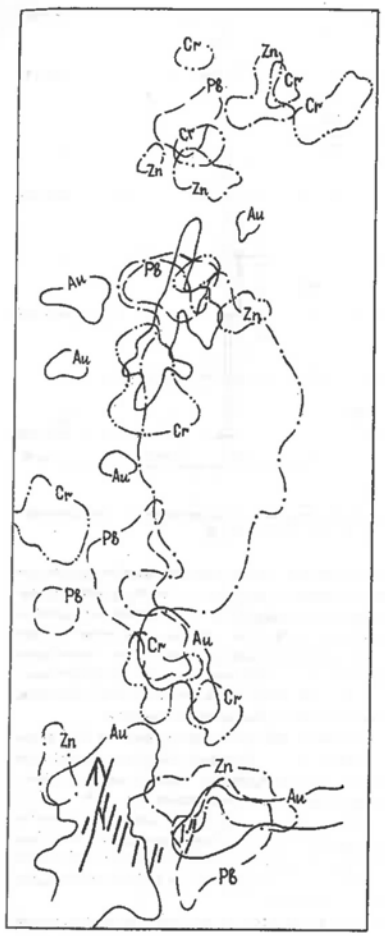


Рис. 3.57. Положение Западной рудной зоны в геохимических полях (м-б 1:10 000) (по данным Г.С. Палиенко, Е.Л. Ковалевой, 1987 г.)

1 – кварцевые жилы, 2-5 – эндогенные геохимические ореолы: 2 – золота (более 0,05 г/т), 3 – свинца (более 0,03 %), 4 – цинка (более 0,02 %), 5 – хрома (более 0,02 %)

терны, форма аномалий $\rho_к$ приближается к изометричной (Удерейское месторождение).

Дипольное электропрофилирование (ДЭП) в большом объеме было выполнено в 1975 г. Енисейской партией под руководством В.В. Бобыкина на участках Васильевского и Мамонского золоторудных полей. Геофизические работы проводились с целью картирования зон развития золоторудных жил, зон окварцевания. Для регистрации электрических полей были опробованы три дипольно-осевых двухразностных односторонних установки со следующими параметрами: 1) А" 60 А· 20 А 70 М 20N, 2) А" 20 А· 60 А 30 М 20N, 3) А" 60 А· 20 А 30 М 20N.

В качестве производственной использовалась последняя установка, т.к. графики $\rho_к$ в этом случае получились наиболее дифференцированными. Электроразведка проводилась по сети 400 х 20 м на Васильевском участке и по сети 100 х 20 м на Полутнинском.

В пределах месторождения Васильевского по $\rho_к$ выделяются две высокоомных зоны ($\rho_к$ > 2000 Ом•м) – северо-западная и юго-восточная. Пониженные значения $\rho_к$, как правило, приурочены к зонам дробления, интенсивного рассланцевания, при удалении от них наблюдается постепенное возрастание $\rho_к$. В северо-западной части участка выделяется много маломощных кварцевых жил и зон окварцевания. Графики $\rho_к$ представляют собой серии сближенных минимумов на общем повышенном фоне. Максимумы $\rho_к$ соответствуют кварцево-жильным зонам. Пониженными значениями кажущегося сопротивления отмечается, расположенный юго-западнее месторождения Урал, Верхне-Удерейский сброс (разлом Мейстера), кварцево-жильные зоны Васильевского месторождения и Урала являются оперяющими по отношению к сбросу, отделяющему месторождения от основного высокоомного поля низкоомной зоной. По картам кажущегося сопротивления месторождение Урал соединяется с Надеждинским, а Васильевское – с Сергеевской группой рудопроявлений.

В 1979-82 гг. Опытно-методической геофизической партией экспедиции "Сибзолоторазведка" (Палиенко Г.С., Ковалева Е.Л., 1987 г.) на площади Урало-Васильевского рудного поля проведено электропрофилирование в модификации срединных градиентов (ЭП-СГ). Работы проведены установкой АВ = 2000 м, MN = 20 м на площади 39,2 кв. км по сети 100х10 м и установкой АВ = 750 м, MN = 10 м на площади детальных работ 6 кв. км по сети 50х5 м. Измерения проводились низкочастотной аппаратурой ИКС-50. По отдельным профилям проводилось вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) с шагом 20-40 м. Наиболее дифференцированным является поле кажущихся сопротивлений, полученное при электропрофилировании методом СГ, представленное линейно-вытянутыми в северо-восточном направлении высокоомными и низкоомными аномалиями протяженностью сотни метров при ширине 5-80 м. Выделение кварцево-жильных зон производилось по локальным, линейно-вытянутым аномалиям высокого сопротивления. За основу построения схемы интерпретации взяты данные электроразведки методом ЭП-СГ с АВ – 2000 м.

Таблица 3.71

Магнитная восприимчивость пород Васильевского месторождения

Наименование горных пород	Кол-во определений	Магнитная восприимчивость		
		Немагнитные, ж <50•10^{-6}	Слабо магнитные, ж =50-500•10^{-6}	Магнитные, ж >500•10^{-6}
1. Кварц, кварцево-песчанистые и кварцево-глинистые сланцы	101	88	11	2
2. Лимонитизированные глинистые сланцы	22	20	–	2
3. Хлоритизированные слюдистые алевролитовые, филлитизированные глинистые, углеродистые сланцы	13	10	3	–
4. Алевролиты, песчаники, алевролито-песчаники	86	9	64	13
5. Кварц с сульфидами	44	13	30	1
6. Серицит-хлоритовые сланцы рудных зон	334	11	180	143
Итого	660	211	288	161

Таблица 3.72

Кажущееся электрическое сопротивление пород Васильевского месторождения

Наименование горных пород	Количество определений	Значение $\rho_к$ в Ом•м		
		Минимальное	Максимальное	Среднее
1. Слюдистые сланцы	46	80	1900	600
2. Кварцевые песчаники	20	2085	11 815	5100
3. Алевролиты	6	400	582	465
4. Глинистые сланцы	59	35	530	297
5. Глины	156	8	256	96
6. Глинистые сланцы	–	200	900	–
7. Глинистые сланцы окварцованные	–	1700	3500	–
8. Кварцевые жилы	–	1800	23 000	–
9. Песчаники окварцованные	–	2500	14 000	–
11. Песчаники интенсивно сульфидизированные	–	350	800	–
10. Песчаник окварцованный, интенсивно трещиноватый	–	120	2000	–

Примечание. "-" - нет данных

Кварцево-жильные зоны и жилы Васильевского месторождения отмечаются линейно вытянутыми аномалиями с $\rho_к$ > 2000 Ом•м. Аномальные поля прерывистые, расчленяются на апофизы, выклиниваются, резко меняют направление. Большинство аномалий, ввиду наклонного падения жил и зон, на плане не совпадают с их выходами на поверхность и с зонами, выделенными установкой АВ = 750 м.

Наиболее протяженные и мощные зоны повышенных значений $\rho_к$, с учетом угла падения, пространственно совпадают с жилами Васильевская I, III, VI, VII и Фединской. Откартированные методом ЭП-СГ, кварцево-жильные зоны сопровождаются хорошо выдержанными по простиранию, контрастными ореолами повышенных значений золота.

На электрических разрезах, построенных по данным ВЭЗ, четко выделяются высокими значениями удельного сопротивления (в десятки раз превышающими значения $\rho_к$ по ЭП-СГ) приповерхностные интервалы кварцево-жильных минерализованных зон. Природа этих аномалий объясняется тем, что электрическое сопротивление руд, содержащих хорошо проводящие минералы (пирит, арсенопирит, галенит), увеличивается с повышением степени их окисления, т.к. минералы, являющиеся продуктами окисления первичных руд, – гидроокислы железа, церуссит - плохие проводники. В условиях Енисейского кряжа рудные интервалы зоны гипергенеза практически превращены в "железную шляпу", так что скачок в изменении электропроводности на порядок и более является надежным фактором при разбраковке аномалий ЭП-СГ на рудные и безрудные.

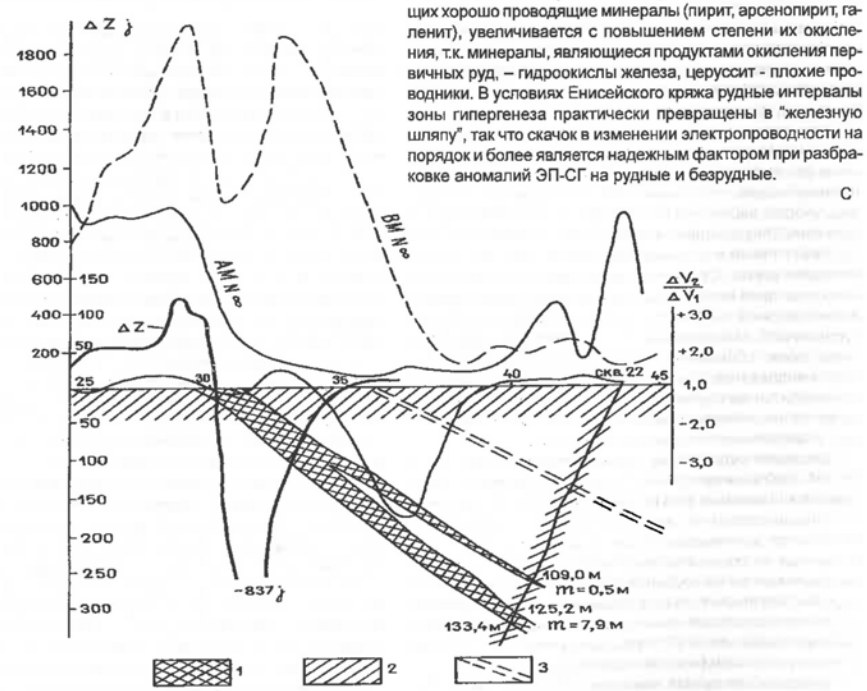


Рис. 3.58. Графики по методам ИЖ, КП и магниторазведки над известными геологическими разрезами. Партизанский участок (по А.П. Васильеву, 1960 г.)

1 – кварцевая жила, 2 – филлиты, 3 – зоны сульфидной минерализации

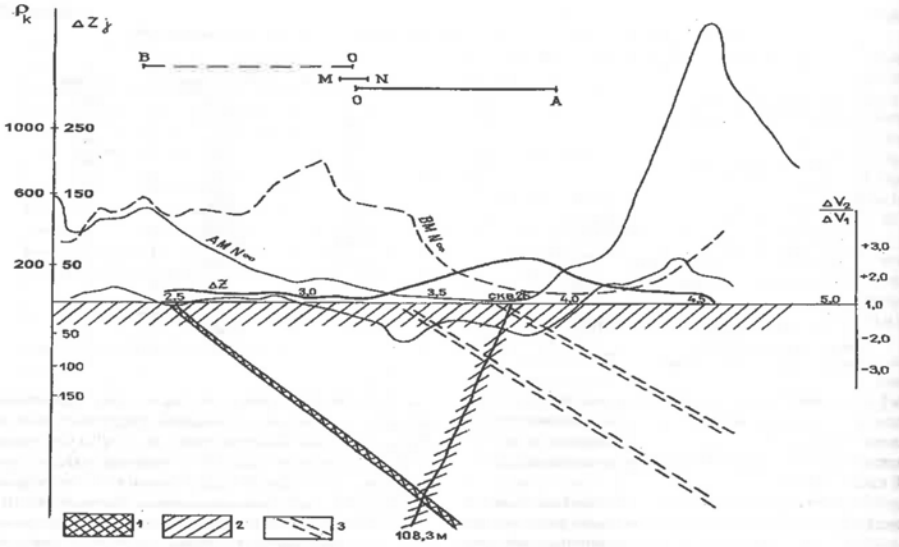


Рис. 3.59. Графики по методам ИЖ, КП и магниторазведки над известными геологическими разрезами. Партизанский участок (по А.П. Васильеву, 1960 г.)
1 – кварцевая жила, 2 – филлиты, 3 – зоны сульфидной минерализации

точки зрения выявления промышленных руд золота интерес представляют 4 отдельные, наиболее мощные и протяженные рудные зоны: 1) Фединская, 2) Западная (жилы III, VI, XVI, XIX, XX), 3) Центральная (жилы II, IX, VIII), 4) Восточная (Васильевская I, Странная).

Фединская рудная зона проявляется в виде серии кварцевых жил среди песчано-глинистых пород, выходящих на дневную поверхность. Зона четко выделяется на схеме интерпретации, прослеживается на северо-восток через весь участок работы, на юго-западе – до разлома по ручью Шалакон. Сопровождается изометричными ореолами золота. Имеет линейную извилистую форму, падение северо-западное, крутое. Средняя мощность зоны около 40 м. Для нее характерна интенсивная сульфидная минерализация. В приповерхностной части, по данным электроразведки и буровых работ прослеживаются маломощные кварцевые жилы, серии сближенных жил и участки мелкопрожилкового окварцевания. Основная масса кварцевого материала находится на глубинах свыше 100 м. Фединская зона является перспективной на обнаружение новых кварцевых жил с возможным золотым оруденением.

Западная рудная зона. Кроме известных жил (III, VI, VII, XVI, XIX) зона на глубине 100 м имеет множество кварцевых жил (жильных зон) разной мощности, протяженности. Большинство из них, вероятно, слепые, с глубиной разветвляются, выклиниваются, до глубин 200 м. Жилы, обозначенные на схеме интерпретации, как III, V, VI, XVI, XIX, прослеживаются на глубинах около 200 м на юго-западе от ручья Васильевского до верховьев ручья Степановского. На северо-востоке жилы сопровождаются малоамплитудными аномалиями ЕП, ореолами золота, по ГИС имеют богатую сульфидную минерализацию.

Центральная рудная зона (жилы II, IX, IX южная, VIII, XVII). Кварцевые жилы, выходящие на дневную поверхность, хорошо картируются методами ВЭЗ, дипольного двухразносного профилирования (данные АГРЭ). На плане графиков $\rho_к$ по ЭП-СГ АВ = 750 м жилы отмечаются узкими, северо-восточного направления, линейными аномалиями протяженностью от первых сотен метров на глубине 100 м, до 1,5 км на глубинах 200 и более метров. Жила XVII имеет сложную форму, на севере переходит в жилу VIII, на нижних горизонтах они образуют одну жильную зону.

Жила IX прерывисто прослеживается на северо-восток до разлома по ручью Степановскому, падение ее северо-западное, крутое. Судя по плану графиков $\rho_к$ с АВ = 2000 м, жилы IX и IX-Южная не имеют между собой соединения. Жила IX на нижних горизонтах сближается и пересекается с жилой XVII, падение ее, возможно, в южной части северо-восточное. Жила II имеет пологое северо-западное падение, на глубинах около 100 м прослеживается на 1000 м. Восточнее и параллельно жиле II через весь участок прослеживается жила II-бис. Обе жилы на глубинах ниже 200 м не имеют развития, либо маломощны и не картируются установкой СГ. Рудная зона имеет изометричные ореолы золота, общие над жилами II, XVII и IX; II и II-бис. На нижних горизонтах перспективна на обнаружение новых кварцевых жил с возможным оруденением.

Восточная рудная зона. Жила Васильевская-I, разведанная в центральной своей части, является опорным эталоном, на основе которого проведена интерпретация геофизических данных. Жила с глубиной не выклинивается, основная концентрация кварцевого материала по данным ЭП-СГ и ВЭЗ начинается с глубин 100 и более м. На нижних горизонтах зона прослеживается на северо-восток и юго-запад до разломов по ручьям Степановскому и Васильевскому соответственно. Падение сложное – от пологого на верхних горизонтах до крутого и далее вертикального на нижних. Отрисованная по разведочным работам на горизонте с абс. отм. + 300 м рудная зона имеет хорошее совмещение со схемой интерпретации. Западнее, параллельно жиле Васильевская-I, идет не вскрытая в большей своей части горно-буровыми работами жильная зона, в южной части именуемая как Странная-южная. Зона по простиранию и мощности аналогична Васильевской-I, но падение ее северо-западное, крутое. Зона перспективна на обнаружение новых кварцевых тел.

Метод отношения градиентов потенциала (ИЖ). Впервые был применен в 1955 А.Г. Шпилько при работах на Герфедском и Васильевском месторождениях. В 1959-60 гг. этот метод был опробован Н.Н. Горленко, А.П. Васильевым, В.М. Ивановым на месторождениях и рудопроявлениях Герфедском, Урало-Васильевском, Мамонском, Бабушкина Гора. Он использовался только на участках детальных исследований в масштабе 1:5000 и 1:2000 по сети 50х10 м и 20х5 м. Использовалась модификация ИЖ на переменном токе с применением линейных электродов. Размеры установок варьируют у разных авторов в широких пределах: Шпилько А.Г. (1955 г.), АВ = 600 м, MON = 30 м при шаге наблюдений 5 м; Васильев А.П. (1959 г.) – АВ = 300 м, MON = 10 м при шаге наблюдений 2,5 м; Иванов В.М. (1960 г.) – АВ = 750 м, MON = 30 м при шаге наблюдений 2,5÷5 м. Основной задачей метода отношений градиентов потенциала являлись поиски и прослеживание кварцевых жил и зон окварцевания. Результаты работы по этому методу, приведенные в отчетах вышеуказанных авторов, показывают, что кварцевые жилы отмечаются аномальными зонами значений $\Delta V_2/\Delta V_1$, часто достигающими $\Delta V_2/\Delta V_1 = 1{,}6 \div 2{,}0$ с переходом через $\Delta V_2/\Delta V_1 = 1$ в районе центра возмущающего объекта. Особенно характерно это для мощных кварцевых жил (Васильев, 1960) (рис. 3.60). Кроме непроводящих объектов четкими отрицательными аномалиями $\Delta V_2/\Delta V_1$ выделяются зоны сульфидной минерализации, обладающие высокой электронной проводимостью. Значения $\Delta V_2/\Delta V_1$ на таких участках, как правило, превышает – 2 и даже достигают – 3÷5,0. Сближенные зоны сульфидной минерализации отмечаются серией минимумов на общем пониженном фоне (см. рис. 3.59). Форма графиков $\Delta V_2/\Delta V_1$ различна и определяется мощностью наносов, мощностью поисковых объектов и углами падения жил. Опытными работами, проведенными В.М. Ивановым (1960 г.) в районе рудопроявления "Бабушкина гора" установлено, что маломощные кварцевые жилы устанавливаются детальными исследованиями по методу ИЖ. Значения $\Delta V_2/\Delta V_1$ достигают 1,4-1,6 и обнаруживают связь с мощностью насосов и мощностью жил и зон окварцевания (рис. 3.60). При этом значения $\Delta V_2/\Delta V_1 = 1$ оказываются смещенными по профилю от центра возмущающего объекта. Асимметрия наблюдаемых аномалий легко объясняется наклонным залеганием жил.

Таким образом, кварцевые жилы, зоны окварцевания и зоны сульфидной минерализации отмечаются аномалиями на графиках $\Delta V_2/\Delta V_1$. Протяженные кварцевые жилы достоверно и отчетливо выявляются и прослеживаются. Выявление этих жил методом отношения градиентов потенциала рекомендуется проводить установкой MON = 30 м с шагом 2÷5 м. Маломощные и оперяющие жилы можно проследить лишь очень детальными работами методом ИЖ. Рекомендуемая электроразведочная установка в этом случае должна иметь MON = 10 м при шаге исследований 2÷3 м по А.П. Васильеву (1960 г.), В.М. Иванову (1960 г.). Метод естественного электрического поля – применялся для изучения строения месторождений всеми без исключения авторами, начиная с 1955 г. Работы велись по способу потенциала с применением стандартных неполяризующихся электродов. Основная задача, решаемая методом естественного поля, заключалась в установлении зон развития углистых сланцев, благоприятных и на локализацию золотого оруденения (рис. 3.61). Сеть съемок ЕП была различна: в районе Верхне-Удерейского месторождения (А.П. Васильев, 1960) – 100х20 м с уменьшением шага до 5 м в областях аномалий, в районе Урало-Васильевского и Мамонского золоторудных полей (В.В. Бобыкин, 1975) – 400х40 м, на Урало-Васильевском рудном поле (Г.С. Палиенко, Е.Л. Ковалева, 1987) по сети 100х20 м (31,7 кв. км) и 50х10 м на участке детализации, площадью 2,5 кв. км с прибором АЭ-72.

Результаты работ по этому методу, описанные в отчетах указанных авторов, позволяют сделать вывод, что для целей выявления геологической структуры месторождений с наибольшим эффектом может быть использован метод ЕП.

Структура поля потенциалов ЕП масштаба 1:10 000 отображает структурное строение Урало-Васильевского рудного поля, литологические особенности вмещающих пород, степень их метаморфической проработки (сульфидная минерализация) и внутреннее строение отдельных его участков. Для западной и юго-западной части рудного поля характерны плавные, весьма интенсивные (до – 800 мВ) аномалии $\Delta U_{ЕП}$. Общий их облик, амплитуда, параметры, устанавливаемое соответствие зонам пониженного сопротивления ($\rho_к$< 1000 Ом•м), позволяет классифицировать их как аномалии, обусловленные сетью крупных тектонических нарушений с интенсивной метаморфической проработкой, выходящих на дневную поверхность тонкослоистых углисто-глинистых сланцев, слагающих западное крыло Васильевской синклинали.

Северо-восточной части рудного поля соответствует спокойное поле $\Delta U_{ЕП}$. Васильевское месторождение, в целом, характеризуется отрицательным полем с локальными малоинтенсивными (до – 100 мВ) аномалиями. По результатам работ выделены аномалии $\Delta U_{ЕП}$, предположительно связанные с зонами сульфидной минерализации и пространственно совпадающие с участками распространения кварцевых жил. В пределах Васильевского месторождения выделяются две аномальные отрицательные зоны, совпадающие с зонами высокого кажущегося сопротивления.

На графиках $\Delta U_{ЕП}$ наблюдается прямая связь естественного поля с разрывной тектоникой участка. Аномальные зоны распадаются на ряд локальных аномалий, соответствующих уже конкретным нарушениям. Наличие аномалий ЕП над зонами рассланцевания и смятия объясняется повышенной фильтрацией вод и возрастающей химической активностью пород на этих участках.

Метод вызванной поляризации (ВП) – в Партизанском рудном районе впервые был применен В.В. Бобыкиным в 1975 г. для разбраковки аномалий ЕП, ДП и магниторазведки на Васильевском участке. По плану изолиний кажущейся поляризуемости четко устанавливается связь зон повышенных значений $\eta_к$ – 15÷20 % с участками сульфидной минерализации. Совпадение в плане аномалий $\eta_к$ с высокими значениями $\rho_к$ характеризует зоны окварцевания пород и кварцевые жилы. В золоторудных зонах аномалии $\eta_к\rho_к$ в плане совпадают с вторичными ореолами рассеяний мышьяка и золота.

Магниторазведка

Магниторазведка являлась обязательным методом в комплексе геофизических работ при поисках месторождений золота и применялась всеми исследователями при изучении Партизанского рудного района. Общей особенностью этих работ является их крупный масштаб (не мельче 1:25 000). В 1950-60 гг. ведущим прибором при производстве магнитной съемки являлся магнитометр М-2 с ценой деления 18÷30γ, а последние съемки проводились более

точным и высокопроизводительным прибором М-27 с ценой деления 10γ. По значимости на первом месте находится высокоточная аэромагнитная съемка квантовым магнитометром КАМ-28 масштаба 1:25 000, проведенная в 1975 г. Она позволила выделить структурно-тектонические блоки района, отличающиеся по типам магнитных полей, установить основные тектонические нарушения и определить приуроченность месторождений и рудопроявлений к различным блокам.

В 1979 г. геофизическим отрядом ТПИ на площади Васильевского месторождения была проведена детальная магнитная съемка масштаба 1:5000 по сети 100х20 м (участок 4 км²) и маршрутная каппаметрия по канавам с шагом 5÷10 м. В местах развития кварцевых жил шаг измерений с каппометром уменьшался до 2-3 м. По полученным данным вычислялось среднее арифметическое значение æ и строились графики изменениям æ по канавам, а также была предпринята попытка установить площадное распределение æ, т.е. построить петромагнитный план центральной части Васильевского рудного поля. В результате были выявлены следующие закономерности магнитных свойств пород Васильевского месторождения.

Породы среднеудерейской подсвиты, преимущественно принимающие участие в строении Васильевского рудного поля и представленные монотонной толщей алевритo-глинистых, углистых, гидрослюдистых сланцев, обладают исключительно слабыми магнитными свойствами, что делает практически невозможным произвести литологическую привязку æ. Среднее значение æ = 6•10⁻⁶ СГС при статическом интервале измерения от 2•10⁻⁶ до 13•10⁻⁶СГС. При этом 95 % изученных пород имеют магнитную восприимчивость менее æ = 17•10⁻⁶ СГС и только 5 % превышают это значение, но не более 30÷ 10⁻⁶ СГС.

Вследствие очень слабых магнитных свойств, практически на пределе чувствительности прибора, связать пространственное распределение æ с определенным литологическими комплексами не удается. В целом, на площади Васильевского рудного поля можно видеть участки с широкими, плавными изолиниями æ и резкие градиентные зоны, характеризующиеся чередованием полос с повышенными и пониженными значениями. Всего выделяется 3 участка с плавным изменением æ: в северо-западной, центральной и юго-восточной частях рудного поля. Характерными являются общая согласованность в северо-восточном простирании изолиний æ и приуроченность к этим участкам повышенных значений магнитной восприимчивости æ = 15-20•10⁻⁶ СГС. По всей видимости, это участки распространения неизменных пород, что дополнительно подтверждается их периферийным положением. Зоны с резким градиентом и полосовидным распределением æ приурочены к кварцевым жилам и зонам прожилкования. Они имеют небольшую мощность до 50 м, за исключением участка жилы Васильевской II, II-бис, где находится мощная зона прожилкования. Совпадение простирания и направления простирания изолиний æ указывает на взаимосвязь распределения магнитной восприимчивости с процессом рудообразования. Характерной особенностью является приуроченность зон минимальных значений магнитной восприимчивости æ = (0,2÷5)•10⁻⁶ СГС к кварцевым жилам. Вкрест простирания жил зоны минимальных значений сменяются областями повышенных значений æ = (10÷20)10⁻⁶ СГС, которые так же, по преимуществу, имеют вытянутую форму и совпадают по направлению с жилами. С удалением зоны повышенных значений сменяется областями несколько пониженных значений æ = (7÷10)•10⁻⁶ СГС.

Очевидно, выделенные зоны изменения магнитной восприимчивости возникли вследствие гидротермальных воздействий со стороны формировавшейся кварцевой жилы на вмещающие породы. При этом, процесс сопровождался интенсивным околожильным окварцеванием и выносом железосодержащих минералов во вмещающие породы. Следующая зона явилась аккумулирующей для железистых минералов, накопление которых способствовало повышению значений æ по сравнительно с общим уровнем в 2-5 раз. Существование такой зоны не подлежит сомнению, повышенное содержание минералов железа в этой зоне подтверждается обликом пород и их красновато-бурым цветом.

Учитывая, что внедрение гидротермальных золотосодержащих растворов и формирование оруденелых кварцевых жил происходило, в основном, по ослабленным зонам интенсивного дробления и рассланцевания пород, можно предполагать, что области с резким градиентом изменения æ фиксируют их положение. Это подтверждается структурой поля æ Васильевского месторождения. Таким образом, изучение пространственного распределения магнитной восприимчивости может дать дополнительную информацию в размещении кварцевых жил.

Выполненная на Васильевском месторождении детальная магнитная съемка квантовым магнитометром М-33 по сети 50х5 м (2,5 км²) выявила слабоинтенсивные магнитные аномалии пониженных значений магнитного поля, соответствующие участки распространения кварцевых жил (Г.С. Палиенко, Е.Л. Ковалева, 1987 г.).

Геофизические исследования в скважинах

Геофизические исследования в скважинах (ГИС) на рудном поле Васильевского месторождения проводились Мотыгинским отрядом Олимпиадинской каротажной партии Южной геофизической экспедиции ПГО "Красноярскгеология".

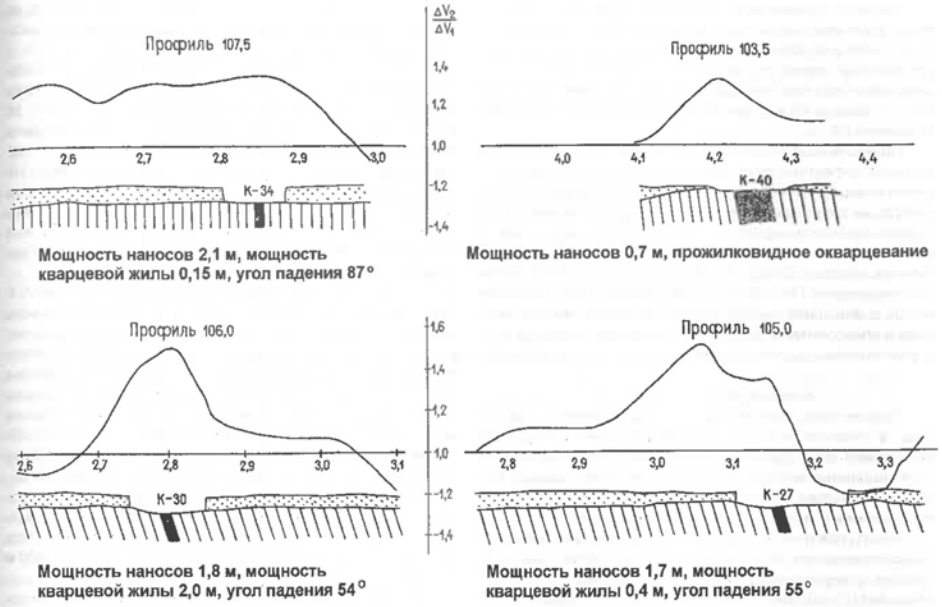
Был применен следующий комплекс ГИС: 1) каротаж кажущихся сопротивлений (КС), 2) каротаж электродных потенциалов (ЭП), 3) каротаж скользящих контактов (СК), 4) каротаж магнитной восприимчивости (КМВ), 5) гамма-каротаж (ГК), 6) кавернометрия, 7) инклинометрия.

Геофизические исследования выполнялись на автоматических каротажных станциях типа СГС-74, СК-1-69, СК-04. Запись каротажных диаграмм производилась в масштабе глубин 1:200. Средняя относительная ошибка измерений по ГК – 5,6 %; по СК – 3,7 %; по КС – 4,7 %; по ЭП – 4,8 %.

Интерпретация полученных данных ГИС производилась на основе различия горных пород по радиоактивным и электрическим свойствам.

По кривым КС и СК выделялись области с аномальной высокой электропроводностью, характеризующиеся низкими значениями кажущегося удельного сопротивления на кривой КС и большими значениями электрического тока на кривой СК. По аномальным значениям на кривой ЭП выделялись зоны с электронной проводимостью, что являлось основным критерием выделения сульфидов в разрезах скважин. Уверенное выделение сульфидной минерализации осуществляется по кривой ЭП, на которой сульфиды четко отбиваются резкими положительными "выбросами". Наибольшей концентрации сульфидов соответствуют интервалы сгущения и увеличения длины "выбросов". Как видно на рисунке, зоны сульфидной минерализации подтверждаются спадом электросопротивления на кривой КС и резкими возрастаниями электротока на кривой СК.

Кварцевые жилы, а также зоны интенсивного окварцевания выделялись по аномально низким показаниям естественной радиоактивности и относительно высоким (по сравнению с вмещающими породами) значениям кажущегося удельного сопротивления.



Мощность наносов 2,1 м, мощность кварцевой жилы 0,15 м, угол падения 87°

Мощность наносов 0,7 м, прожилковидное окварцевание

Мощность наносов 1,8 м, мощность кварцевой жилы 2,0 м, угол падения 54°

Мощность наносов 1,7 м, мощность кварцевой жилы 0,4 м, угол падения 55°

Рис. 3.60. Графики по методу ИЖ над кварцевыми жилами месторождения Бабушкина Гора (по В.М. Иванову, 1960 г.)

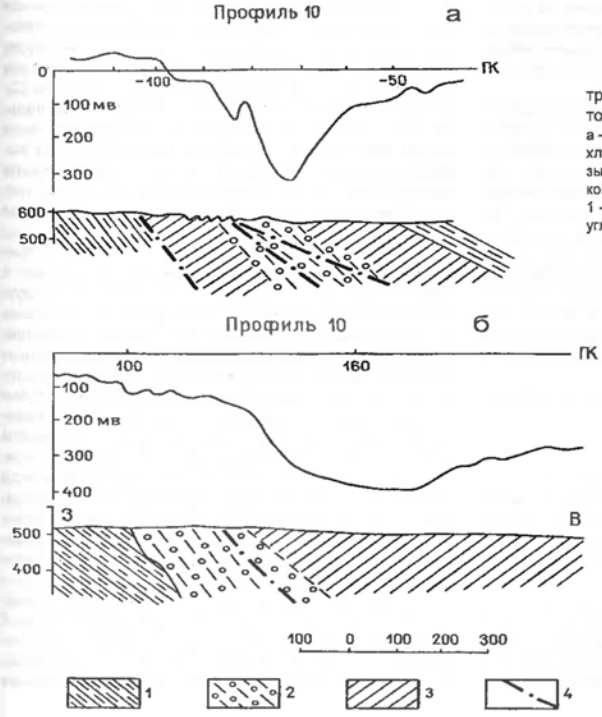


Рис. 3.61. Аномалии естественного электрического поля над контактами углистых толщ и прослоями углистых филлитов
а – аномалии над прослоем углистых филлитов в хлоритовых сланцах на левом борту долины р. Безымянки, б – аномалия над контактом партизанской толщи (по А.П. Васильеву ,1960 г.).
1 – хлоритовые сланцы, 2 – зоны дробления, 3 – углистые филлиты, 4 – тектонические нарушения

Никаких сомнений не оставляет факт однозначного выделения кварцевых жил по кривым ГК. В интервалах отсутствия сульфидной минерализации, способствующей увеличению электропроводности, результаты ГК против кварцевых жил подтверждаются аномальными значениями $\rho_к$ на кривых КС и резкими спадами значений силы тока на кривых СК.

Примененный комплекс ГИС, кроме КМВ, отличается высокой эффективностью при определении истинного положения и мощности кварцевых жил, зон окварцевания и концентрации сульфидов, а также пропущенных в результате избирательного истирания и низкого выхода керна жил и минерализованных зон в скважинах, или при бескерновом бурении скважин. Определенную трудность при интерпретации результатов ГИС представляет определение контактов между слагающими разрез глинистыми сланцами, песчаниками и алевролитами из-за отсутствия резких различий этих пород по своим радиоактивным и электрическим свойствам.

Характеристика рудных тел

Рудное тело понимается, как оконтуренный участок недр, в пределах которого сконцентрировано золото с содержанием его в руде и в количестве, представляющем промышленный интерес для добычи. Контуры рудных тел далеко не всегда совпадают в пространстве с кварцевыми жилами и с их геологическими границами.

Оконтуривание рудных тел с балансовыми и забалансовыми запасами золота выполнено по постоянным кондициям, утвержденным Комиссией Госплана СССР (протокол №115 от 08.04.1959 г. и № 243 от 26.01.1960 г.). Бортовое содержание золота в пробе для оконтуривания балансовых запасов – 4,0 г/т; минимально-промышленное содержание для подсчетного блока – 4,5 г/т; минимальная мощность рудных тел, включаемая в подсчет запасов – 1,0 м, при меньшей мощности для отнесения запасов к балансовым руководствовались соответствующим метрограммом; бортовое содержание золота в пробе для оконтуривания забалансовых запасов – 1,0 г/т.

В связи с крайне неравномерным, гнездовым распределением золота в рудных телах, применение бортового содержания при оконтуривании балансовых запасов в ряде случаев оказывалось не целесообразным и запасы подсчитывались в геологических границах, определяемых контактами кварцевых жил с вмещающими породами. При этом в подсчетный контур включались пробы с содержанием золота ниже бортового (вплоть до «сл» и «пс») и основным критерием отнесения запасов к балансовым являлось содержание золота в целом по сечению или блоку, превышающее минимально-промышленное. При расчете средних содержаний и мощностей по блокам использовались только те сечения, в которых рудное тело вскрыто на полную мощность.

Ниже приводится характеристика и степень разведанности наиболее изученных рудных тел.

Восточная рудная зона

Рудное тело I-1 (жила Васильевская – I)

Это рудное тело наиболее детально разведано и в нем сосредоточена основная часть подсчитанных к настоящему времени запасов золота Васильевского месторождения. Характеристика его приводится по данным В.Г. Голубева (1960 г.) и А.М. Сазонова (1980 г.).

Центральная часть рудного тела в 1950-1960 гг. полностью прослежена на поверхности канавами, детально разведана тяжелыми горными выработками до глубины 100 м, ниже до глубины 300 м изучена скважинами колонкового бурения по сети 100-50×50 м. До глубины 25 м пройдено через интервал 40-70 10 вертикальных шурфов, из которых четыре, расположенные в контуре рудного тела, были углублены в качестве гезенков до горизонта 50 м. В центральной части рудного тела была пройдена вертикальная разведочная шахта №1 до глубины 100 м. Из шурфов, гезенков и шахты на горизонтах 25 м (абс. отм. +508 м), 50 м (абс. отм. +483 м) и 100 м (абс. отм. +433 м) пройдены квершлаги и сквозные штреки на всю длину рудного тела. На полную мощность оно вскрывалось ортами через 10-15 и 20 м. В этой части рудного тела в интервале 500 м на горизонте 25 м и 380 м на горизонте 100 м оконтурены промышленные запасы кат. В, C_1 и C_2 до глубины 320 м от поверхности. Единичными скважинами установлено промышленное оруденение до глубины 500 м.

В результате проведение в 1977-1987 гг. (Бычков А.Т. и др., 1979 г., Палиенко Г.С. 1999 г.) поисково-оценочного бурения на северо-восточном и юго-западном флангах рудного тела I-1 было вскрыто слепое оруденение с промышленным содержанием золота, которое начинается с глубины 20-100 м и является непосредственным продолжением рудного тела I-1 на флангах. На северо-восточном фланге, разведанном скважинами по сети 80-110×40-140 м на протяжении 340 м по простиранию и на глубину 300 м ниже горизонта 100 м, оконтурены запасы кат. C_2. На юго-западном фланге по скважинам установлены границы промышленного оруденения и подсчитаны прогнозные ресурсы кат. P_1. С учетом этих работ протяженность промышленной части рудного тела I-1 на горизонте 100 м составила 920 м, а на гор. 200 м – 1080 м.

Морфология и внутреннее строение рудного тела достаточно сложные и определяются как особенности развития пликативных и дизъюнктивных структур, так и литологическими особенностями вмещающих пород.

При сравнительно выдержанном северо-восточном простирании, падение рудного тела подвержено значительным изменениям. На ЮЗ фланге оно с самой поверхности падает на ЮВ под углом 40-80°, далее на СВ падение его до глубины 100 м меняется от вертикального до 60° на СЗ, а глубже на всем протяжении имеет юго-восточное падение под углами 50-80°. В результате в центральной части рудное тело образует по падению дугу, обращенную выпуклостью на северо-запад. Именно здесь кварцевая жила образует линзовидные расщепления на две и более ветви, увеличивается мощность оруденения, достигающая максимума на горизонте 50 м.

Рудное тело, границы которого установлены по принятому в кондициях бортовому содержанию, включает в себя, как собственно кварцевую жилу, так и боковые оруденелые сланцы. На поверхности контур рудного тела практически совпадает с контактами жилы. На юго-западе граница балансовых запасов совпадает с косопересеченным разрывом, обуславливающим резкое выклинивание кварцевой жилы, за которым примерно на 200 м на гор. 25 м и 50 м подземными выработками прослежено прожилково-вкрапленное оруденение с забалансовым содержанием золота. Более поздними буровыми работами (Г.С. Палиенко, 1999 г.) ниже гор. 100 м, в лежачем боку указанного дизъюнктива, выявлены руды с промышленным содержанием золота. Нижняя граница балансовых запасов здесь проходит на глубине 140-280 м от поверхности, погружаясь к северо-востоку, вслед за линией пресечения дизъюнктива с кварцевой жилой.

С северо-востока на поверхности и на гор. 25 м рудное тело прерывается, ограничиваясь в районе шурфа 7 пережимом кварцевой жилы и косопоперечным нарушением СВ простирания с падением 65-70° на СЗ (рис. 3.62). За пережимом через тридцатиметровый интервал рудное тело вновь продолжается на 150 м по простиранию и на 30 м по падению. Контуры балансовых запасов на этом отрезке практически совпадают с контактами жилы. На гор. 50 и 100 м основная часть рудного тела также ограничена указанным выше пережимом.

На горизонтах 25, 50 и 100 м рудное тело как по простиранию, так и по падению образует линзовидные раздувы мощности за счет оруденелых вмещающих сланцев. Мощность рудного тела в таких участках достигает 12 м и в 2-3 раза превышает мощность кварцевой жилы. Длина раздувов колеблется от 10-20 до 100 м и более по простиранию и падению. Приурочены они к участкам перегибов жилы и образуются чаще со стороны ее вогнутого контакта, как бы сглаживая эти перегибы (особенно это заметно по контуру рудного тела с бортовым содержанием 1 г/т). В самой кварцевой жиле, там где она расчленяется на две ветви (район шахты 1): промышленные концентрации золота наоборот тяготеют к западной - выпуклой ветви, а восточная - вогнутая ветвь имеет, в основном, забалансовые содержания золота. При этом заключенные между ветвями жилы сланцы часто несут промышленную золотоносность. Увеличение мощности рудного тела также наблюдаются в местах его пересечения с косопоперечными дизъюнктивами, падающими в восточных румбах, а при пересечении с трещинами северо-западного падения мощность рудного тела, наоборот, уменьшается, вплоть до полного выклинивания (рис. 3.63).

Сопоставляя средние мощности рудного тела и входящей в его состав кварцевой жилы, можно убедится, что последняя занимает в объеме рудного тела, в первом варианте оконтуривания (4 г/т) – 68 %, во втором варианте (1 г/т) – 45-50 %.

Распределение золота в рудном теле – 1 в виде рассеянной вкрапленности и мелких гнезд крайне неравномерное, коэффициент вариации содержаний 275 % (В.Г. Голубев, 1960 г.). По отдельным пробам и сечениям содержания золота изменяются от "следов" до сотен граммов на тонну, хотя среднее его содержание по подсчетным блокам и разведочным горизонтам колеблются в небольших переделах от 4,5 до 17,4 г/т.

Несмотря на большую амплитуду колебаний мощности рудного тела в отдельных сечениях от первых десятков сантиметров до 12 м и более (при оконтуривании по бортовому содержанию 4 г/т) по отдельным разведочным горизонтам, средняя мощность изменяется незначительно (табл. 3.73).

Наиболее детально характер распределения золота в рудном теле 1 изучен сотрудниками Томского политехнического института (А.М. Сазонов и др., 1980 г.). Ими проведена статистическая обработка анализов 2408 проб, из них по кварцевой жиле 535, по зальбандам – 776 и по вмещающим оруденелым боковым породам – 1097 проб. В связи с тем, что ширина интервалов группировки проб по сечениям не постоянна, на графике (рис. 3.64, 3.65) по оси X была принята логарифмическая шкала содержаний золота. Результаты обработки позволили сделать следующие выводы о распределении золота вкрест простирания рудного тела: 1) золотоносность зальбандов выше, чем золотоносность собственно кварцевой жилы. Это подтверждает, во-первых, то, что золотооруденение, в основном, происходило при процессах уже после формирования кварцевой жилы, а во-вторых, говорит о возможности механического обогащения золотом приконтактовых частей жилы, как наиболее деформированных; 2) установлено, что 24,5 % проб, взятых по оруденелым сланцам, имеют содержание золота 3 г/т и выше. Этим содержаниям соответствуют 52,7 % проб, взятых по зальбандам, а по кварцу – 45 %; в целом по рудному телу – 38,6 % проб. Доля наиболее золотоносных проб (с содержанием 3-10 г/т) на горизонте 25 м составляет 42 %, на горизонте 50 м – 36 %, на гор. 100 м – 38, 6 %. Пониженная доля золотоносных проб на горизонте 50 м, возможно, объясняется большим количеством пройденных ортов, чем на горизонтах 25 и 100 м. Наибольшая относительная частота проб на всех горизонтах падает на интервал 0,1-3 г/т и, в целом, по жиле составляет 26,8 %.

В плоскости рудного тела выделяется несколько обогащенных рудных столбов с содержанием золота 10-20 г/т и выше. Два рудных столба прослеживаются на флангах вдоль границ юго-западного и северо-восточного выклинивания рудного тела. В плане их длинна составляет от 20 до 100 м . По падению они погружаются с северо-восточным склонением на глубину от 200 до 300 м. Меньшие по масштабам рудные столбы выделяются в центральной части рудного тела, и также имеют северо-восточное склонение. Основная часть запасов рудного тела – 1 представлена рядовыми рудами с содержанием золота от 4 до 10 г/т (рис. 3.66). В отдельных сечениях содержание золота варьирует от "сл" до 497 г/т.

На поверхность рудное тело выходит только в центральной части. На юго-западе его верхняя граница резко опускается на глубину 100 м, а на северо-восточном фланге постепенно погружается на северо-восток. Нижняя граница промышленного оруденения, связанного непосредственно с кварцевой жилой, проходит по контакту пород нижне- и среднеудерейской подсвит, погружаясь вслед за ним от 140 м на ЮЗ до глубины 450 м на СВ. Золотая минерализация в породах нижнеудерейской подсвиты связана с прожилково-вкрапленным оруденение и имеет скорее всего прерывистый характер. Судя по юго-восточному флангу рудного тела – 1, где оно полностью вскрыто по падению, оруденение распространяется в породах нижнеудерейской подсвиты на глубину до 100 м от ее кровли. В породах верхнеудерейской подсвиты промышленное оруденение распространяется вверх от ее подошвы на 300-350 м.

Руды до глубины 50 м почти полностью окислены, а нижняя граница зоны окисления достигает 100 м и более. Первичные сульфидные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, сфалеритом, галенитом, блеклыми рудами. Самородное золото мелкое, в виде рассеянной вкрапленности и мелкогнездовых скоплений.

По результатам разведки центральной части рудного тела – 1 в 1950-59 гг. подсчитаны балансовые запасы кат. В до глубины 100 м, кат. C_1 – до глубины 300 м и кат. C_2 – до глубины 410 м от поверхности, в количестве 1764 тыс. т руды и 13099 кг золота со среднем содержанием 7,4 г/т по сумме кат. $B+C_1+C_2$. Забалансовые запасы кат. $B+C_1+C_2$ подсчитаны в количестве 1262 тыс. т руды и 2809 кг золота со средним содержанием 2,2 г/т. Эти запасы утверждены ГКЗ СССР (Протокол № 3144, от 22.09.1960 г.).

На юго-западном фланге рудного тела – 1 работами 1979-89 гг. установлена зона прожилково-вкрапленного промышленного оруденения, прослеженная по простиранию на ЮЗ от ранее разведанных запасов на 260 м. Здесь по рудному телу в геометризированных контурах оценены прогнозные ресурсы кат. P_1 в количестве 119 тыс. т руды и 688 кг золота (табл. 3.74). Морфология, внутреннее строение и характер распределения золота на этом фланге рудного тела – 1 изучены слабо, только по сравнительно редкой и не систематической сети скважин. В зоне прожилково-вкрапленного оруденения, в висячем боку рудного тела –1, по единичным пересечениям скважин выделены рудные тела: 1-А и 1-А-1, по которым подсчитаны ресурсы кат. P_1 в количестве 3012 и 277 кг золота соответственно со

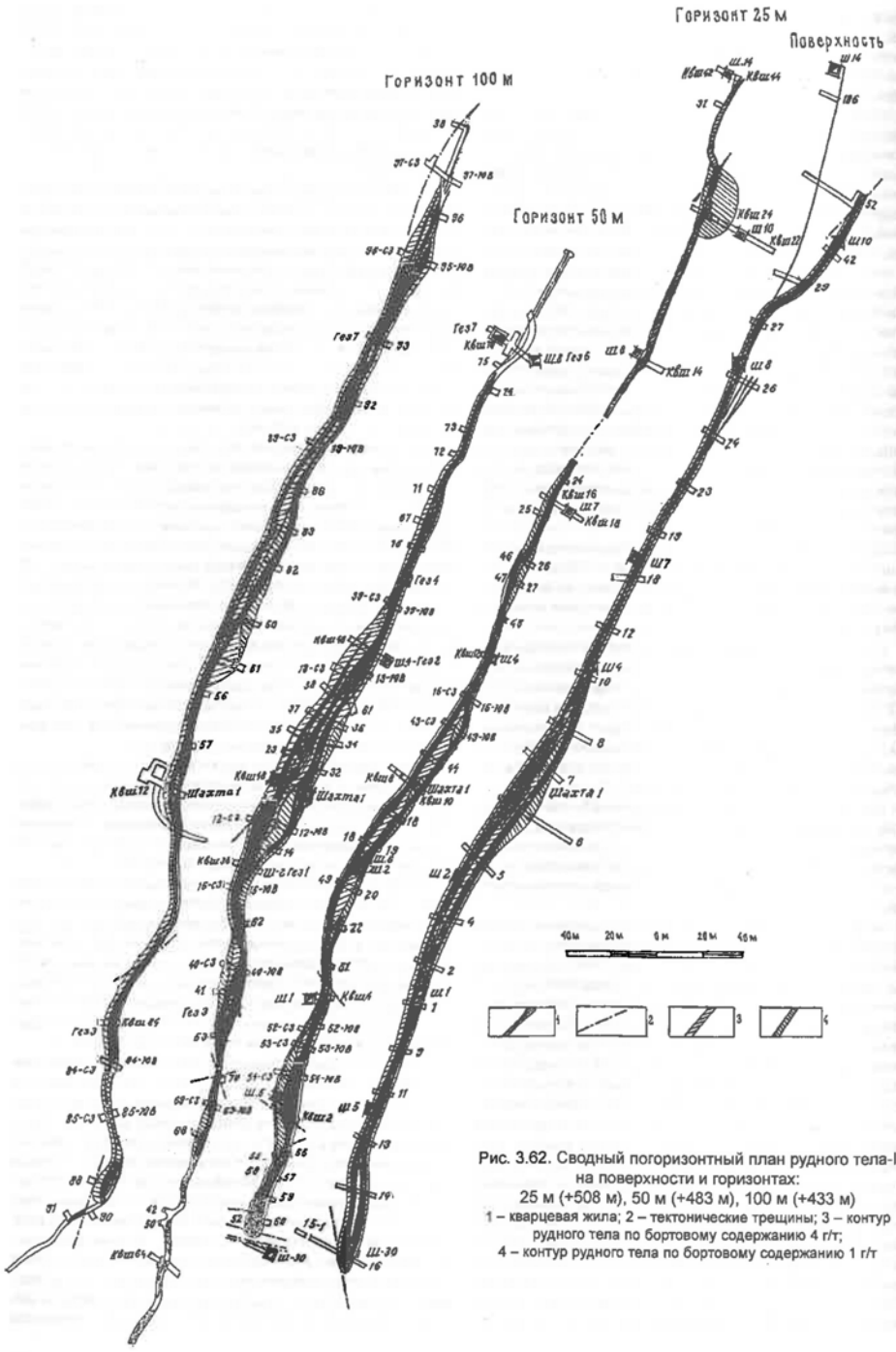


Рис. 3.62. Сводный погоризонтный план рудного тела-I на поверхности и горизонтах:
25 м (+508 м), 50 м (+483 м), 100 м (+433 м)
1 – кварцевая жила; 2 – тектонические трещины; 3 – контур рудного тела по бортовому содержанию 4 г/т;
4 – контур рудного тела по бортовому содержанию 1 г/т

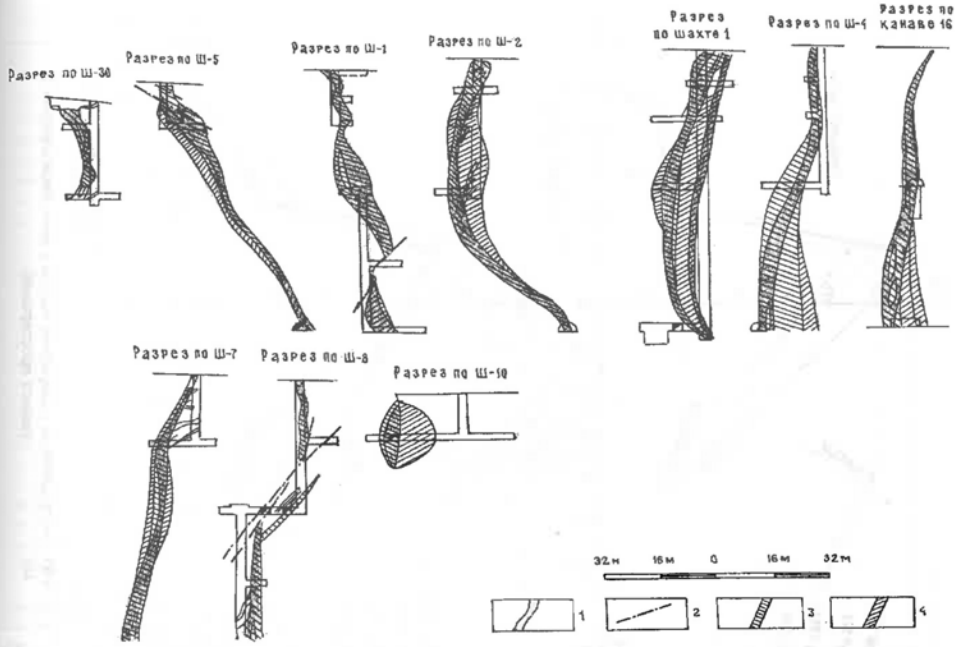


Рис. 3.63. Поперечные вертикальные разрезы рудного тела-I (жилы Васильевская-I)
1 – кварцевая жила; 2 – тектонические трещины; 3 – контур рудного тела по бортовому содержанию золота 4 г/т; 4 – контур рудного тела по бортовому содержанию 1 г/т

Таблица 3.73

Изменение мощности рудного тела при двух вариантах оконтуривания

При оконтуривании по бортовому содержании		
Горизонты	Ср. мощность рудного тела по бортовому содержанию 4 г/т	Ср. мощность рудного тела по бортовому содержанию 1 г/т
Поверхность – 25	2,75	3,49
25 м – 50 м	4,12	5,02
50 м – 100 м	4,66	6,79
100 м – 150 м	3,95	6,98
150 м – 300 м	3,85	6,08

средним содержанием его в руде 18,7 г/т и 5,7 г/т.

Как уже говорилось выше, на северо-восточном фланге жила Васильевская – 1 разделяется на две ветви, которые на поверхности быстро выклиниваются, а на глубине прослеживаются скважинами по простиранию более чем на 500 м и по падению на 400-450 м, при этом границы самих жил и их золотоносность не оконтурены. Скважинами, пробуренными в 1978-79 гг. в обеих ветвях установлены промышленные содержания золота и выделены "слепые" рудные тела. Рудное тело – 1 оконтурено в северо-западной ветви кварцевой жилы по пяти скважинам в интервале глубин от 30 до 250 м от поверхности. По простиранию и падению параметры разведочной сети не выдержаны. Расстояние между разведочными пересечениями от 50 до 200 м по падению и от 100 до 180 м по простиранию. Контуры рудного тела проведены способом ограниченной экстраполяции. На ЮЗ контур запасов рудного тела 1-1 граничит с ранее подсчитанными запасами кат. C_2 рудного тела – 1. Рудное тело 1-2 выделено в ЮВ ветви кварцевой жилы по семи скважинам в интервале глубин от 120 до 450 м. На юго-западе его граница проходит по линии сопряжения юго-восточной ветви с жилой Васильевская – 1. На СВ, по восстанию и падению, границы проведены методом ограниченной экстраполяции. Падение рудных тел крутое (80-85°) на ЮВ. Мощности их колеблется от десятых долей метра до 2,7 м, содержания по скважинам меняются от 0,2 до 10,2 г/т. Минеральный состав руд аналогичен рудному телу – 1. Редкая разведочная сеть не дает полного представления о деталях морфологии и внутреннего строения рудных тел 1-1 и 1-2.

В результате поисково-оценочных работ 1978-79 гг. на северо-восточном фланге жилы Васильевская - 1 подсчитаны запасы кат. C_2 по рудному телу – 1-1 (северо-западная ветвь жилы) в количестве 518 тыс. т руды и 3157 кг золота со средним содержанием 4,8 г/т. Эти запасы приводятся по данным пересчета запасов по состоянию на 01.01.93 г. (Бычков, 1993 г.). Раньше по этим рудным телам были оперативно учтены госбалансом суммарные запасы кат. C_2 в количестве 1110 тыс. т руды и 5937 кг золота (Протокол ЦКЗ МЦМ СССР № 1765 от 20.03.1981 г.).

Центральная рудная зона

Рудное тело II-1 (жила Васильевская – II) в 1950-59 гг. было детально разведано с поверхности канавами, вскрывающими его через 10-20 м, и на глубину 25 м (абс. отм. +525 м) штреками с ортами, пройденными через 10-20 м. В 1977-1990 гг. рудное тело II-1 было вскрыто и разведано на горизонте + 450 м. Верхняя граница балансовых запасов проходит в 12 м от поверхности, а нижняя – в 75 м

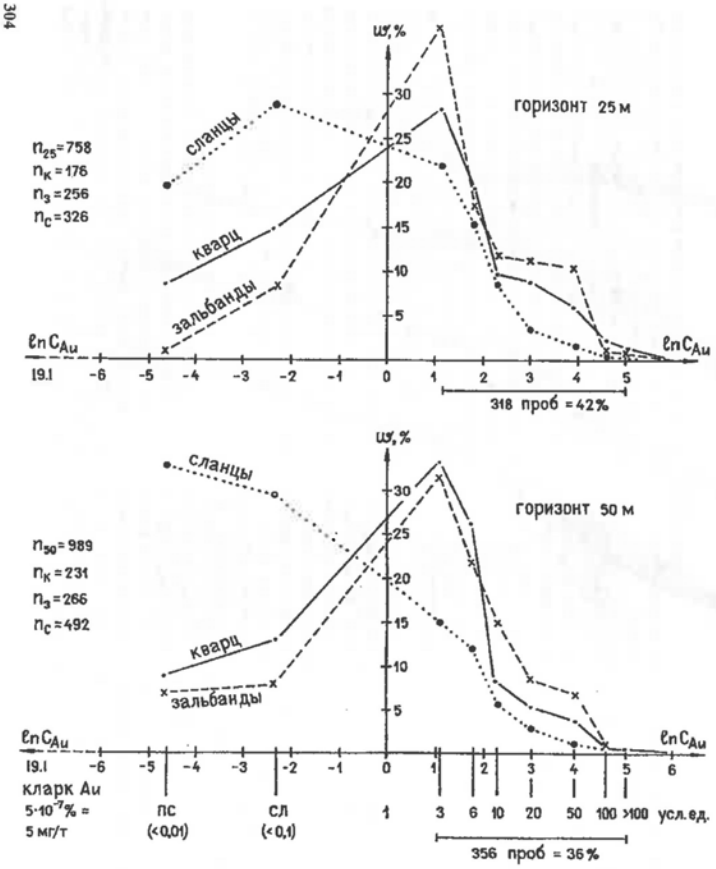


Рис. 3.64. Распределение содержания золота в жиле Васильевской 1 (вкрест простирания)

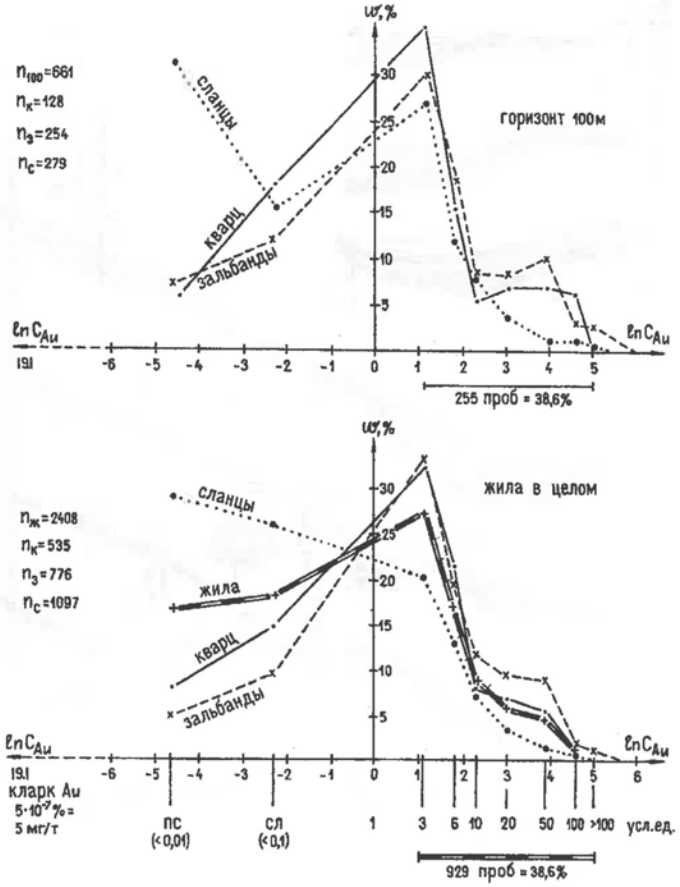


Рис. 3.65. Распределение содержания золота в жиле Васильевской 1 (вкрест простирания)

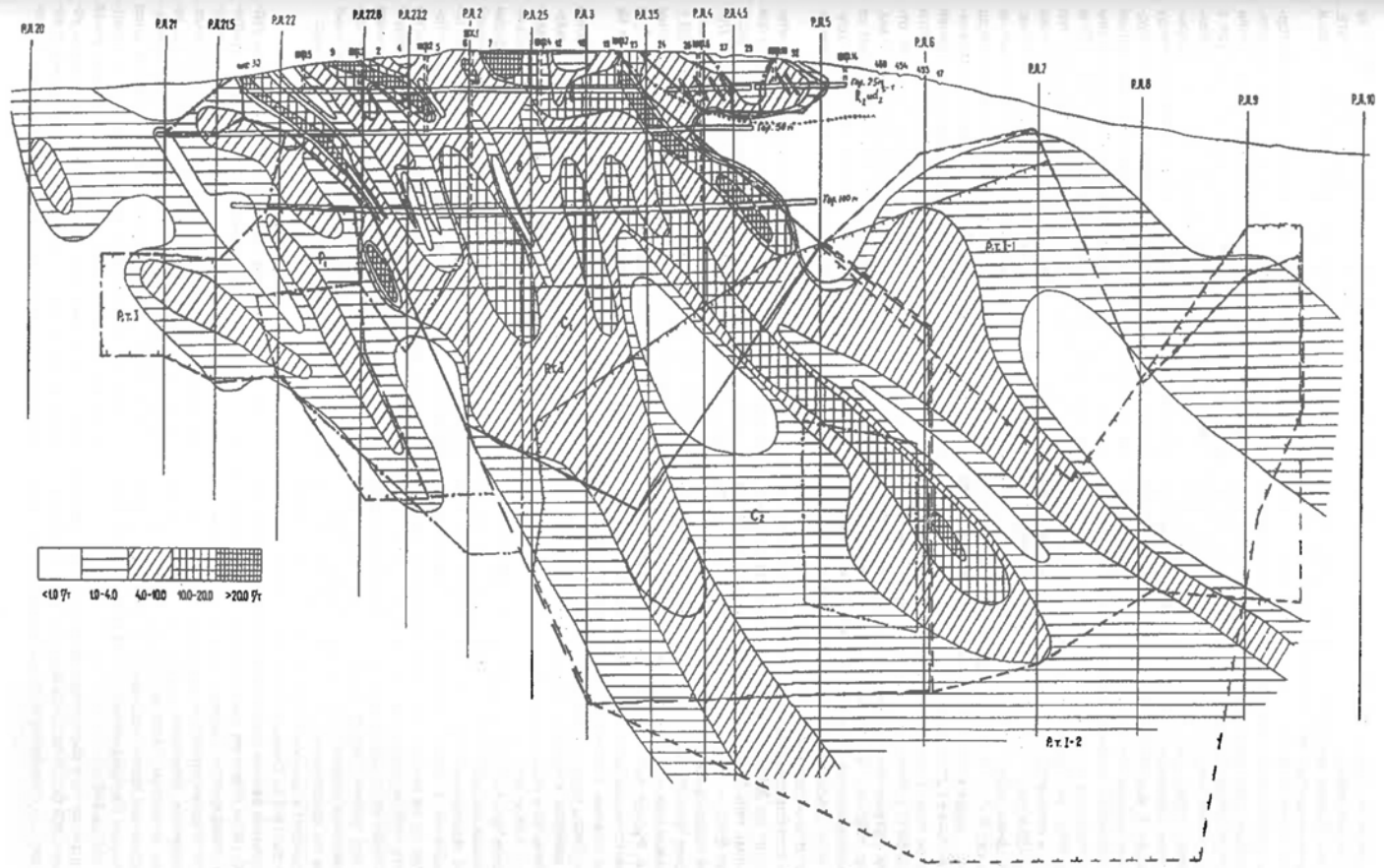


Рис. 3.66. Совмещенная продольная проекция на вертикальную плоскость рудных тел I, I-1, I-2, I-А и I-А-1 с элементами распределения золота в плоскости рудного тела. Масштаб 1:1600 (содержание в г/т)

ниже горизонта + 450 м. И установлена по данным бурения наклонных скважин.

Таким образом, вертикальный размах промышленного оруденения составляет 150-160 м. Протяженность рудного тела на гор. + 525 м – 100 м, на гор. +450 м – 40 м. Контуры рудного тела практически совпадают с контактами кварцевой жилы (рис. 3.67). Мощность рудного тела изменяется от 0,4 до 10,0 м, а угол падения от 5-6° до 60°. Распределение золота крайне неравномерное. Часто встречаются отдельные зерна, и мелкие гнездовые скопления зерен самородного золота, видимые невооруженным глазом. В выработках на гор. +450 м постоянно наблюдаются рудные минералы III стадии минералообразования (сфалерит, галенит, блеклые руды). Содержание золота колеблется от "сл" до 202 г/т. В 1960 г. ГКЗ СССР по рудному телу – II-1 были утверждены балансовые запасы кат. $B+C_1$ в количестве 21,4 тыс. т руды и 374 кг золота и по кат. C_2-33,4 тыс. т руды и 200,3 кг золота. В результате более поздних работ, запасы были пересчитаны и составили по кат. $B+C_1$ - 35,9 тыс. т руды и 410,8 золота и C_2 – 20,4 тыс. т руды и 297,3 кг золота (Протокол ЦКЗ МЦМ СССР № 2544 от 21.03.1986 г).

Рудное тело IX (жила Васильевская IX) было разведано в 1950-59 гг. с поверхности канавами через 10-40 м подземными горными выработками из шурфа 35 на глубине 25 м (гор. +525 м). Протяженность рудного тела с балансовыми запасами на поверхности – 140 м, на горизонте + 525 м – 41 м. Глубина подсчета запасов – 50 м. Мощность рудного тела определяется мощностью жилы Васильевская IX и колеблется в пределах 0,3-1,8 м. Содержания золота от "сл" до 300,6 г/т. Падение рудного тела – 50-60°. По рудному телу ГКЗ СССР утверждены балансовые запасы кат. $B+C_1$ – 10,9 тыс. т руды и 106,6 кг золота при среднем содержании 9,2 г/т.

Рудное тело VIII (жила Васильевская VIII). Изучено только канавами, где его длина составляет 35 м, а мощность 1,0-3,0 м. Рудное тело выделено на участке жилы, где она разделяются на две ветви, между которыми заключены оруденелые сланцы. Количество сланцев в руде составляют до 40 %. Кварц пористый лимонитизированный.

По замерам в канавах падение рудного тела 35-50°. До глубины 50 м подсчитаны ресурсы кат. P_1 в количестве 7,1 тыс. т и 66 кг золота.

Рудное тело II-2 вскрыто и разведано на горизонте +450 м подземными выработками, по падению и восстанию прослежено скважинами и восстающими. Рудное тело залегает, вероятно, в одной с жилой II-бис рудовмещающей структуре, но не имеет с ней непосредственной связи. На горизонте +450 м рудное тело достигает мощности 17 м в центральной части, здесь оно представлено серией кварцевых жил сложной морфологии и мелких прожилков в окварцованных сульфидизированных породах, которые на флангах по простиранию, а также по падению и восстанию переходят в одну жилу и мощность рудного тела уменьшается до 0,8-2,0. Длина рудного тела составляет 188 м. Вертикальный размах промышленного оруденения достигает 130-140 м. Верхняя граница рудного тела залегает в 30 м от поверхности. Падение рудного тела меняется от 30° до 50°. Рудная минерализация представлена пиритом, арсенопиритом, блеклыми рудами, сфалеритом, халькопиритом, галенитом. Часто встречается видимое золото в виде отдельных зерен гнездовых и прожилковых выделений в кварце. Распределение золота крайне неравномерное от "сл" до 345 г/т.

По рудному телу были оперативно учтены Госбалансом (Протокол ЦКЗ СССР № 21.03.86. и № 17 от 18.04.1989 г.) запасы кат. C_1 в количестве 45,5 тыс.т руды и 877,4 кг золота. По пересчету запасов 1999 г (Г.С. Палиенко и др.,1999 г.) их количество составило 52,0 тыс. т руды и 1029 кг золота. Кроме того подсчитаны ресурсы кат. P_1 – 42,9 тыс. т руды и 811 кг золота.

Рудные тела IX-1 и IX-2 разведаны подземными горными выработками на гор. +450 м и прослежены по падению редкой сетью скважин. Залегают они на расстоянии 20 м друг от друга в одной рудовмещающий структуре с рудным телом IX, но по падению отделяются от него безрудным интервалом. Представлены рудные тела прерывистыми кварцевыми жилами, соединяющимися между собой зонами кварцевого прожилкования. В контур рудных тел входят как жилы, так и околожильные оруденелые сланцы, за счет которых образуются локальные раздувы тел (рис. 3.68, 3.69). Длина рудных тел достигает 370 м (р.т. – IX-1) и 240 м (р.т. IX-2). Верхняя граница рудных тел седловидная, опущенная в средней части и приподнятая на флангах за счет образующихся здесь рудных столбов. Верхняя граница промышленного оруденения проходит на глубине 40-60 м, опускаясь в средней части рудных тел до 100-115 м от поверхности. Мощность рудных тел изменяется от 15 см до 2-3 м и достигает в раздувах 6 м . Рудная минерализация представлена теми же сульфидами, что и в других рудных телах Центральной зоны. Постоянно отмечается видимое золото с размером зерен до 0,5 мм. Содержание золота по отдельным пробам варьирует от "сл" до 714 г/т. Вертикальный размах промышленного оруденения с учетом рудного тела IX, выходящего на поверхность, составляет 170 м.

По рудным телам IX-1 и IX-2 подсчитаны запасы категории C_1 в количестве 37,4 тыс. т руды и 535,6 кг золота при среднем содержании 14,3 г/т и категории C_2 – 99,7 тыс. т руды и 1265,9 кг золота со средним содержанием 12,7 г/т.

Приведенное количество запасов кат. C_1+C_2 получено в результате пересчета запасов, выполненного в 1999 г. (Г.С. Палиенко, 1999 г.). Ранее ЦКЗ МЦМ СССР по этим рудным телам было оперативно учтены запасы кат. C_1 в количестве 24,0 тыс. т руды и 260 кг золота (Протокол № 2866 от 21.03.1988 г.).

В целом, в рудных телах Центральной рудной зоны видимое золото встречается часто и наблюдается в кварцевых жилах, линзах и прожилках в зальбандах между кварцем и вмещающими породами. Содержание золота обычно тем выше, чем более полно представлены сульфиды всех стадий минерализации. По сравнению с Восточной рудной зоной рудные тела Центральной зоны имеют гораздо меньшие размеры, а также резкие переходы от богатых руд к забалансовым и к безрудным участкам. Более 96 % всех разведанных балансовых запасов не выходит на дневную поверхность. Падение рудных тел в отличие от Восточной зоны, в целом, более пологое на СЗ, к осевой плоскости Васильевской синклинали, и на отдельных участках согласное со слоистостью вмещающих пород.

Западная рудная зона

Выявленные в пределах западной рудной зоны рудные тела изучены слабо. Канавами и единичными шурфами разведаны лишь выходящие на поверхность юго-западные фланги рудных тел, как правило, слабо золотоносные. Основная их часть, содержащая балансовые руды, не выходит на поверхность и изучена лишь редкой сетью наклонных скважин. Исключение составляет только жила Васильевская III, которая полностью разведана на поверхности канавами, но по падению она изучена слабо. Из-за редкой сети скважин контуры рудных тел проведены условно, путем интерполяции между пересечениями скважин с балансовыми и забалансовыми значениями содер-

Таблица 3.74

Основные параметры рудных тел с балансовыми запасами

№ п/п	Наименование рудной зоны, тела	Длина по простир. (max), м	Глубина залегания от поверхности, (м)		Угол падения, (градусы)			Мощность, (м)			Содержание золота по сечениям, г/т			Кат. запасов, ресурсов	Запасы балансовые		Запасы Au в % от общ. кол-ва зап. B+C1+C2 по местор.
			от	до	от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.		руда (тыс. т)	золото (кг)	
1.	Восточная р. з. Рудное тело-I	1070	0	450	60	90	70	0,1	16,0	3,12	сл	496,9	7,0	B	386,3	2930,3	59,8
													8,2	C_1	564,5	4636,4	
													6,5	C_2	747,1	4856,2	
													5,8	P_1	118,6	687,7	
2.	р. т. I-1	585	20	400	80	90	85	0,39	2,39	2,2	0,2	7,4	6,1	C_2	517,5	3156,7	15,2
3.	р. т. I-2	550	50	500	76	82	80	1,45	2,73	1,94	1,3	10,23	4,8	C_2	589,3	2828,6	13,6
4.	р. т. I-A	300	10	310	30	90	75-80	0,16	7,21	1,99	сл	77,6	19,2	P_1	161,1	3012,3	
5.	р. т. I-A-I'	–	–	235	–	–	85	–	–	2,23	–	–	5,7	P_1	48,7	277,4	
6.	Центральная р. з. Рудное тело-II-1	130	12	100	5	60	30	0,4	10,0	0,88	сл	202,0	12,6	B	9,8	172,0	
														C_1	26,1	238,8	
														C_2	20,4	297,3	3,4
7.	р. т. II-2	188	32	150	30	50	45	0,8	8,4	2,8	сл	345,0	19,8	C_1	52,0	1029,0	5,0
														P_1	42,9	811,2	
8.	р. т. II-3	62	83	115	30	30	30	1,15	1,98	1,23	сл	150,0	20,6	P_1	8,9	182,8	
9.	р. т. VIII	100	0	50	35	55	50		10	1,9	сл	28,6	9,3	P_1	7,1	66,0	
10.	р. т. IX	80	0	50	64	50	56	0,3	1,8	0,7	сл	160,0	11,6	B	5,5	63,8	0,45
														C_1	5,4	36,8	
11.	р. т. IX-1	370	40	170	23	72	52	0,15	6,2	228	0,1	244,1	14,7	C_1	30,1	421,4	15,2
														P_1	14,3	230,1	
12.	р. т. IX-2	245	60	160	47	75	60	0,15	6,16	3,09	сл	410,6	12,2	C_1	8,5	114,2	0,55
														P_2	86,6	1041,3	
	Западная р. з. Рудное тело III	70	0	50	70	80	75	0,24	4,6	1,32	сл	52,0	10,7	P_1	3,9	41,4	
13.	р.т. III-1'	150	0	70	–	–	65	–	–	0,50	–	–	8,4	P_1	12,8	107,5	
14.	р.т. V'	–	0	–	–	–	50	–	–	0,45	–	–	9,6	P_1	0,8	7,3	
15.	р. т. VI-1	445	0	270	60	60	60	0,75	4,3	2,15	сл	41,6	7,4	P_1	206,7	1529,5	
16.	р. т. VI-2	–	–	185	25	72	55	1,0	9,4	4,32	сл	81,6	4,8	P_1	42,7	205,0	
17.	р. т. VI-8	–	–	195	–	–	55	–	–	6,39	сл	31,2	4,3	P_1	200,2	860,8	
18.	р. т. VI-9	–	–	185	–	–	60	–	–	3,52	2,3	7,6	4,9	P_1	182,8	895,7	
19.	р. т. VII-1'	–	–	80	–	–	60	–	–	0,40	–	–	12,3	P_1	9,2	113,7	
20.	р. т. XVI	–	–	120	–	–	30	–	–	0,86	–	–	21,4	P_1	15,4	329,8	
21.	р. т. XVI-1'	–	–	150	–	–	35	–	–	1,0	–	–	4,0	P_1	23,2	92,7	
22.	р. т. XIX	–	–	180	–	–	60	–	–	1,0	–	–	6,2	P_1	47,0	291,4	
23.	р. т. XX	–	–	150	–	–	70	–	–	2,0	–	–	5,9	P_1	81,3	479,9	

Примечание: ' Рудное тело вскрыто в одном пересечении, в графе 4 указана глубина подсечения от поверхности.

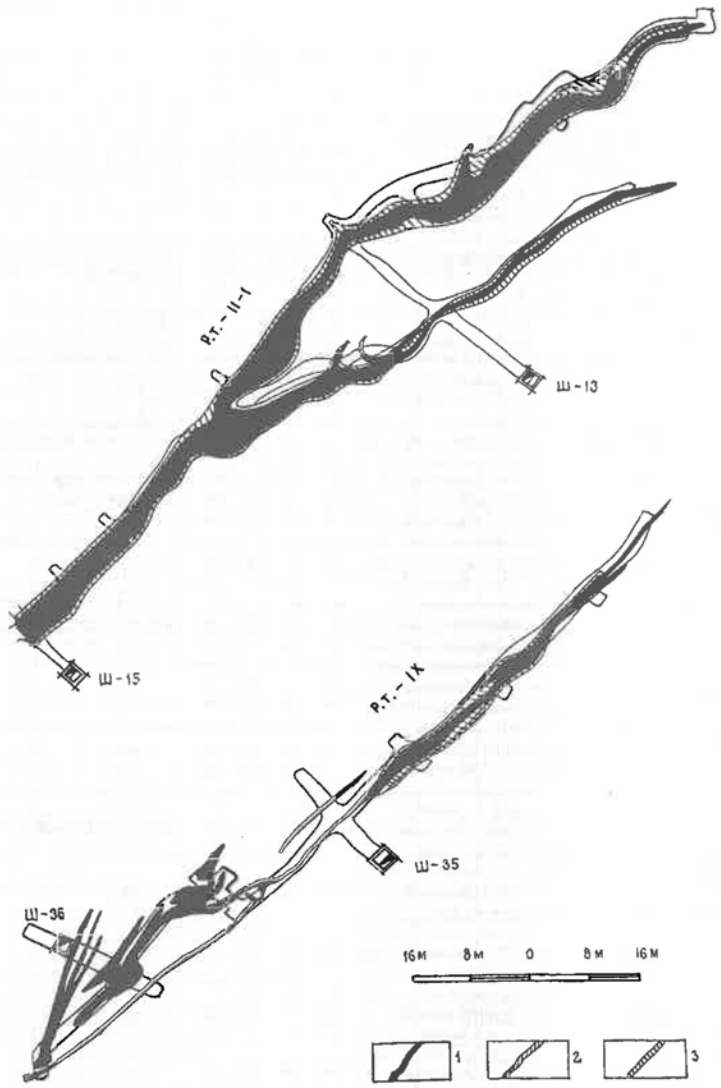


Рис. 3.67. План рудных тел II-1 (жила Васильевская-II) и IX (жила Васильевская-IX на гор. 25 м(+525 м)
1 – кварцевая жила; 2 – контур рудного тела по бортовому содержанию золота 4 г/т;
3 – контур рудного тела по бортовому содержанию 1 г/т

жания золота. При этом если контуры тел, выделенных по бортовому содержанию 1,0 г/т, опираются на несколько пересечений скважинами или горными выработками, то границы балансовых руд (более 4,0 г/т) устанавливаются большей частью по 1-2 пересечениям.

О морфологии, внутреннем строении рудных тел, и характере распределения в них золота судить сложно. Можно лишь отметить, что промышленная золотоносность приурочена, в основном, к кварцевыми жилами. Минеральный состав руд такой же, как в рудных телах Центральной и Восточной зон. Размеры рудных тел с балансовыми запасами, вероятно, сопоставимы с рудными телами Центральной зоны. Степень изученности Западной рудной зоны позволяет дать лишь прогнозную оценку золотоносности рудных тел на уровне ресурсов золота по кат. P_1. Всего по рудным телам Западной рудной зоны подсчитаны ресурсы кат. P_1 в количестве 826 тыс. т руды и 5 т золота (Г.С. Палиенко, 1999).

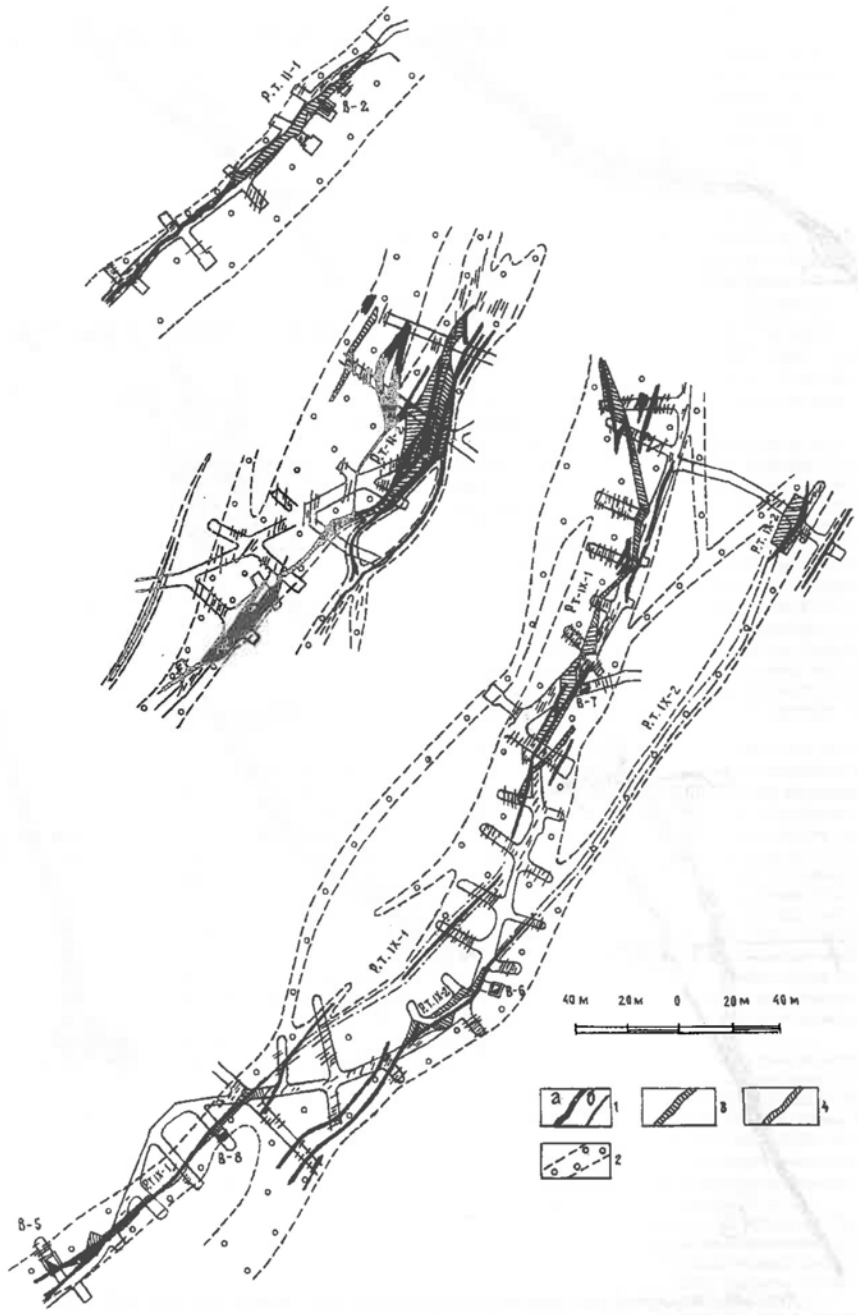


Рис. 3.68. План рудных тел II-1, II-2, IX-3, IX-1, IX-2 на горизонте разведочной штольни № 2 (+450 м)
1– **а** – кварцевые жилы, **б** – прожилки; **2** – окварцованные сульфидизированные породы; 3 – контур рудного тела по бортовому содержанию золота 4 г/т

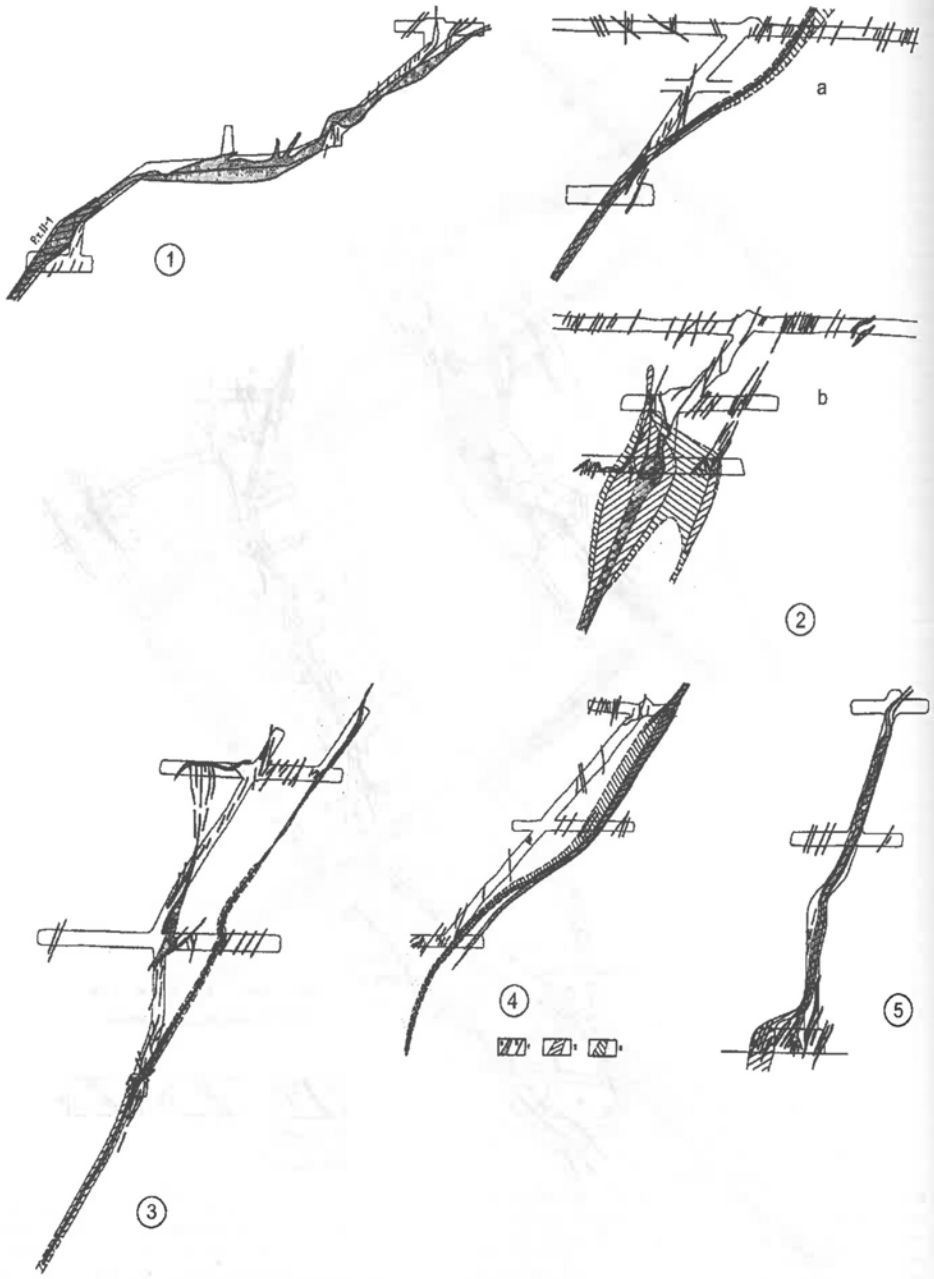


Рис. 3.69. Поперечные разрезы по рудным телам Центральной рудной зоны, масштаба 1:800

1 – кварцевые жилы (а), кварцевые и кварц-карбонатные прожилки (б); 2 – контур рудного тела по бортовому содержанию золота в пробе 4,0 г/т; 3 – то же по бортовому содержанию золота в пробе 1,0 г/т; цифры в кружках разрезы рудных тел: 1 – рудное тело II-1(по восстающему № 2), 2 – рудное тело II-2: по восстающему № 3 (а) и восстающему № 4 (b), 3 – рудное тело IX-1 (по восстающему № 7), 4 – рудное тело IX-1 (по восстающему № 5), 5 – рудное тело IX-2 (по восстающему № 6)

Основные параметры, выделенных на месторождении рудных тел с балансовыми запасами и ресурсами и ресурсами кат. P_1 приведены в табл. 3.74.

Наиболее слабо изученными являются юго-западный участок Западной рудной зоны (Ново-Васильевский участок) и Фединская рудная зона. Здесь в единичных сечениях канавами и скважинами установлено наличие кварцевых жил и линейных зон прожилково-вкрапленной минерализации северо-восточного простирания с крутым падением на СЗ, в которых содержание золота колеблется в пределах 0,5-3,0 г/т и единичные пробы показывают содержание золота до 10-13 г/т. В то же время минеральный состав руд и наличие геохимических ореолов золота, мышьяка и других элементов-спутников, указывают на возможное присутствие здесь участков с промышленной концентрацией золота.

Вещественный состав и технологическая характеристика руд

Технологические исследования и изучение вещественного состава руд проводились как в процессе разведки месторождения, так и в период проектирования и строительства горнорудного предприятия. Всего было отобрано 7 полупромышленных и лабораторных технологических проб. При проведении геологоразведочных работ в 1950-59 гг. отобраны две технологические пробы из подземных горных выработок по жиле Васильевская-I на горизонтах с абс. отм. +508 м (глубина 25 м), +483 (глубина 50 м), характеризующие окисленные руды. На пробе с гор. +508 м проведены лабораторные и полупромышленные испытания в 1952 г на Богунаевской золотоизвлекательной фабрике треста "Енисейзолото". На второй пробе проведены лабораторные исследования в 1956 г. Московским институтом цветных металлов и золота. Исследования технологических свойств первичных руд на стадии разведки не проводились.

При исследованиях обеих проб извлечение золота осуществлялось амальгамацией, которая в настоящее время на золотоизвлекательных фабриках не применяется. В связи с этим ЗАО "Васильевский рудник", которое получило лицензию на эксплуатацию Васильевского месторождения, начиная с 1993 г. продолжает работы по изучению технологических свойств руд. Материалом для технологических исследований первичных руд послужили валовые пробы отобранные из рудных тел Центральной рудной зоны на гор. +450 м в 1987 году Северо-Ангарской ГРП, экспедицией "Сибзолоторазведка". Пробы были складированы на поверхности на специально подготовленной площадке.

В 1993 г. проведены лабораторные исследования руды из жилы Васильевская-II в лаборатории АО "ИРГИРЕДМЕТ". В этом же году Государственным НПО промышленной экологии "Казмеханобр" были проведены полупромышленные испытания руды из этой же жилы (Рудное тело II-2). Эти исследования легли в основу разработки технологического регламента для проектирования золотоизвлекательной фабрики. В 1987-88 гг. работы по совершенствованию технологии обогащения руд Васильевского месторождения были продолжены Красноярской академией цветных металлов и золота (КГАЦМиЗ) по договору с ЗАО "Васильевский рудник". Были проведены сначала лабораторные, а затем укрупненные испытания с введением в цикл гравитационного обогащения высокоэффективных концентраторов золота американской фирмы Кнельсон, появившихся в последние годы на Российском рынке. В 1999 г., с целью проверки результатов лабораторных исследований, выполненных КГАЦМиЗ, направлена для полупромышленных испытаний в АО "ИРГИРЕДМЕТ" проба окисленной руды (степень окисления по железу и мышьяку соответственно 96,0 % и 92,0 %), отобранная на поверхности из центральной части жилы Васильевская-I. Сравнительная характеристика вещественного состава руд по всем технологическим пробам и результаты исследований сведены в таблицу 3.75.

Обзор проведенных испытаний показывает, что отдельные пробы как окисленных, так и первичных руд имеют различия по вещественному составу и технологическим свойствам.

Вещественный состав руд

1. По соотношению кварца и сланцев в руде выделяются: а) преимущественно кварцевые с содержанием жильного кварца 80-86 % (пробы окисленных руд, исследованные на Богунаевской ЗИФ и Московским институтом цветных металлов и золота в 1952 и в 1956 годах); б) кварцево-сланцевые с содержанием кварца 55-68 % и сланцев 32-45 % (АО "ИРГИРЕДМЕТ", 1993 г, 1999 г, Казмеханобр, 1993 г., КГАЦМиЗ, 1997 г, 1998 г.). Последние пять проб более соответствуют составу руды, которая будет добываться в реальных условиях.

2. По содержанию золота выделяются: а) проба богатой окисленной руды (16 г/т), соответствующая обогащенным участкам ж. Васильевская-I; б) проба окисленной руды с рядовым содержанием золота (7,0 г/т), соответствующим среднему содержанию по месторождению; в) проба бедной окисленной руды (3,5 г/т); г) пробы богатых первичных руд с содержанием золота 12-17 г/т, характеризуют отдельные рудные тела Центральной рудной зоны; д) пробы первичных руд с рядовым содержанием золота (6,9-8,5 г/т).

Серебро не имеет самостоятельного промышленного значения и извлекается попутно с золотом. Содержание его в исследуемых пробах колеблется в пределах 0,6-12,0 г/т и не коррелируется с содержаниями золота. В целом, отмечается более высокое содержание серебра в окисленных рудах (3,0-12,0 г/т).

Металлы платиновой группы (в основном, платина и палладий) непосредственно в руде не установлены, но накапливаются, как показывают последние исследования, в гравиоконцентратах в количестве до 300 и более г/т.

3. По минеральному и химическому составу первичных руд повышенным содержанием галенита (0,13 %), блеклой руды (0,12 %), сфалерита (0,25 %) и халькопирита (0,12 %) отличается проба, исследованная КГАЦМиЗ в 1997 г. Содержание этих минералов в 2,8-8,3 раза выше, чем в пробе, исследованной там же в 1998 г. Содержание Pb, Zn, Cu в этой пробе также в 3-10 раз выше, а As в 2-7 раз ниже, чем в остальных пробах первичных руд. Данная проба представляет участки рудных тел, где наиболее проявлена поздняя кварц-полиметаллическая сульфидная минеральная ассоциация.

4. По форме нахождения золота в рудах можно выделить два типа руд: 1) руды, где свободное золото в виде отдельных зерен и в сростках составляет 82-85 %; 2) руды с количеством свободного золота 33-63 %. Здесь также выделяется проба, исследованная в КГАЦМиЗ в 1997 г. и характеризующая руды с кварц-полиметаллической ассоциацией минералов. Количество золота, связанного сульфидами в этом типе руд, составляет 67 %.

5. Гранулометрический состав золота в руде был определен только при проведении последних исследований (ИРГИРЕДМЕТ, 1999). В остальных исследованиях ситовому анализу подвергались либо продукты обогащения, либо измельченная до различной крупности руда.

В пробе руды, исследованной Московским институтом цветных металлов и золота проанализированы хвосты амальгамации, измельченные до крупности – 0,5 мм. Здесь

в классе – 0,15 мм, выход которого составил 44,3 %, содержится 56,94% золота. В руде, исследованной Казмеханобром в 1993 г., при измельчении до крупности – 0,2 мм, выход класса – 0,15 м составил 16,65 % и содержал 62,23 % золота. В классе крупности – 0,074 % в обеих пробах содержится соответственно 45,54 % и 46,9 % золота. Учитывая то, что в первой пробе часть золота перешла в амальгаму, а во второй – часть мелкого золота не раскрылась и осталась в более крупных кусках руды, можно предположить, что в этом типе руд доля мелкого и тонкого (-0,15 мм) золота составляет ~ 60-70 % от его содержания в руде. Доля крупного (более 0,5 мм) золота в этом типе руд, судя по второй пробе, может составить до 20-23 %. Этот вывод подтверждается результатами ситового анализа материала чернового гравиоконцентрата (ИРГИРЕДМЕТ, 1993), согласно которому фракция крупностью +0,5 мм содержит 23 % золота.

Второй тип руд представлен пробами, исследованными в КГАЦМиЗ. Здесь в классе крупности руды – 0,15 мм, выход которого составил в первой пробе 23,56 % и во второй – 12,9 %, содержится соответственно 19,9 % и 14,1 % золота. Даже с учетом того, что часть мелкого и тонкого золота не раскрылась и осталась в более крупных классах, количество его значительно меньше, чем в первом типе руд. Одновременно в классах крупности +0,5 мм и выше, содержится 53-68,5 % золота. Особое место занимает руда, представленная пробой, отобранной на поверхности из жилы Васильевская-I (ИРГИРЕДМЕТ, 1999). В недробленой руде выход класса крупностью – 0,15 мм составил всего 8,7 % и содержит при этом 24,7 % золота. Выполненный институтом гранулометрический анализ свободного золота показал, что весовой % золота в классе крупности -0,15+0 мм, составляет 75,4 %, в том числе в классе – 0,074 мм – 64,8 %. В тоже время, в классе +0,5 мм содержится всего 6 % золота. Вероятно, это объясняется тем, что проба отобрана у самой поверхности в зоне наибольшего физического и химического выветривания руды (последняя была представлена обломочным материалом из кварца и сланцев), способствовавшего просаживанию части крупного золота на некоторую глубину от поверхности. Эта же проба показывает, что вблизи поверхности наряду с высокопробным (980-990) золотом происходит накопление золота второй генерации, пробность которого 720-880, и весьма низкопробного (310-80), с которым связана основная часть серебра.

В остальных технологических пробах золото высокопробное – 931-960.

Таким образом, установлено:

1. Среди первичных (слабоокисленных) руд по форме нахождения золота выделяются участки (или отдельные рудные тела), где от 31 до 67 % золота связано с сульфидами, в то время, как в остальных рудах количество золота в сульфидах не превышает 10-16 %. В основном, связь золота с сульфидами проявляется в рудах, где наиболее проявлена поздняя кварц-полиметаллическая стадия минерализации.

2. По крупности золота выделяются:

1) руды с высоким содержанием, до 60-70 % мелкого и очень мелкого (тонкого) или, по определению КГАЦМиЗ, дисперсного золота с крупностью зерен менее 0,15 мм и менее 0,074 мм. Относительно крупное более 0,5 и до 2,5 мм, золото составляет 20-23 %;

2) руды с относительно низким содержанием мелкого и тонкого золота (вероятно, в пределах 20 %) и наоборот высоким содержанием крупного +0,5 мм и весьма крупного +2,5 мм золота. Этот тип руд приурочен к участкам развития кварц-полиметаллической минеральной ассоциации;

3) окисленные близповерхностные руды отличаются особенно высоким содержанием тонкого золота, свыше 70 %, повышенным содержанием серебра (до 12 г/т) и присутствием наряду с высокопробным более низкопробного (720-800) и весьма низкопробного (310-80) золота.

Данные выводы, а также то, что технологические исследования окисленных руд проведены только на жиле Васильевской-I, а первичных руд только по рудным телам Центральной рудной зоны, где к тому же не представилось возможным обеспечить точную привязку мест отбора проб, и равномерность опробования рудных тел по простиранию и падению, говорят о необходимости проведения на месторождении технологического картирования с целью выделения и оконтуривания выделенных типов и разновидностей руд.

Физико-механические свойства руд изучались как в процессе разведки месторождения, так и при проведении технологических исследований. По данным авторов отчета с подсчетом запасов (Голубев и др., 1960) плотность кварцевой руды, определенная по 59 штуфным образцам из жилы Васильевская-I на горизонте +433 м (первичные руды), в среднем равна 2,6 т/м³ для жильного кварца, при колебаниях от 2,39 до 2,84 т/м³, и 2,83 т/м³ для оруденелых околожильных сланцев при колебаниях от 2,43 до 3,97 т/м³. Средняя плотность руды, состоящей из кварца и оруденелых сланцев, принятая для подсчетов запасов, – 2,65 т/м³. Удельный вес окисленной руды по образцам, отобранным из этой же жилы на горизонте +508 м, составил, в среднем из 50 проб, 2,64 т/м³ при колебаниях от 2,4 до 3,0 т/м³. По данным Московского института цветных металлов, в исследованной ими пробе из жилы Васильевская-I на (гор. +483 м), удельный вес окисленной руды равен 2,52 т/м³. Расхождение в определении удельного веса, возможно, объясняется разным соотношением кварца и сланцев, принятым для рудного тела на горизонте +508 м, и в исследуемой технологической пробе. Плотность первичных руд, определенная институтами ИРГИРЕДМЕТ, 1993 и Казмеханобр, 1993 г. по технологическим пробам, отобранным из рудных тел Центральной рудной зоны, равняется 2,64 и 2,67 т/м³, что хорошо согласуется со средней плотностью руды, принятой для месторождения в целом. Прочность кварца на сжатие и на растяжение равна соответственно 138,0 и 6,6 МПа, сланцев, обладающих анизотропными свойствами, 118,2-66,3 МПа и 14,0 и 4,3 МПа. Коэффициент крепости по шкале Протодьяконова М.М. для кварца – 11, для сланцев 4,0. По данным НПО "Казмеханобр" (не окисленные руды) рассланцованные породы имеют коэффициент крепости 9-12, а окварцованные разности 14-19 единиц. Породы, в целом, ниже средней абразивности (А-30 мг) по классификации Барока-Кузнецова. Влажность руды 4-6 %. Кварц обладает большим сопротивлением ударным нагрузкам, что может приводить к его накоплению в мельнице самоизмельчения. Данный вывод подтверждается опытами по самоизмельчению, показывающими, что в мельнице происходит аккумуляция кварца в количестве до 50-74 % (ИРГИРЕДМЕТ, 1993). Полупромышленные испытания, проведенные Казмеханобром, показывают, что в мельнице самоизмельчения образуется до 20 % "критического" класса –80+20 мм. Поэтому в схеме рудоподготовки рекомендовано на I стадии полусамоизмельчение с догрузкой шаров 4,5 % и вывод "критического" класса во II стадию измельчения в шаровой мельнице.

Технологическая характеристика руд

Сравнение результатов технологических испытаний руд Васильевского месторождения, приведенных в табл. 3.75, показывает, что в исследуемых пробах руды, несмот-

Таблица 3.75

Сравнительная характеристика вещественного состава руд по технологическим пробам и результатам исследований

Наименование организации, проводившей исследования и год проведения исследований	Богунаевская ЗИФ, треста "Енисейзолото", 1952 г.	Московский институт цветных металлов и золота, 1956 г.	АО "ИРГИРЕДМЕТ", 1993 г.	Государственное НПО промышленной экологии "Казмеханобр", 1993 г.	Красноярская государственная Академия цветных металлов и золота, 1997 г.	Красноярская государственная Академия цветных металлов и золота, 1997 г.	АО "ИРГИРЕДМЕТ"
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Вес пробы, кг	8720	184	141	9500	90	2100	4300
2. Место отбора пробы	Жила Васильевская-I, штрек на гор. с абс. отм. +508 м в интервале длиной 400 м	Жила Васильевская-I, штрек 7 на гор. с абс. отм. +483 м в интервале длиной 225 м	Жила Васильевская-II, из валовой пробы, отобранной из бур. камеры 45, орта 10 и штрека 4 на гор. с абс. отм. +450 м	Жила Васильевская-II, руд. тело II-2, валовая проба из бур. камеры 45 на гор. с абс. отм. +450 м	Жила Васильевская-II и IX, валовые пробы с гор. +450	Жила Васильевская-IX, руд. тело IX-2, валовая проба из бур. камеры 79 на гор. с абс. отм. +450 м	Жила Васильевская-I, поверхность, центральная часть, гор. с абс. отм. +533 м
3. Тип исследованной руды	окисленная	окисленная	первичная, слабо окисленная	первичная, слабо окисленная	первичная, слабо окисленная	первичная, слабо окисленная	окисленная
4. Состав, % 1) жильный кварц 2) околожильные вмещающие породы	80-85 15-20	86 14	63,6 36,4	60-65 35-40	68 32	55 45	~ 55 ~ 45
5. Вид исследований	полупромышленные	лабораторные	лабораторные	лабораторные и полупромышленные	лабораторные	укрупненные лабораторные	полупромышленные
6. Минералогический состав руд, % Рудные минералы:							
Пирит	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,3	0,43	0,01
Арсенопирит	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,28	0,47	редкие знаки
Галенит	нет данных	нет данных	ед. зерна	нет данных	0,13	0,046	нет данных
Блеклая руда	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,12	0,024	нет данных
Сфалерит	нет данных	нет данных	сотые доли %	нет данных	0,25	0,03	нет данных
Пирротин	нет данных	нет данных	0,1	нет данных	нет данных	нет данных	един. знаки
Халькопирит	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,12	0,02	нет данных
Гидроокислы железа	нет данных	нет данных	1,5	нет данных	2,0	2,5	12,0
Магнетит	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	един. знаки	един. знаки
Ильменит	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	един. знаки	един. знаки
Самородное золото	нет данных	нет данных	14 знаков	нет данных	един. знаки	един. знаки	знаки
Гидроокислы и оксиды мышьяка			нет данных		нет данных	нет данных	1,0
Скородит, хризаколла	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	ред. знаки
Нерудные минералы:							
Кварц	нет данных	нет данных	56,0	нет данных	69,4	60,4	46,0
Карбонаты (кальцит, анкерит)	нет данных	нет данных	1,0	нет данных	3,9	3,9	нет данных
Гидрослюды, серицит, мусковит, биотит, хлориты	нет данных	нет данных	17,0	нет данных	18,3	5,7	38,14
Амфиболы, пироксены, эпидот, турмалин	нет данных	нет данных	ед. зерна	нет данных	нет данных	нет данных	1,5
Альбит	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	3,5	5,0	1,0

Продолжение таблицы 3.75

1	2	3	4	5	6	7	8
Гранат, флюорит, сфен, апатит	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,4	0,9	ред. знаки
Рутил	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	1,3	0,75	нет данных
Углистое вещество	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,35
Химический состав руды: компоненты, %							
SiO_2	93,3	86,28	76,22	64,5	76,4	67,44	65,16
TiO_2	нет данных	нет данных	0,47	нет данных	0,52	0,75	0,74
Al_2O_3	1,3	7,67	6,42	13,67	9,0	15,4	15,96
$Fe_2O_{3\,(общ.)}$	нет данных	нет данных	5,32	нет данных	6,45	6,71	8,79
$Fe_2O_{3\,(окисл.)}$	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	2,23	нет данных	8,40
CaO	нет данных	0,78	3,62	1,4	0,15	0,105	0,41
MgO	нет данных	0,37	3,49	2,0	0,58	0,99	0,33
FeO	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	3,8	4,97	нет данных
MnO	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,075	0,099	0,14
P_2O_5	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,31	0,4	0,16
K_2O	нет данных	нет данных	нет данных	1,68	1,5	2,67	3,51
Na_2O	нет данных	нет данных	нет данных	0,44	0,41	0,55	<0,01
$As_{(общ.)}$	0,4	0,52	0,69	0,25	0,1	0,2	0,385
$As_{(сульф.)}$	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,032
$As_{(окисл.)}$	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,353
$S_{(общ.)}$	0,006	0,075	0,93	0,46	нет данных	0,6	0,011
Sb	нет данных	0,06	0,01	0,005	0,03	0,006	0,0034
Cu	не обнаруж.	следы	0,008	0,02	0,06	0,015	<0,001
$Fe_{(общ.)}$	3,5	2,68	3-10	5,14	нет данных	нет данных	нет данных
Pb	следы	следы	0,03	0,03	0,1	0,04	0,007
Zn	0,2	0,25	0,03	0,02	0,2	0,02	<0,01
Hg	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	<0,01
$Au_{(г/т)}$	16,0	7,0	15-17	8,54	6,9	12,05	3,5
$Ag_{(г/т)}$	3,0	9,0	0,63	0,7	1,5	4,0	10-12
п.п.п.	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	3,55	5,11	4,76
Mo	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,0003	0,0001	нет данных
CO_2	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	1,56	1,8	нет данных
8. Распределение золота в руде по классам крупности:		хвосты амальгамации, измельченные до -0,5+0 мм	объединенный гравиоконцентрат	исходная руда, измельченная до -2,0+0 мм	исходная руда, измельченная до -1,25+0 мм	исходная руда, измельченная до –5,0+0 мм	не дробленая руда крупностью -70+0 мм
Классы / Распределение							
+2,5 мм выход, %	–	–	–	–	–	48,4	64,1
содерж. Au, г/т	–	–	–	–	–	7,0	-70+10 мм 1,68
весовой % Au в классе	–	–	–	–	–	28,1	30,7

1		2	3	4	5	6	7	8
-2,5+1,0	выход, %	–	–	–	51,7	19,32	16,5	17,2
	содерж. Au, г/т	–	–	–	2,64	9,1	6,2	-10+2 мм 6,6
	весовой % Au в классе	–	–	–	15,5	25,4	8,5	32,4
-1,0+0,5	выход, %	–	7,0	–	16,0	26,78	11,3	5,7
	содерж. Au, г/т	–	0,8	–	4,4	7,1	34,0	-2+0,5 мм 2,7
	весовой % Au в классе	–	1,67	23,0	8,0	27,6	31,9	4,4
-0,5+0,15	выход, %	–	48,7	–	15,65	30,34	10,9	4,3
	содерж. Au, г/т	–	2,86	–	8,1	6,15	19,2	6,35
	весовой % Au в классе	–	41,39	65,0	14,42	27,1	17,4	7,8
- 0,15 + 0,074	выход, %	–	19,1	–	4,0	10,77	7,7	3,1
	содерж. Au, г/т	–	2,0	–	33,7	7,26	11,3	13,1
	весовой % Au в классе	–	11,4	9,0	15,35	11,3	7,2	11,6
- 0,074	выход, %	–	25,2	–	12,65	12,79	5,2	5,6
	содерж.Au, г/т	–	6,05	–	24,0	4,64	16,01	8,1
	весовой % Au в классе	–	45,54	3,0	46,9	8,6	6,9	13,1
9. Пробность золота		931-957	нет данных	960	нет данных	нет данных	нет данных	I 980-990 II 720-800
10. Форма нахождения и характер связи золота с рудными и нерудными компонентами, %:								
– золото в виде свободных зерен		нет данных	нет данных	61,1 при крупности2,0 мм 73,3 при крупности 0,2 мм	72,41	При крупности – 1,25 мм 32,6	62,8	При крупности помола – 95 % - 0,074 мм 47,8
– золото в сростках		нет данных	нет данных	нет данных	9,19	нет данных	нет данных	37,1
– золото с сульфидами		нет данных	нет данных	нет данных	16,1	67,4	31,3	нет данных
– золото, ассоциированное с вторичными минералами, и золото с пленочными покрытиями		нет данных	нет данных		1,15	нет данных	нет данных	12,2
– золото в кварце и других породообразующих компонентах		нет данных	нет данных	нет данных	1,15	не обнаружено	5,9	2,9
Итого цианируемое золото				74,8 при крупности 2,0 мм 90,1 при крупности 0,2 мм	81,6	32,6	62,8	84,9

Продолжение таблицы 3.75

1	2	3	4	5	6	7	8
11. Применяемые способы переработки руды и полученные результаты	1. Лабораторные исследования: 1.1. Амальгамация исходной руды: Извлечение Au составило при степени измельчения руды: -1,0 мм – 63, 0% -0,3 мм – 81,0% -0,2 – 88,0 % -0,15 мм – 88,0% 2. Полупромышленные испытания: 2.1. Амальгамация руды: Извлечение Au – 69,1 %, при содержании Au в руде – 16,0 г/т и в хвостах амальгамации 3,2 г/т. 2.2. Цианирование хвостов амальгамации: извлечение из хвостов с содержанием Au – 3,2 г/т, составило 94,0 %.	1. Гравитационное обогащение: 1.1. Двухстадиальное обогащение с применением отсадочной машины концентрация на ворсистом шлюзе при измельчении до 0,4 мм и 0,15 мм соответственно. Извлечение Au в концентрат 77,2%. Выход концентрата 1,02 %. Содержание Au в концентрате 404,1 г/т, в хвостах – 1,2 г/т, в исходной руде – 5,3 г/т. 2. Амальгамация исходной руды: максимальное извлечение Au при измельчении руды до -0,2 мм – 63,6%.	1. Гравитационное обогащение: 1.1. Обогащение на отсадочных машинах по пятистадийной схеме измельчения руды от 1,0 мм до 0,074 мм: извлечение Au в объединенный гравиоконцентрат - 83,8%. Выход концентрата – 1,9%. Содержание Au: в исходной руде 15,1 г/т, в гравиоконцентрате – 665,6 г/т, в хвостах гравитации – 2,5 г/т. 1.2. Обогащение на винтовом сепараторе СВ-500: извлечение Au – 83,03%, выход концентрата – 2,74%. Содержание Au: в руде – 14,9 г/т, в концентрате – 451,5 %, в хвостах – 2,6 г/т.	1. Лабораторные исследования: 1.1. Гравитационное обогащение на концентрационном столе КС-30. Максимальное извлечение Au при измельчении руды до 85% кл. –0,074 мм – 90,49 %. Выход концентрата – 1,78%. Содержание Au: в руде – 8,26 г/т, в концентрате – 420 г/т, в хвостах гравитации – 0,8 г/т. 1.2. Флотация хвостов гравитации: крупность материала 80 % кл. – 0,074 мм. Расход реагентов на основную флотацию: бутиловый ксантогенат – 90 г/т, вспениватель Т-80 – 40 г/т; на контрольную флотацию – 60 г/т и 30 г/т соответственно. Продолжительность флотации: основной – 15 мин; контрольной – 20 мин., время перечистки – 3 мин.	1. Гравитационное обогащение: 1.1. Обогащение на концентрационном столе в две стадии с измельчением руды на I стадии до 65 % кл. – 0,074 мм, на II стадии до 90% кл. – 0,074 мм. Извлечение золота на I стадии 81,3%, на II – 10,7%, в объединенный концентрат – 92,0%. Выход объединенного концентрата – 18,4%. Содержание Au: в руде 6,9 г/т, в объединенном концентрате 34,5 г/т, хвосты – 0,55 г/т. 1.2. Обогащение на концентраторе Кнельсона (3,0 дюйма) в две стадии.	1. Лабораторные исследования 1.1. Гравитационное обогащение на концентраторе Кнельсона в две стадии с измельчением руды в I стадию до 60% кл. – 0,074 мм и во II стадию до 90 % кл. – 0,074 мм. Извлечение Au в концентрат I – 90,4%, в концентрат II – 6,5 %, в объединенный концентрат – 96,9%. Выход концентрата I – 2,6%, концентрата II – 2,4%, объединенного концентрата – 5%. Содержание золота: в руде 12,05 г/т, в объединенном концентрате – 233,5 г/т, в хвостах – 0,4 г/т.	1. Гравитационное обогащение по проектной схеме, включающей: на минусовом продукте измельчения руды в I стадии (-2 мм) – отсадочную машину М 12Х9 мм; на выходе II стадии измельчения винтовой сепаратор СВ-500 и на сливе классификатора II-стадии коротконусый центробежный концентратор (ККГЦ) Д=50 мм. Выход концентрата 0,04%, извлечение Au 61,5%. Содержание Au: в руде 3,17 г/т, в концентрате 4873,87 г/т в хвостах 1,22 г/т

Окончание таблицы 3.75

1	2	3	4	5	6	7	8
	2.3. Непосредственное цианирование исходной руды с содержанием Au 16,8 г/т. Измельчение руды – 100 % кл. - 0,2 мм, продолжительность цианирования 12 час., расход: NaCN – 0,2 кг/т, известь – 1,0 кг/т. Извлечение Au в раствор составило 99 %.	3. Амальгамация хвостов гравитации: извлечение при крупности -0,2 мм – 38,5 %. 4. Амальгамация гравиоконцентрата: извлечение золота – 95,5 %. Общее извлечение по схеме: гравитация – амальгамация гравиоконцентрата – амальгамация хвостов гравитации – 82,5 %.	1.3. Обогащение на концентрационном столе: извлечение Au – 84,8 % выход концентрата 4,14 %. Содержание Au: в руде – 15,3 г/т, в концентрате – 313,4 г/т, в хвостах – 2,4 г/т. 1.4. Предварительные испытания по доведению гравиоконцентрата до "золотой головки": выход "золотой головки" 0,02 %, содерж. Au – 27,5 кг/т, извлечение Au – 36,3 % от руды. 2. Флотационное обогащение хвостов гравитации в замкнутом цикле: измельчение до 60-65 % кл. – 0,074 мм; Расход реагентов на 1 т, г: модификатор – 7,5, бутиловый ксантогенат калия – 150, вспениватель Т-80-100; продолжительность основ. флотации, мин: 20, контрольной флотации -20, перечистной – 3. Извлечение из хвостов гравитации во флотоконцентрат – 89,6 %, выход концентрата – 8,0 %. Содержание Au: хвосты гравитации – 2,5 г/т, флотоконцентрат – 28,0 г/т, хвосты флотации – 0,3 г/т.	Извлечение Au во флотоконцентрат – 71,0 %, выход концентрата – 2,37 %. Содержание Au: в хвостах гравитации – 1,0 г/т, во флотоконцентрат – 30,0 г/т, в хвостах флотации – 0,3 г/ т. Общее извлечение Au по схеме: гравитация – флотация хвостов гравитации в гравио- и флотоконцентрат – 96,5 % в т.ч. в гравиоконцентрат – 87,96 %, во флотоконцентрат 8,54 %. Выход гравиоконцентрата – 1,83 %, флотоконцентрата – 2,33 %, суммарно – 4,16 %. Содержание Au: в руде – 8,21 г/т, в гравиоконцентрате – 394,5 г/т, во флотоконцентрате – 30 г/т, в объединенном концентрате – 190,3 г/т, в хвостах – 0,3 г/т. 1.3. Цианирование руды: измельчение руды до 95 % кл. – 0,074 мм. Расход: NaCN – 1,5 кг/т, CaO – 1,0 кг/т. Продолжительность цианирования – 24 часа. Содержание Au в руде 8,6 г/т. Извлечение золота в раствор – 90,7 %. Содержание Au в хвостах – 0,8 г/т. 1.4. Цианирование хвостов гравитации: содержание золота в хвостах гравитации – 1,0 г/т, в отходах цианирования – 0,5 г/т, извлечение Au в раствор – 50 %.	На I стадии при измельчении руды до 60-65 % кл. – 0,074 мм извлечение Au в концентрат составило: 91,3 % при выходе концентрата 6,3 %. На II стадии (90 % кл. – 0,074 мм) извлечение Au 6,1 %, выход концентрата 4,82 %. Извлечение Au в объединенный концентрат – 97,4 %, выход концентрата – 11,12 %. Содержание Au: в руде 6,9 г/т, в объединенном концентрате – 60,44 г/т, в хвостах – 0,18 г/т. 2. Перечистка чернового гравиоконцентрата. 2.1. Перечистка на концентрационном столе: извлечение золота от операции составило 94 %. Содержание Au: в исходном продукте 40,6 г/т, в концентрате 340,86 г/т, в хвостах – 4,0 г/т. Выход концентрата 11,2 % от чернового гравиоконцентрата и 1,9 % от исходной руды. Общее извлечение золота по схеме: гравитация-перечистка чернового гравиоконцентрата 86,5 % (теоретическое).	1.2. Двухстадиальное обогащение на концентрационном столе и доизвлечением золота концентраторами Кнельсона из хвостов стола на обеих стадиях. Извлечение Au в концентрат стола в I стадию 82,78 %, доизвлечение из хвостов стола – 10,16 %. Во II стадию концентрационным столом извлекается 1,5 % Au и 1,1 % извлекается на концентраторе Кнельсона. Суммарное извлечение Au составило 95,54 %. Выход объединенного концентрата 11,7 %. Содержание Au: в руде 12,05 г/т, в объединенном концентрате 98,0 г/т. II. Укрупненные испытания. 2.1. Обогащение на 7,5" концентраторе Кнельсона с измельчением руды в I стадию до 60 % кл. – 0,074 мм, во II – 90 % кл. – 0,074 мм. Извлечение золота в концентрат I – 79,88 %, в концентрат II – 14,5 %, в объединенный концентрат 94,38 %.	

ря на различия по содержанию золота, вещественному составу, количеству свободного и связанного с сульфидами золота, его гранулометрическому составу, во всех случаях, достигаются высокие показатели по извлечению золота, как методами гравитации, так и флотацией, цианированием и амальгамацией. По различным схемам обогащения с использованием отсадочных машин и концентрационных столов извлечение золота в гравиоконцентрат в лабораторных условиях составило от 77,2 % до 92 %. Более высокие показатели извлечения золота в гравиоконцентрат получены при обогащении первичных руд. В лабораторных условиях извлечение золота на концентрационных столах составило 84,8-92,0 %. При проведении полупромышленных испытаний первичной руды (Казмеханобр), извлечение золота в гравиоконцентрат составило 86 %, при его выходе от исходной руды 1,76 %. Флотация хвостов гравитации позволяет дополнительно извлечь 8,5-14,4 % золота. В полупромышленных условиях флотация хвостов гравитации позволила дополнительно извлечь 10,6 % золота, а общее извлечение по схеме гравитация-флотация составило 96,5-98,0 %. Полупромышленные испытания схемы гравитация-флотация хвостов гравитации дали извлечение золота в объединенный гравио- и флотоконцентрат – 96,7 % (Казмеханобр, 1993). Опыты по цианированию руды гравиоконцентратов и хвостов гравитации дают высокие показатели по извлечению золота как из окисленной, так и из первичной руды. Прямое цианирование окисленной руды (Богунаевская ЗИФ, 1953 г.) дало извлечение золота в раствор 99 %, первичной руды (Казмеханобр, 1993 г.) – 90,7 %. Переработка руды по схеме гравитация-цианирование хвостов гравитации позволяет извлечь 94-96 % (ИРГИРЕДМЕТ, 1993 г; Казмеханобр, 1993 г.). Так как в процессе полупромышленных испытаний, выполнённых НПО "Казмеханобр", различные схемы перечистки гравиоконцентратов на отечественном оборудовании не дали положительных результатов и выделить "золотую головку" не удалось, а полученные гравио- и флотоконцентраты не соответствуют техническим условиям на поставку их металлургическим заводам по содержанию мышьяка, были проведены опыты по цианированию гравиоконцентратов, флотоконцентратов и объединенного гравио- и флотоконцентрата. Извлечение золота при лабораторных испытаниях достигало 94,0-94,8 % из гравиоконцентратов, 52-80,4 % из флотоконцентратов, 86,9-92,6 % из объединенных гравио- и флотоконцентратов. В полупромышленных условиях (Казмеханобр, 1993 г.) переработка первичной руды по схеме: гравитация-флотация хвостов гравитации – цианирование объединенного гравио- и флотоконцентрата обеспечила извлечение в цианистый раствор 88,9 % золота. Таким образом, лабораторные и полупромышленные испытания руды Васильевского месторождения доказывают возможность высокоэффективной переработки продуктов обогащения как окисленных, так и первичных руд, а также хвостов гравитации гидрометаллургическим способом с использованием цианидов.

На основании проведенных лабораторных и полупромышленных испытаний институтом "ИРГИРЕДМЕТ" разработан технологический регламент для проектирования золотоизвлекательной фабрики, в котором рекомендована гравитационно-гидрометаллургическая технология переработки руд Васильевского месторождения, включающая рудоподготовку с доизмельчением хвостов гравитации до 95 % кл. – 0,074 мм, цианирование гравиоконцентрата в отдельном цикле и сорбционное выщелачивание хвостов гравитации с использованием активированного угля, десорбцию и электролитическое выделение благородных металлов. Расчет схемы рудоподготовки и гравитационного обогащения выполнен на годовую производительность фабрики 200 тыс. т руды со средним содержанием золота 6,3 г/т. Среднее содержание золота в гравиоконцентрате – 349 г/т при его выходе 1,2 %. Извлечение золота в концентрат 66,5 %. Извлечение золота из концентрата в раствор 91,4 %. Извлечение металла из хвостов гравитации на активированный уголь – 71,3 %. Конечным товарным продуктом переработки руды является катодный шлам с суммарным содержанием золота и серебра не менее 70 %, в который извлекается 88,7 % золота от его содержания в руде. Содержания золота в твердой фазе хвостов ЗИФ до 0,66 г/т, серебра до 1,5 г/т. Расход реагентов на 1 т гравиоконцентрата: цианистый натрий – 8,0 кг, гидроксид натрия 2,0 кг, на гидрометаллургическую переработку 1 т хвостов гравитации: известь (100 % CaO) – 1,0 кг, полиакриламид (100 % ПАА) – 0,04 кг, NaCN – 1,5 кг, NaOH – 0,21 кг, активированный уголь 0,2 кг. Принципиальная проектная схема переработки руды Васильевского месторождения приведена на рис. 3.70.

В связи с резким ростом цен в последние годы на химические реагенты и материалы, используемые в гидрометаллургии, падением цены на золото, все более актуальной становится задача снижения расхода цианидов, активированного угля и других дорогостоящих реагентов. Исследования в этом направлении были проведены Красноярской Государственной Академией цветных металлов и золота по договору с ЗАО "Васильевский рудник" в 1997 и 1998 гг. В задачи исследований входило испытание концентратора Кнельсона в цикле гравитационного обогащения с целью повышения извлечения золота в концентрат, изучения возможности выделения "золотой головки", исключения из технологического процесса операции цианирования хвостов гравитации. Материал для исследований был отобран методом вычерпывания вручную по равномерной сетке из валовых проб, складированных в виде отдельных куч на поверхности. Валовые пробы, весом в несколько десятков тонн каждая, были отобраны из рудных тел Центральной рудной зоны Васильевского месторождения в подземных горных выработках на горизонте +450 м (60-80 м от поверхности), и представляют первичную, слабоокисленную руду.

Для лабораторных испытания была отобрана проба весом 90 кг с содержанием золота 6,9 г/т, для укрупненных исследований была отобрана проба весом 2100 кг, со средним содержанием золота 12 г/т.

Количество золота, связанного с сульфидами составляет 67 % в первой пробе и 31 % во второй, что значительно выше, чем в ранее исследованных рудах. Характер распределения золота по классам крупности указывает, что в исследуемых КГАЦМиЗ рудах значительно меньше мелкого и тонкого золота, по сравнению с другими технологическими пробами, а выход золота в классы крупности +0,5 мм и выше составляет от 46 % в первой и до 68,5 % во второй пробе, хотя во втором случае, при выходе руды данных классов крупности более 76 %, содержание золота в этих классах, вероятно, завышено за счет не раскрывшегося мелкого золота и, соответственно, занижено его содержание в классе -0,16-+0 мм.

Лабораторные и укрупненные испытания с различными вариантами использования концентраторов Кнельсона в цикле гравитационного обогащения, как это видно из той же таблицы, дают более высокое извлечение и степень концентрации золота по сравнению с отсадочными машинами и концентрационными столами. По сравнению с концентрационным столом извлечение золота в I стадию, при измельчении руды до 60 % класса – 0,074 мм, выше на 7,6 %, а степень концентрации увеличивается в 1,5 раза. После II стадии (крупность 90 % класса – 0,074 мм) концентратором Кнельсона доизвлекается 6,5 %, а концентрационным столом – 1,5 % золота.

При укрупненных испытаниях эффективной оказалась схема обогащения на концентраторе Кнельсона в одну стадию при грубом измельчении руды (до 60 % кл. – 0,074 мм) с проведением контрольной операции на хвостах обогащения. Извлечение золота в объединенный концентрат составило 96,34 %. Даже при высоком содержании золота в исходной руде (12 г/т), содержание его в хвостах гравитации не превышает 0,5-0,7 г/т, что позволяет исключить из схемы переработки руды операцию цианирования хвостов гравитации.

Так как более 30 % золота связано с сульфидами, выход концентрата довольно большой, около 7 % от исходной руды. В связи с этим, проведены опыты по перечистке чернового концентрата и выделения "золотой головки". Двухстадиальная перечистка на концентраторе Кнельсона чернового концентрата с содержанием золота 255 г/т позволила выделить "золотую головку" с расчетным содержанием золота 28,8 кг/т и получить промпродукт с содержанием золота 83 г/т. Извлечение золота в "золотую головку" около 68 %, при его выходе 0,6 % от чернового концентрата. Анализ тяжелой фракции показывает, что она сложена, в основном, рудными, менее-нерудными минералами и свободным золотом. Очевидно, что основная часть золота, связанного с сульфидами, при измельчении руды до 60 % кл. – 0,074 мм раскрывается, т.к. оно приурочено, в основном, к микротрещинкам в сульфидах и не имеет с ними химической связи. Кроме золота в "золотой головке" установлены содержания: металлов платиновой группы 300 г/т, свинца – 10 %, цинка – 1,0 %, мышьяка – 21,1 %, серебра 300 г/т.

Анализ промпродукта показывает, что он на 74-75 % сложен нерудными минералами (кварц, карбонаты) и обломками сланцев и на 25-26 % сульфидами и гидроокислами железа. Размеры обломков нерудных минералов и породы находятся в пределах 0,1-0,5 мм, рудных -0,1, редко 0,2 мм. Предыдущие опыты по цианированию продуктов обогащения с содержанием сульфидов до 31 % показывают, что цианирование таких продуктов проходит успешно и позволяет извлечь до 92 % золота (Казмеханобр, 1993 г.). На основе проведенных в 1997-1998 гг. технологических испытаний и консультаций со специалистами кафедры обогащения полезных ископаемых КГАЦМиЗ и представителями фирмы "Кнельсон" были предложены новые принципиальные схемы переработки руд Васильевского месторождения на пусковой период работы ЗИФ и на полное развитие фабрики. После проверки этих схем полупромышленными испытаниями, которые в настоящее время проводит ИРГИРЕДМЕТ по договору с ЗАО "Васильевский рудник", будет выполнена соответствующая корректировка проектной технологической схемы.

Следует также провести специальные исследования по разработке методов удаления из продуктов обогащения мышьяка и железа, которые накапливаются по мере повышения степени концентрации золота в концентратах.

Генезис месторождения

Основными вопросами генезиса месторождения, представляющими первоочередной практический интерес, является образование кварцевых жил, зон окварцевания и сульфидной минерализации и связанного с ними золотого оруденения.

На источники золота, достаточные для образования месторождений золотокварцевой формации, существуют различные взгляды. Одни исследователи наиболее вероятными источниками золота считают интрузивные образования (для Васильевского месторождения это Татарский гранитный массив), другие считают, что для образования месторождений при определенных условиях достаточно компонентов, содержащихся во вмещающих породах (Петров В.Г., 1974).

Не в пользу первой точки зрения выступает тот факт, что образование Татарского гранитного массива не сопровождалось интенсивными гидротермальными процессами минералообразования и золото-кварцево-жильные образования района вряд ли имеют прямую генетическую связь с этой интрузией (Середенко Г.А. и др., 1979).

Интерес представляет вторая точка зрения. Многие исследователи (Ф. Гордон Симт, 1968; Петров В.Г., 1974; Щербаков Ю.Г., Попова Л.М., 1983; и др.) считают, что в процессе образования золото-кварцевых жил значительную роль играют золото-кремниевые коллоиды и гели.

В.С. Власовым и М.С. Смирновым (1981) при изучении близко расположенного Удерейского золото-сурьмяного месторождения (находящегося в сходной геологической обстановке), со всей очевидностью, было установлено, что при формировании золотоносной зоны кремнезем не привносился и кварцевые жилы образовались путем его мобилизации из исходной породы.

Хотя, как говорилось выше, формирование Татарского гранитного массива и не сопровождалось значительными гидротермальными процессами минералообразования, но магматическая деятельность способствовала появлению термальных вод, способных проникать по благоприятным путям (зонам разломов) на большие расстояния. По мере передвижения термальные воды меняли свой состав, что способствовало избирательному растворению компонентов, их концентрации и переносу.

Золото во вмещающих породах имеет субмикроскопические размеры и при высвобождении оно представляло собой коллоидные частицы. Одновременно с золотом коллоидные растворы обогащались железом, мышьяком, серой и другими элементами. При приближении коллоидных растворов к тектоническим зонам на них действовали "барьеры", способствующие разрушению структуры растворов, их коагуляции и осаждению привнесенных элементов. В качестве таких "барьеров" следует рассматривать:

- изменение давления (как в большую, так и в меньшую сторону) по отношению к поступающим рудным растворам;
- наличие в ослабленных зонах растворов, содержащих элементы, способствующие коагуляции коллоидов (сероводород, сера) и имеющих отличную от подходящих растворов температуру;
- влияние различных геофизических полей (электрических, магнитных и др.), образующихся при тектонических напряжениях.

Эти факторы в различной степени влияли на движущиеся растворы уже на каком-то расстоянии от хорошо выраженных тектонических зон, что способствовало образованию участков окварцевания, сульфидной минерализации и золотого оруденения во вмещающих породах. К началу рудообразования площадь месторождения была разбита на блоки. Ослабленные зоны между блоками являлись хорошими подводящими каналами. В пределах блоков зоны тектонических подвижек находились в напряженном состоянии, что создавало вокруг них определенные физические поля, оказывающие влияние на коллоиды и способствующие, наряду с другими факторами, их коагуляции. Значительное место в коагуляции коллоидов играли электрохимические процессы. При коагуляции солей кремнезема образовывался субстрат в виде геля, содержащего кроме кремнезема другие рудные и нерудные,

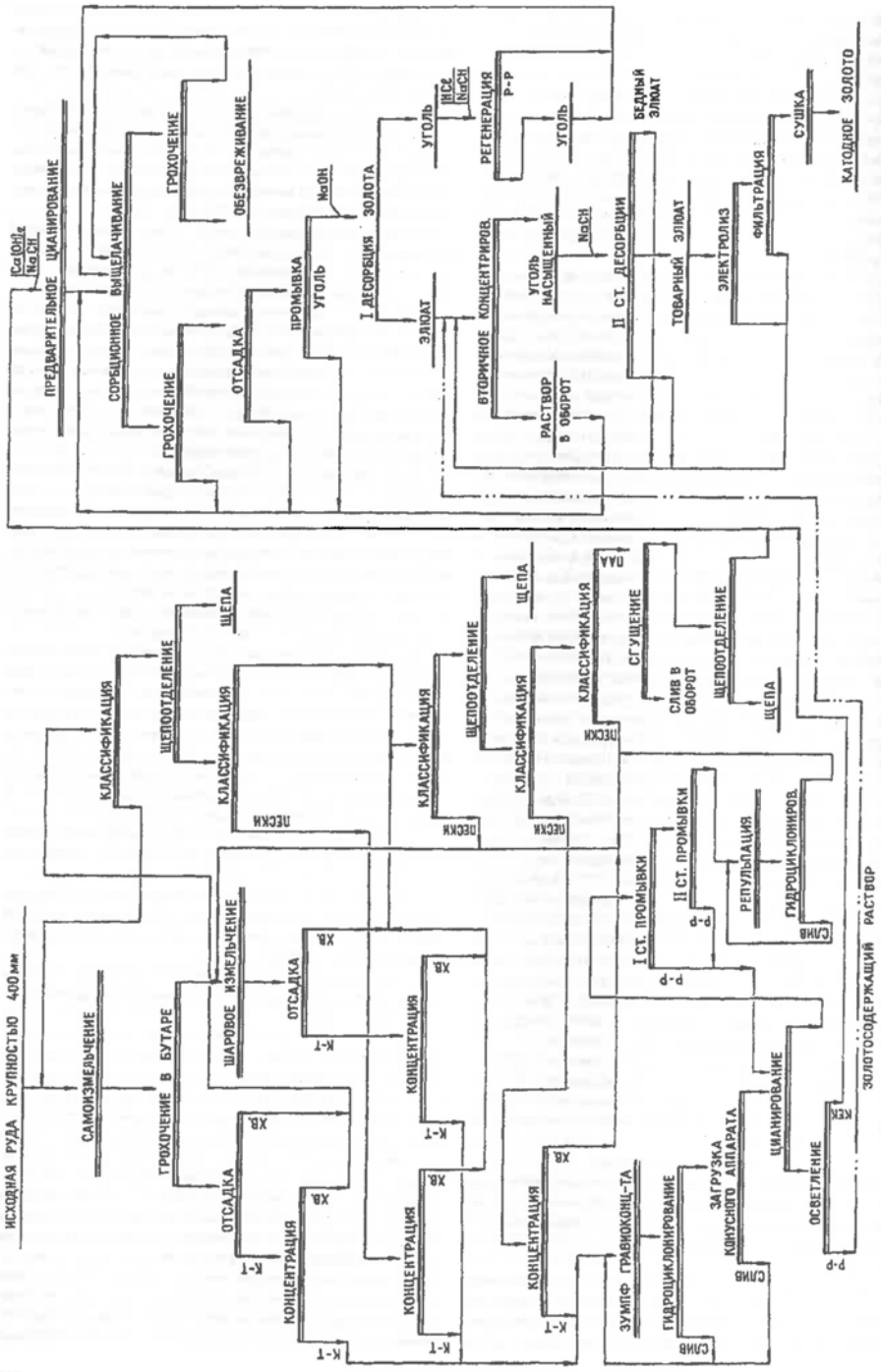


Рис. 3.70. Принципиальная схема переработки руд Васильевского месторождения по технологическому регламенту (ИРГИРЕДМЕТ, 1994)

привнесенные коллоидами компоненты, в том числе и золото. Затвердевание отложившегося геля кремнезема сопровождалось его растрескиванием, что позволяло в уже отвердевший гель привноситься новым порциям вещества и создавало предпосылки образования брекчиевых текстур. Раскристаллизация отвердевшего геля сопровождалась дифференциацией субстрата. При этом кристаллы кварца "старались" очиститься от примесей (сульфидов, золота и др.), которые образовывали свои скопления в виде гнезд или прожилков по появляющимся межзерновым трещинам в кварце. Золото частично захватывалось сульфидами в виде механических примесей, частично оставалось в кварце в рассеянном виде. На участках наибольших его скоплений оно укрупнялось до видимого. Укрупнение золота является закономерным процессом, так как оно является элементом, способным к концентрации. С этих позиций вполне объяснимо крайне неравномерное и гнездовое распределение золота в рудах. Отмечающаяся более богатая сульфидная минерализация, хлоритизация, серитизация и более богатое содержание золота в зальбандах мощных кварцевых жил также является результатом частичного вытеснения этих компонентов при кристаллизации жильного кварца. Богатые золотом руды формировались на участках наиболее напряженных, долго функционирующих тектонических узлов, где процесс привноса и отложения золота продолжался более длительное время.

Температура рудообразования изучалась с помощью метода декрепитации. Методом газовой хроматографии изучалась газовая составляющая растворов, законсервированных в вакуолях кварца. Анализ показал присутствие в вакуолях N_2, CO_2, H_2O и отсутствие CO, CH_4, H_2. По-видимому, в растворах существовала окислительная обстановка. Данные декрепитации и газовой хроматографии подтверждают многостадиальный характер рудообразования. Подавляющее большинство проб сложено кварцем трех или четырех генераций. Частных проб, состоящих из одной генерации, не обнаружено. Это говорит о том, что несмотря на существовавшие между стадиями тектонические подвижки, пути движения растворов не менялись. Газовая хроматография показывает высокие концентрации газов в вакуолях кварца, что говорит о существовании высоких давлений при рудообразовании.

Формирование рудных тел в первую стадию минералообразования происходило, по-видимому, метасоматическим путем при температуре раствора 420-480°С. В начале стадии растворы носили щелочной характер, что привело к образованию альбита. Затем растворы становятся более кислыми и из них формируются кварц и пирит.

Вторая стадия минералообразования началось с тектонических подвижек, приведших к дроблению как жильных образований, так и вмещающих пород. Рудоотложение в эту стадию шло из жидких растворов при температуре 300-360°С и высоких давлениях. Растворы имели слабо кислый характер. В эту стадию происходит формирование крупных кварцевых жил, но содержание золота в рудах, видимо, было невелико, так как золото первой генерации, в основном, концентрируется в сульфидах, содержание которых в руде редко превышает 3-5 %.

Началу третьей стадии снова предшествует тектоническая активизация, которая проявилась в широком развитии брекчиевых текстур и сильной деформации кварца второй генерации. Температура этой стадии минералообразования оценивается в 240-300 °С. Давление продолжает оставаться высоким, близким к давлению второй стадии. Растворы, по-видимому, имели щелочной характер, что выразилось в преобладании карбоната (анкерита) над кварцем. В эту стадию формируется крупное золото. В участках наложения сульфидной минерализации третьей стадии на сульфидные скопления второй стадии формируются рудные столбы.

Четвертая стадия минералообразования начинается на фоне затухания тектонической активности, что проявилось в незначительном дроблении рудных тел и слабой деформации кварца третьей генерации. Происходит резкий спад давлений. Минералообразование шло из жидких растворов при температуре 140-180°С. Растворы имели нейтральный характер. Они не несли в себе золота, но на участках развития золотого оруденения могли вызвать перераспределение уже отложившегося золота.

Интерес представляет механизм образования рудных столбов с богатым оруденением. Выше говорилось, что богатые рудные участки формировались там, где на сульфидную пирит-арсенопиритовую минерализацию накладывалась полисульфидная минерализация третьей стадии минералообразования. Именно в этих участках образуется крупное видимое золото. Одной из причин укрупнения золотин является перераспределение золота, включенного в ранние сульфиды, за счет растворения последних (Петровская Н.В., 1970). Однако, одно только перераспределение золота вряд ли способно было создать концентрации золота, достигающие 100 г/т и более, ибо количество сульфидов не превышает обычно 3-5 %. Представляется правдоподобным другой (дополнительный) механизм локализации золота на ранних сульфидах. Они содержат значительное количество тонкодисперсного и тонкого золота: в пирите II-й генерации до 700 г/т, в арсенопирите до 300 г/т. При дроблении и частичном растворении пирита II и арсенопирита происходит вскрытие и высвобождение содержащегося в них золота. Это высвобождающееся золото и служило зародышем для роста золотин. А так как рост кристаллов и зерен на уже имеющихся зародышах энергетически более выгоден, чем самопроизвольное зарождение, то становится ясным предпочтительное выпадение золота на пирите II и арсенопирите.

Большую роль в формировании рудных столбов играла и физико-химическая обстановка минералообразования. Анализ газовой хроматографии кварца III показывает, что в кварце из рудных столбов концентрация газов в вакуолях много меньше, чем в безрудных кварцах этой же генерации. Иначе говоря, золотоносный кварц образовался при меньших давлениях. В участках повышенных давлений и высоких концентраций CO_2 формировались кварц-анкеритовые и анкеритовые жилы с почти полным отсутствием полисульфидной минерализации и золота. В участках падения давления, вследствие снижения концентрации CO_2, анкерита образовывалось мало, но зато резко увеличивалось количество выделившихся из растворов сульфидов и золота.

Гидрогеологические и горно-технические условия месторождения

Гидрогеологические и горно-технические условия месторождения изучались в процессе детальной разведки и характеризуются авторами отчета (Голубев В.Г. и др., 1960 г.) как простые. Грунтовые воды делювиально-элювиального слоя на водоразделе ручьев Васильевский и Степановский, где сосредоточены все известные рудные тела, имеют временный характер и образуются, в основном, в сезон таяния снежного покрова и в период затяжных дождей. Зеркало трещинных вод находится на гипсометрическом уровне грунтовых вод долины р. Шаулкон.

Поступление воды в подземные выработки наблюдалось в виде капежа и струй по открытым тектоническим трещинам и зонам повышенной трещиноватости пород.

Водоприток в разведочную шахту 1 при полном развитии подземных горных выработок составлял в среднем 8-9 м³ в час при максимальном, период таяния снегов и ливневых дождей, 18-29 м³ в час. В тоже время расчеты ожидаемых водопритоков на горизонтах, расположенных ниже русла р. Шаулкон, отсутствуют. Анализ водопритоков в ранее эксплуатировавшуюся шахту на Раздолинском сурьмяном месторождении и расчеты водопритоков в подземные выработки на соседнем Удерейском месторождении (Стеблева А.Т., 1973 г.) показывают, что глубинный приток в подземные выработки увеличивается незначительно. На Удерейском месторождении ожидаемый по расчету водоприток в шахту ниже русла р. Удерей – 225 м³/ч. Учитывая горно-геологические условия васильевского месторождения, можно предположить, что здесь притоки в эксплуатационную шахту не будут выше.

По химическому составу подземные воды относятся к ультрапресным гидрокарбонатным кальциевым, с минерализацией, не превышающей 0,1 г/л. По водонапорному показателю (pH 5,8-6,8) они относятся к слабокислым. Общая жесткость находится в пределах 0,3-0,8 мг экв. По содержанию токсических элементов вода отвечает ГОСТ 2874-54. По физическим свойствам подземные воды являются прозрачными, без вкуса и запаха с температурой 3-7 С°. В целом, по химическому составу и физическим свойствам подземные воды пригодны для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения. Использование поверхностных вод для хозяйственных и технических нужд исключено, в связи с изменением их химико-физических свойств в результате эксплуатационных работ по добыче россыпного золота в долинах р. Шаулкон и ручьев Васильевский и Степановский. В связи с этим, для обеспечения потребностей будущего предприятия в хозяйственно-бытовом и техническом водоснабжении в долине р. Шаулкон, выше устья руч. Васильевского, построен подземный водозабор из четырех скважин, обеспечивающих расчетное водопотребление строящегося рудника. В дальнейшем для технического водоснабжения могут быть использованы шахтные воды, подвергнутые предварительной очистке.

Горные породы на месторождении представлены до глубины 1,5-2,0 м рыхлыми грунтами II-IV категории для разработки бульдозерами и экскаваторами. До глубины 8-10 м коренные породы подвергнуты физическому выветриванию, относятся к V-VI категории и могут разрабатываться с применением механических рыхлителей или буровзрывным способом. Невыветрелые полускальные породы представлены глинистыми и алеврито-глинистыми сланцами с подчиненным количеством алевролитов и кварцевых песчаников. Коэффициент крепости VI-X по шкале проф. Протодьяконова. Кварцевые жилы имеют коэффициент крепости X-XV. Породы и руды, в целом, устойчивые к самообрушению и не требуют специальных мероприятий для укрепления бортов карьера. В подземных выработках породы и руды, в целом, устойчивые и средней устойчивости и лишь в тектонических ослабленных зонах склонны к образованию вывалов. Плотность руд, в среднем, составляет 2,65 т/м³, влажность, в среднем, 0,37% (Голубев, 1960 г.). Морфология и условия залегания рудных тел на месторождении позволяют применить наиболее производительные системы подземной разработки: подэтажными штреками (54,5%) и с мангазированием руды (45,5%). Рудное тело-1 проектируется отработать до глубины 100 м и открытым способом. Около 85% разведанных запасов кат. $B+C_1+C_2$ будет отрабатываться подземным способом, для чего потребуется шахтное вскрытие на глубину до 500 м (ТЭО строительства и эксплуатации Васильевского рудника, Гиналмаззолото, Москва, 1993 г.).

Геоэкологические исследования на месторождении проводились специализированным подразделением ОАО "Красноярскгеология" в 1993 г., на стадии проектирования горнодобывающего предприятия. Установлено, что естественная природная среда подверглась техногенному воздействию от производства геологоразведочных работ и эксплуатации месторождений золота. В результате горных и буровых работ, врубки лесов на площади месторождения изменился режим питания и стока поверхностных вод, питающих ручьи Васильевский и Степановский и р. Шаулкон. Разработка россыпей золота по этим водотокам привела к изменению их естественных русел и поймы, образованию застойных водоемов в старых старательских разрезах, изменению химического состава русловых вод, повышению содержания взвешенных частиц. Поверхностные воды стали практически непригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Проектные решения по добыче и переработке руд Васильевского месторождения позволяют свести к минимуму возможные техногенные воздействия на окружающую среду и населенные пункты и не приведут, к сколько-нибудь серьезным экологическим последствиям (Сибгипрозолото, 1984 г.). Проект строительства и эксплуатации Васильевского рудника согласован с районным и краевым комитетами охраны окружающей среды.

Геолого-структурная модель Васильевского месторождения

Главной рудоконтролирующей структурой Васильевского месторождения, а в более широком плане – Васильевско-Удерейского рудного поля, является Васильевская синклиналь.

В этой связи, анализ группы структур рудных полей и месторождений, приуроченных к складкам, показывает, что важным составным элементом этой группы являются складки продольного изгиба, в замках которых формируются зоны относительного растяжения (ЗОР), выраженные полостями отслаивания, ареалами повышенной трещиноватости пород, как правило, минерализованными, при этом масштабы ЗОР, зависят от мощности деформируемой толщи пород и угла наклона крыльев и, как правило, больше в сводах синклинальных складок по сравнению с антиклинальными при одинаковых исходных условиях. Отмечается ряд относительной проницаемости геологических сред от ядра складки к сводовой части синклинальных складок по сравнению с антиклинальными при одинаковых исходных условиях. Отмечается ряд относительной проницаемости геологических сред от ядра складки к сводовой части и крыльям, который в обобщенном виде выглядит следующим образом: зона плотных, ненарушенных пород (как правило, безрудных) – зона микропрожилкования и рудной вкрапленности – штокверковая зона – зона согласных и секущих жил – субсогласные массивные залежи руд и рудных брекчий. Этот ряд отражает структурную неоднородность поля напряжения, формирующего ЗОР (Сердюк С.С., 1984). Очевидно, структуро- и минералообразование выступают как единый сложный процесс развития, продукты которого образуют закономерные структурно-минералогические ассоциации как в ЗОР, так и в зонах относительного сжатия. В зависимости от литологических особенностей и мощности сминаемых пород строение ЗОР может быть многоярусным. Рассмотренные закономерности формирования месторождений в складчатых структурах во многом проявляются в локализации оруденения на Васильевском и Удерейском месторождениях. В мульде Васильевской синклинали сформировалась зона относительного растяжения, переходящая на крыльях складки в зоны скалывания, а к ее ядру – в зону относительного сжатия. Промежуточная зона характеризуется интенсивным развитием складчатости более высоких порядков, вплоть до плойчатости, которая постепенно затухает выше и ниже по разрезу. В зоне растяжения, в мульде синклинали, и зонах скола в ее крыльях, локализуются все секущие и субсогласные золотоносные кварцевые жилы, жильные зоны и зоны тонкопрожилкового окварцевания и сульфидной минерализации Васильевского и Удерейского месторождений.

Таким образом, геолого-структурная модель Васильевского месторождения (рис. 3.71, 3.72) представляет собой сочетание секущих жил и жильно-прожилковых зон, структурно организованных, в целом, в виде мульдообразной залежи в килевой части Васильевской синклинали, сложенной породами нижне- и среднеудерейской подсвит среднего рифея общей мощностью до 2,1 км. В верхней части залежи преобладают крутопадающие секущие жильные и жильно-прожилковые зоны, а в днище складки прогнозируется мульдообразная субсогласная "залежь" прожилково-вкрапленного оруденения с максимальной мощностью в килевой части и постепенно выклинивающаяся на крыльях складки. Внутреннее строение залежи осложняется складчатостью более высоких порядков и связанной с ней трещинной тектоникой, в результате чего оруденение локализуется в виде отдельных рудных зон СВ простирания. Последние разделяются безрудными участками, представленными "зажатыми" антиклиналями более высоких (по отношению к Васильевской синклинали) порядков, в ядрах которых образуются локальные зоны сжатия. По падению мощность зон прожилково-вкрапленного оруденения Центральной и Западной рудных зон увеличивается и на глубине они, вероятно, сливаются в "единую" рудную залежь. В продольном сечении залежь имеет корытовидную форму. На юго-западе в районе центриклинального замыкания синклинали рудные тела Васильевского месторождения выходят на поверхность. По мере удаления на северо-восток они погружаются вслед за погружением шарнира складки и становятся "слепыми". В средней части, на протяжении более 1 км, горные и буровые работы не проводились и продолжение рудной залежи здесь прогнозируется по данным геохимических и геофизических работ и на основании изложенного выше механизма формирования зоны относительного растяжения пород. Далее на северо-восток рудная залежь выходит на поверхность и вскрывается скважинами и горными выработками в правом борту и пойме р. Удерей (юго-западный участок Удерейского месторождения и Ново-Удерейское рудопроявление) и в левом борту р. Удерей (Удерейское золото-сурьмяное месторождение). Представлена она в этой части секущими крутопадающими СВ простирания и субсогласными разноориентированными золотосодержащими зонами тонкопрожилкового окварцевания и сульфидной минерализации и секущими золото-кварцевыми и кварц-антимонитовыми жилами, как правило, северо-восточного простирания с относительно крутым падением на СЗ.

Общая ширина описываемой залежи около 2 км (от ж. Васильевская-1 на ЮВ от жилы Фединская на СЗ Васильевского месторождения). Протяженность ее по простиранию более 7 км. Вертикальный размах золотого оруденения прогнозируется нами в 1000-1200 м (установленный 450-500 м), что согласуется с расчетной мощностью зоны относительного растяжения в своде синклинальной складки (50-60%) от мощности сминаемой толщи пород (Сердюк, 1984) и подтверждается горизонтальной и вертикальной зональностью распределения элементов в эндогенном геохимическом поле Васильевского месторождения. Увеличение продуктивности ореолов золота свинца, цинка, меди в северо-восточном направлении и мышьяка с глубиной, указывает на перспективы промышленной золотоносности глубоких горизонтов и северо-восточного фланга месторождения.

Поисковые признаки и критерии локализации оруденения

В процессе геологического изучения Васильевского месторождения установлены геологические, геохимические и геофизические прямые и косвенные признаки локализации золотого оруденения. К геологическим признакам относятся:

1. Ареалы распространения обломков кварца с повышенным содержанием золота в рыхлых отложениях, и кварцевые жилы и прожилковые зоны с сульфидной минерализацией в коренных обнажениях, выработках и скважинах. Васильевское месторождение было открыто в процессе кварцметрической съемки, в результате обнаружения в делювии свалов кварца с промышленным содержанием золота. Известные рудные тела на поверхности сопровождаются ареалами обломков кварцы с содержанием 0,5 г/т и выше (Сазонов А.М., 1980).

2. Зоны повышенной трещиноватости, дробления, катаклаза и милонитизации северо-восточного простирания, сопровождающиеся окварцеванием и сульфидной минерализацией пород. В пределах таких зон локализованы известные рудные тела, часто "слепые".

3. Контакты литологически разнородных пачек пород, характеризующиеся разными физико-механическими свойствами (например, алеврито-песчаниковых пачек с глинистыми и алеврито-глинистыми сланцами и последних с пористыми гидрослюдистыми сланцами). В таких участках часто происходит резкое изменение элементов залегания рудовмещающих структур, сменяются физико-химические условия отложения рудогенных минералов и золота и формируются рудные столбы.

Первые два признака являются прямыми для обнаружения золоторудных тел (Палиенко Г.С., 1999).

Геохимическими признаками промышленного оруденения являются эндогенные геохимические ореолы с аномальным содержанием золота (0,1 г/т и выше) и наложение ореолов золота и мышьяка. Между концентрациями золота и мышьяка в геохимических ореолах наблюдается прямая зависимость (Сазонов А.М., 1980), коэффициент вертикальной зональности концентрации элементов-примесей, рассчитанный для определенного сечения эндогенного ореола, может указывать на возможный уровень вскрытия золотого оруденения. В сочетании с благоприятными геологическими признаками указанные геохимические критерии могут служить прямым показателем наличия промышленного золотого оруденения.

Геофизические признаки являются косвенными. При поверхностных работах электроразведка в сочетании различных методов позволяет выявить по повышенным значениям кажущегося сопротивления отдельные кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны, а по аномальным значениям электронной проводимости и вызванной поляризации – зоны прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. Рудное поле месторождения картируется полем пониженной естественной радиоактивности. В скважинах кварцевые жилы и зоны повышенной вкрапленной минерализации сульфидами, четко фиксируются на каротажных диаграммах резкими пиками повышения удельного сопротивления и снижением гама-активности напротив кварцевых жил, и изрезанными графиками повышенных значений проводимости напротив зон сульфидной минерализации, которые нередко пропускаются при геологи-

ческой документации из-за разрушения и потери керна в процессе бурения.

На Васильевском месторождении выделены следующие главные факторы и критерии локализации месторождения:

- литолого-стратиграфические критерии заключаются в том, что основные объемы запасов и ресурсов золота сосредоточены в породах среднеудерейской и верхних слоях нижнеудерейской подсвит (переслаивание серо-зеленых кварц-гидрослюдистых и хлорит-гидрослюдистых глинистых, алеврито-глинистых и карбонатно-глинистых сланцев);

- тектонические критерии отражают закономерности локализации кварцевых жил и жильно-прожилковых зон в полях разрывных и складчатых деформаций, формирующих в целом "субсогласную" рудоносную залежь в мульде Василевской синклинали, интерпретируемую, как зона относительного растяжения, и секущие рудные зоны, в системах сколовых трещин в крыльях синклинали (Сердюк С.С., 1984). В пределах этих структурно-тектонических образованиях локализована и прогнозируется система жильных, жильно-прожилковых и, возможно, штокверковых кварцевых зон и зон вкрапленно-прожилковой сульфидной минерализации;

- гидротермально-метасоматические и минералого-геохимические факторы состоят в формировании системы золото-кварцевожильных и золото-кварцево-сульфидно-прожилковых и вкрапленных образований, имеющих минералогическую зональность: ассоциация минералов 1 стадии (полисульфидно-анкеритовая), 2 стадии (пирит-арсенопирит-кварцевая), 3 стадии (полисульфидно-анкеритовая), 4 стадии (кальцит-гидрослюдистая). Во вторую стадию минералообразования формировалась основная масса золоторудных тел, в третью – обогащенные золотом рудные столбы.

Обобщенный ряд зональности эндогенного геохимического поля месторождения (в порядке убывания подвижности элементов): сурьма-серебро-цинк-свинец-барий-медь-золото-молибден-хром-ванадий-кобальт-стронций. Отмечается прямая зависимость в распределении концентраций мышьяка и золота в эндогенном геохимическом ореоле. Продуктивность золота, свинца, цинка, меди увеличивается в северо-восточном направлении и на глубину, что подтверждает перспективы глубоких горизонтов на промышленное оруденение.

Направления дальнейшего изучения и прогнозирования прироста ресурсов и запасов рудного золота связываются с рядом участков: Ново-Васильевским, Фединским, Западным, Северным, Восточным и глубокими горизонтами рудного поля.

Прогнозная оценка месторождения

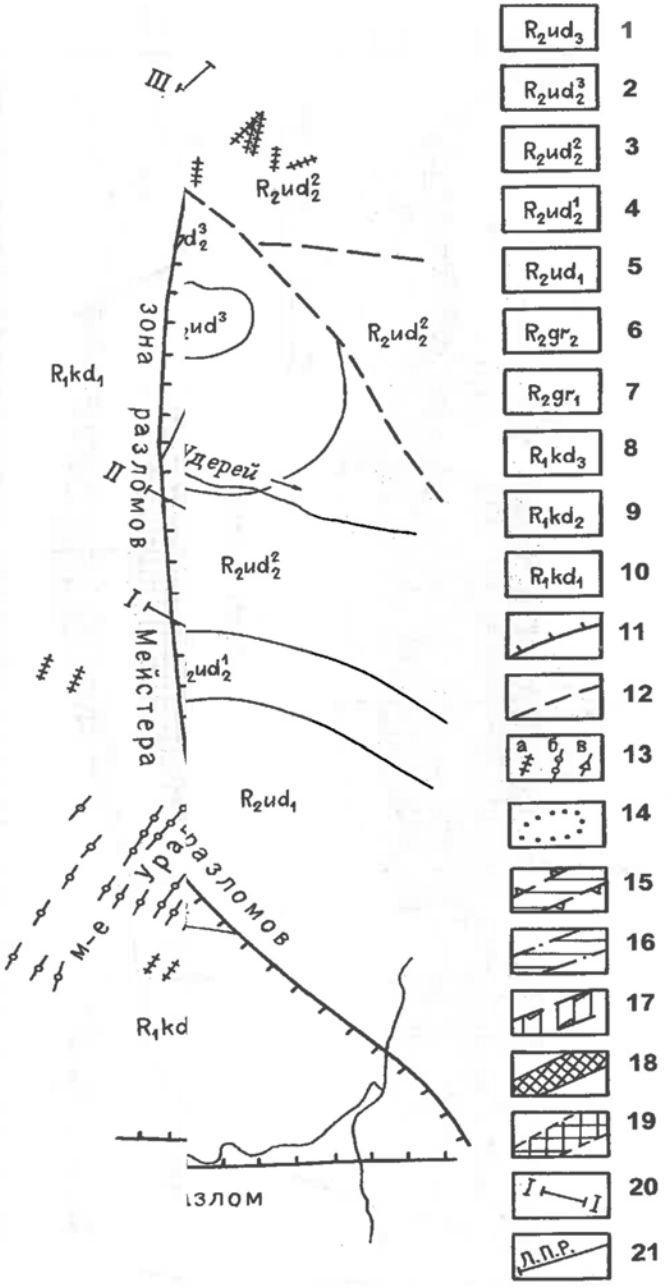
Оценка прогнозных ресурсов золота на Васильевском месторождении осуществлялась неоднократно.

По результатам геологоразведочных работ 1949-60 гг. прогнозные ресурсы месторождения были оценены в 30-40 т на площади в 12 кв. км (Голубев В.Г. и др., 1960 г.). Авторы отчета исходили из того, что из 130 выявленных кварцевых жил, детально разведаны только три, более 20 наиболее крупных жил прослежены только на поверхности и по падению не изучены. Данная оценка носила формальный характер, так как не обусловлена конкретными геологическими, геохимическими и другими критериями и условиями локализации золотого оруденения.

В дальнейшем прогнозная оценка золотоносности Васильевского месторождения заключалась в обосновании и подсчете ресурсов кат. P_1 на флангах и глубоких горизонтах (до глубины 500 м) по известным рудным телам и оценке прогнозных ресурсов кат. P_2 и P_3 на выявленных по геологическим и геохимическим признакам перспективных участках. Ресурсы кат. P_1 подсчитывались по геометризованным в пространстве участкам кварцевых жил и зон прожилково-вкрапленной минерализации, вскрытых единичными горными выработками и скважинами, подтверждающими присутствие промышленных концентраций золота. Ресурсы кат. P_1 подсчитаны по бортовому содержанию золота 4,0 г/т. Общее их количество 1358 тыс.т. руды и 12 т золота.

Следует отметить, что авторы (Палиенко Г.С. и др., 1999) квалифицировали эти ресурсы как запасы кат. C_1 и C_2, но решением НТС "Красноярскприродресурсы" (Протокол № 17 от 09.03.99 г.) запасы были переквалифицированы в ресурсы кат. P_1. В том числе, к ресурсам были отнесены и ранее утвержденные ЦКЗ СССР и оперативно учтенные Госбалансом запасы кат. C_1 по рудным телам II-2, IX-1 и IX-2 в количестве 69 тыс.т руды и 1137 кг золота. Таким образом, после исключения ранее учтенных Госбалансом запасов кат. C_1 общие ресурсы кат. P_1 составляют 1300 тыс.т руды и 11 т золота. Данная оценка представляется заниженной, т.к. не учитывалось большое количество пересечений рудных тел (иногда с видимым золотом) с содержанием золота от 1 до 4 г/т. При редкой сети выработок, избирательном истирании керна и, как следствие, занижении содержаний золота по скважинам, что доказывают сами авторы подсчета, высока вероятность пропуска участков с промышленным оруденением.

Прогнозная оценка золотоносности всего рудного поля Васильевского месторождения была дана сотрудниками Томского политехнического института (Сазонов А.М., 1980 г.) на основе составленной ими прогнозной карты Васильевского месторождения масштаба 1:5000. На площади 6 км² ими выделено 25 перспективных участков, представляющих совмещение в плане 4-х признаков золотого оруденения: 1) контрастного эндогенного геохимического ореола золота; 2) ореола распространения обломков кварца в делювии с устойчиво повышенным содержанием золота; 3) площадей развития катаклазитов, вкрапленности сульфидов и кварц-карбонатных прожилков; 4) площадей выходов рудовмещающих и экранирующих пород. В контуры выделенных участков попадают практически все известные рудные тела Восточной, Центральной и Западной рудных зон. В тоже время, выделен ряд самостоятельных участков на юго-восточном, северо-западном флангах месторождения и между Восточной и Центральной, Центральной и Западной рудными зонами. Для расчета прогнозных ресурсов золота в качестве эталона выбран участок, вмещающий Рудное тело-I. На нем, исходя из запасов рудного тела до глубины 100 м, на части площади участка, ограниченной длиной рудного тела, была рассчитана удельная золотоносность $C_{Au} = 0{,}30909$ г/м³. Этот эталон был распространен на все перспективные площади. На участках, вмещающих известные рудные тела, ресурсы золота рассчитывалось до глубины 500 м, на остальных участках – до 100 м. Рассчитанные таким образом общие ресурсы золота, включая ранее подсчитанные запасы и ресурсы кат. P_1, составили 99 т золота, в том числе ресурсы кат. P_2+P_3 – 60-70 т. К настоящему времени почти все перспективные участки, выделенные сотрудниками ТПИ, вскрыты единичными профилями скважин и траншеями. Подтверждено наличие кварцевых жил, преимущественно слепых, и зон прожилково-вкрапленного оруденения, представленных продуктивными на золото минеральными ассоциациями. Выделены отдельные рудные тела с промышленным содержанием золота в пределах Западной рудной зоны, что, в целом, подтверждает выводы авторов.



ский)

1 – удерейская свита (сланцы; 3 – средняя пачка: карбонатно-глинистые сланцы; 4 – нижняя пачка: глинистые, алев(средний рифей); 6 – средняя подсвита: кварц-серицит-хлоритовые, алеврито-глинистые сл ые сланцы, известняки, доломиты; 9 – средняя подсвита: углистые кварц-серицитовые сл азломы; 13 – а – кварцевые жилы безрудные, б – кварцевые жилы золотоносные; в – квар стяжения на разрезах; 17 – границы зон развития сколовых трещин; 18 – участки с установл евской синклинали

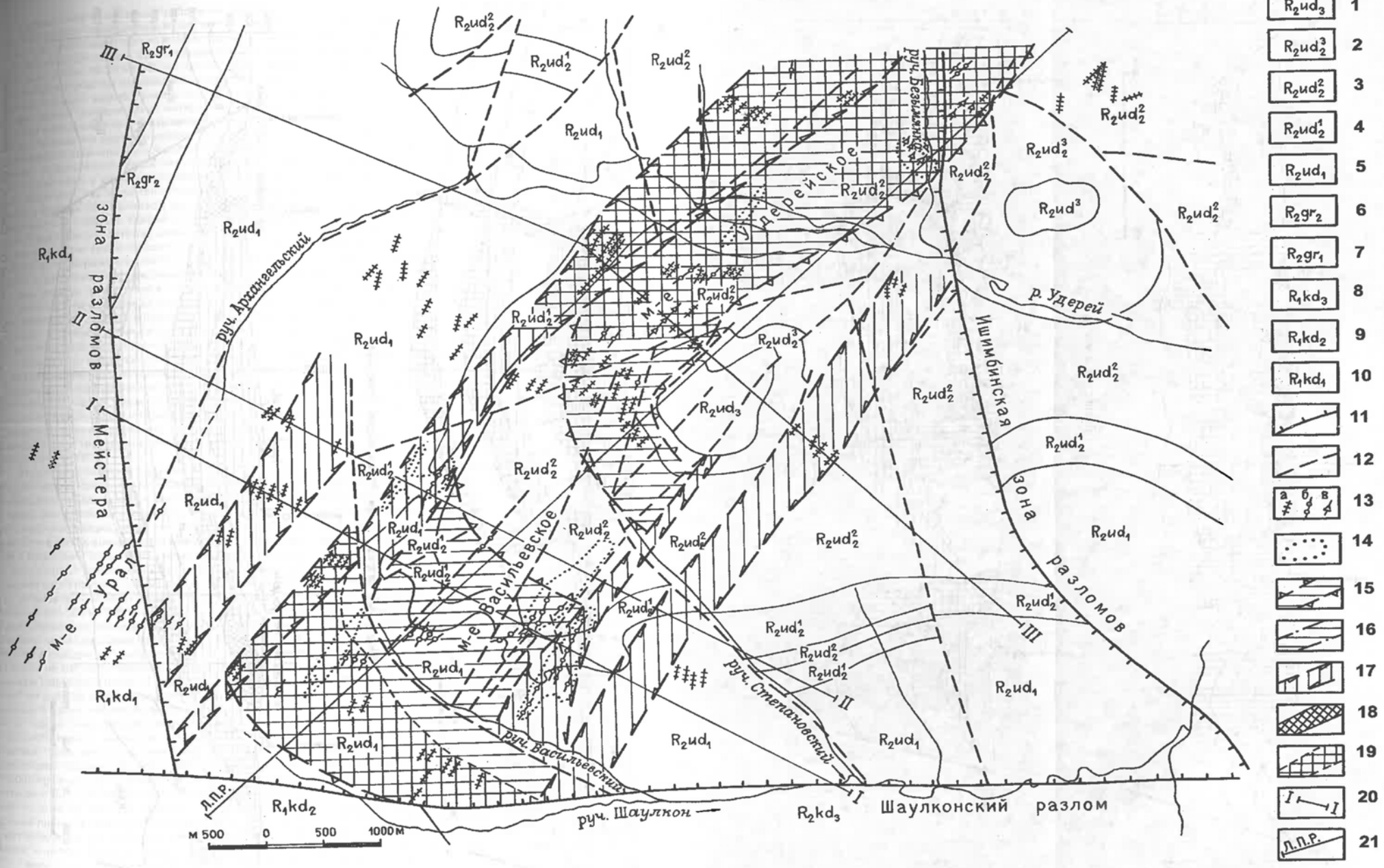
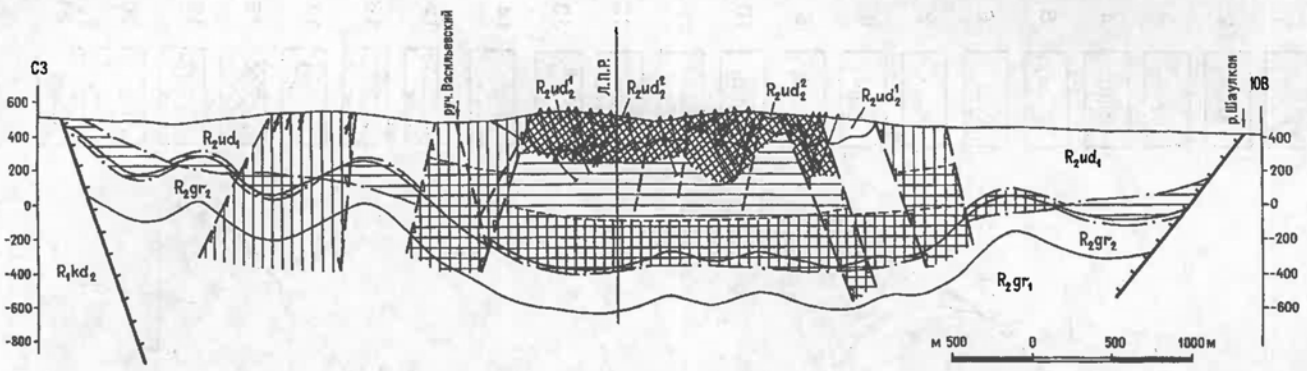


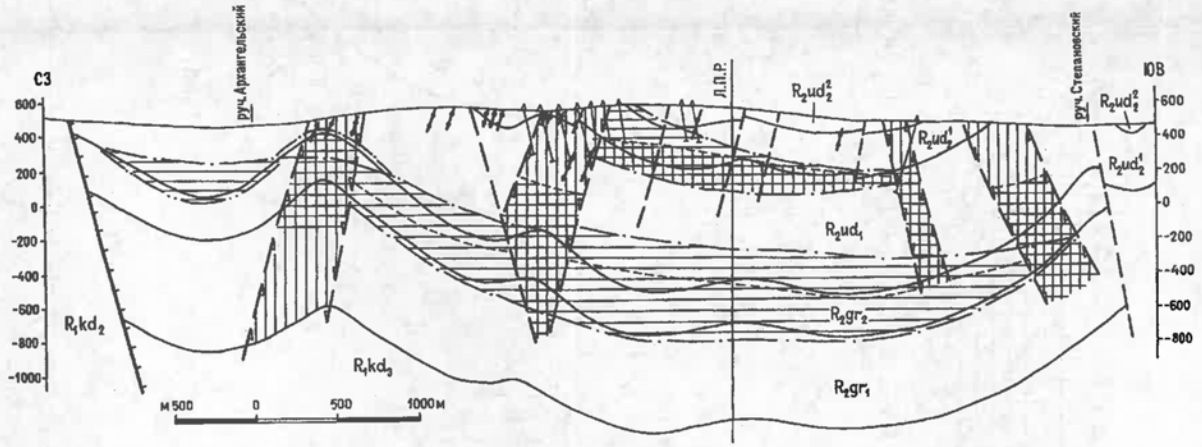
Рис. 3.71. Геолого-структурная модель Васильевского и Удерейского рудных полей. (Составили С.С. Сердюк, Ю.Е. Коморовский)

1 – удерейская свита (средний рифей), верхняя подсвита: сланцы кварц-серицитовые с прослоями алевролитов; 2-4 – удерейская свита, средняя подсвита; 2 – верхняя пачка; алевросланцы, кварц-серицит-хлоритовые сланцы; 3 – средняя пачка: карбонатно-глинистые сланцы; 4 – нижняя пачка: глинистые, алеврито-глинистые; 5 – удерейская свита, нижняя подсвита: кварц-серицитовые, углисто-серицитовые, алеврито-глинистые сланцы с прослоями алевролитов и песчаников; 6-7 – горбилокская свита (средний рифей); 6 – средняя подсвита: кварц-серицит-хлоритовые, алеврито-глинистые, алевролиты; 7 – нижняя подсвита: кварц-серицит-хлоритовые сланцы, алевролиты; 8-10 – кординская свита (нижний рифей); 8 – верхняя подсвита: углисто-серицитовые, кварц-серицитовые сланцы, известняки, доломиты; 9 – средняя подсвита: углистые алеврито-глинистые сланцы, алевролиты; 10 – нижняя подсвита: кварц-серицитовые, углисто-серицитовые сланцы, алевролиты; 11 – глубинные разломы; 12 – региональные разломы; 13 – а – кварцевые жилы безрудные, б – кварцевые жилы кварц-серицитовые сланцы алевросланцы, кварцевые песчаники, туфосланцы; 14 – зоны прожилково-вкрапленной кварц-сульфидной минерализации; 15 – границы зон относительного растяжения на поверхности; 16 – границы зон относительного растяжения на разрезах; 17 – границы зон развития сколовых трещин; золотоносные; в – кварц-антимонитовые жилы; 18 – участки с установленным золотым оруденением на разрезах, 19 – прогнозируемые участки развития золотого оруденения; 20 – линии поперечных разрезов; 21 – линия продольного разреза по осевой плоскости Васильевской синклинали

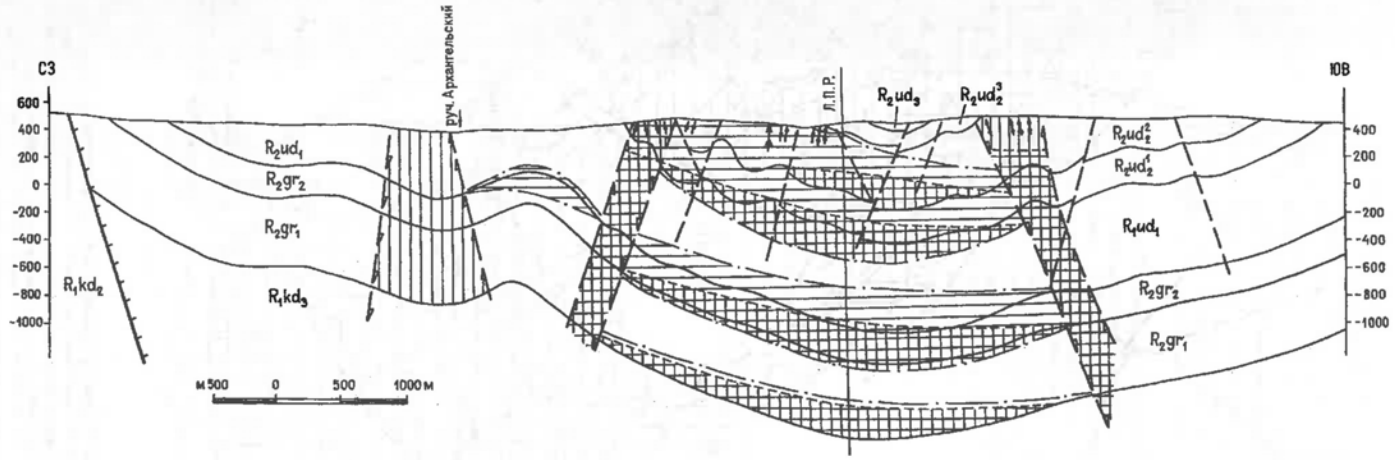
Разрез по линии I-I



Разрез по линии II-II



Разрез по линии III-III



Продольный разрез по оси Васильевской синклинали

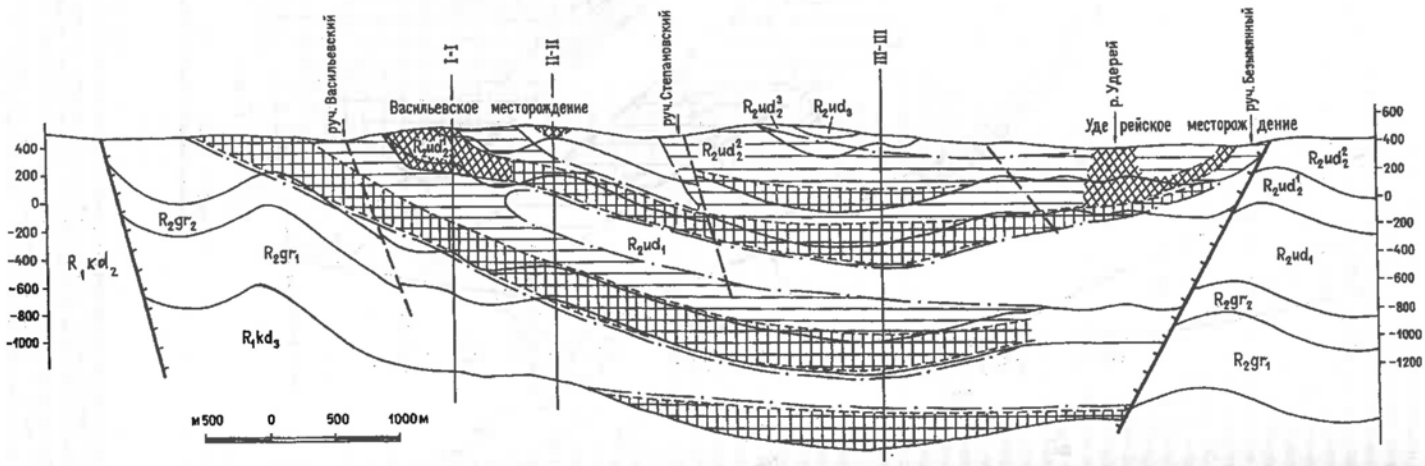


Рис. 3.72. Геолого-структурная модель Васильевского и Удерейского рудных полей. Разрезы (Составили С.С. Сердюк, Ю.Е. Коморовский)

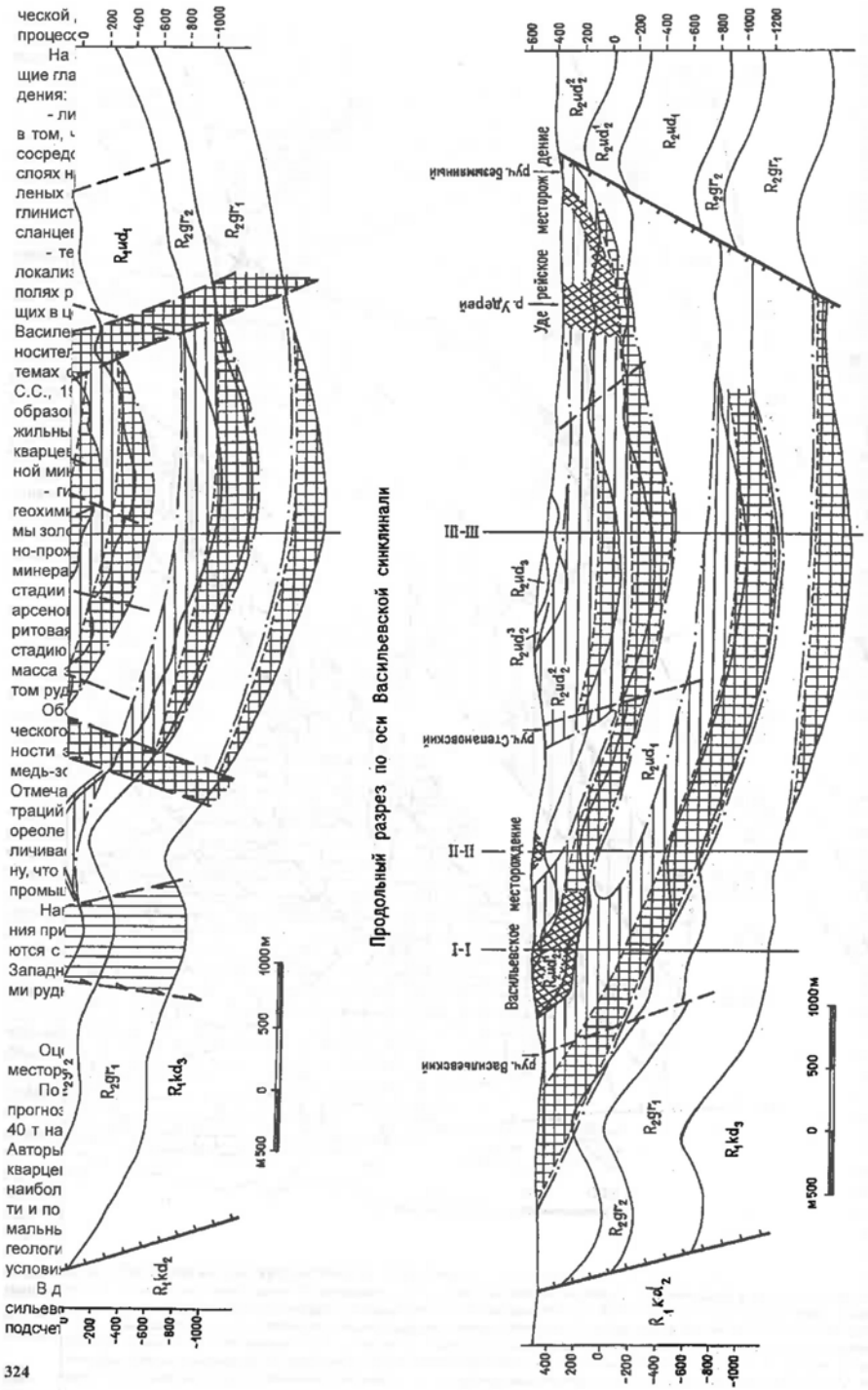


Рис. 3.72. Геолого-структурная модель Васильевского и Удерейского рудных полей. Разрезы (Составили С.С. Сердюк, Ю.Е. Коморовский)

Разведочные и поисковые работы, на основе которых определены приведенные выше прогнозные ресурсы золота, охватывают только юго-западный фланг Васильевского рудного поля. Центральная его часть – разведочные линии 30-34 на СВ, на протяжении 1 км (до юго-западного участка Удерейского месторождения), не изучена горными выработками и скважинами. В то же время, анализ геологических материалов по Васильевскому месторождению, указывающих на северо-восточное погружение рудовмещающих структур, вслед за погружением шарнира Васильевской синклинали, позволяет предположить здесь наличие "слепого" золотого оруденения в виде, как отдельных золотоносных кварцевых жил, так и зон тонкопрожилкового окварцевания в мульде Васильевской синклинали, вскрытых, в частности, в пойме р. Удерей (Ново-Удерейский участок Удерейского золото-сурьмяного месторождения). На это указывает также горизонтальная геохимическая зональность, выраженная на Васильевском месторождении в закономерном увеличении с ЮЗ на СВ роли сурьмы, свинца, цинка, меди в эндогенных геохимических ореолах. Не выяснен до конца вертикальный размах золотого оруденения в пределах Васильевской синклинали, в которой намечается, как минимум, три яруса золотого оруденения (сверху вниз):

Первый ярус субсогласного тонкопрожилкового золото-кварц-сульфидного оруденения с секущими золото-кварцевыми и кварц-антимонитовыми телами вскрыт на Центральном участке Удерейского месторождения, где он приурочен к верхним слоям среднеудерейской подсвиты, сложенным преимущественно карбонатно-глинистыми сланцами. Этот тип оруденения прослеживается в интервале глубин 0-300 м.

Второй ярус золотого оруденения представлен, преимущественно, секущими линейно вытянутыми и крутопадающими зонами прожилково-вкрапленной кварц-сульфидной минерализации, отдельными кварцевыми жилами и кварцево-жильными зонами. Оруденение распространяется в толще алевритово-глинистых и глинистых сланцев с прослоями алевролитов и песчаников и охватывает интервал от верхов нижнеудерейской подсвиты до средней части разреза толщи среднеудерейской подсвиты. Установленный вертикальный размах золотого оруденения 400-500 м. Этот тип оруденения представлен на Васильевском месторождении, где в юго-западном центриклинальном замыкании Васильевской синклинали рудные тела выходят на поверхность, и, по мере удаления от замка на СВ, погружаются на глубину вслед за погружением шарнира складки. В средней части на протяжении 1 км золотое оруденение этого яруса остается неизученным и далее, на северо-востоке, вскрывается в пойме р. Удерей (Ново-Удерейский участок). В соответствии с рассмотренными выше (см. гл. 3) общими закономерностями строения рудной зоны, ниже, в породах нижнеудерейской подсвиты (с 1 по 5 пачки по А.М. Сазонову, 1980ф) прогнозируется третий ярус золотого оруденения, возможно, штокверкового типа. Верхняя часть оруденения этого яруса частично вскрыта скважинами в разведочной линии 14 на юго-западном фланге Васильевского месторождения, где он ближе всего подходит к поверхности, и на Ново-Васильевском участке.

Таким образом, общий вертикальный размах золотого оруденения в пределах всей рудоносной структуры Васильевской синклинали (Васильевско-Удерейской рудной зоны) может быть оценен в 1000-1200 м, и общие перспективы ее промышленной золотоносности могут быть существенно повышены.

Месторождение Герфед

Месторождение Герфед является типичным и наиболее изученным представителем большого числа месторождений и проявлений золото-кварцевой формации Герфедско-Николаевского рудного поля, отличающимся от остальных месторождений данной формации Енисейского кряжа по структурно-вещественным особенностям и условиям образования.

Изученность

Герасимо-Федоровское месторождение, в сокращенном варианте - месторождение Герфед, открыто в 1890 году и названо по имени и отчеству управляющего в то время приисками Лазичева. Месторождение открыто при проходке водозаводной канавы, которая вскрыла кварцевую жилу с видимым золотом. Разведочные работы в год открытия заключались в углублении этой канавы на протяжении 320 метров и проходке шахты глубиной 16,3 метра.

Далее методику и объемы разведочных работ проследить практически невозможно, так как планомерной геологической разведки не было, отчеты по ним не составлялись, а разведочные выработки в подавляющем большинстве вместе с эксплуатационными разрезами преследовали цель, добыть металл, а не разведать жилу. Для извлечения золота из руд Герфедского месторождения в 1897 г. была построена фабрика на две пары бегунов производительностью 30 т руды в сутки, которая с перерывами работала 8-9 лет.

Всего до 1907 года включительно на Герасимо-Федоровском прииске было добыто 1 пуд 3 фунта и 38 золотников золота, в том числе по годам:1893 - 1ф. 10 з; 1896 - 11 з. 72 д.; 1897 - 1 ф. 4 з.; 1998 - 10 ф. 61 з.; 1899 - 29 ф. 60 з.; 1900 - 51 з.;1901 - 14 з. 24 д.,1907 - 18 з.

В литературе месторождение впервые упоминается в 1896 г. И.А. Азачевским, который сообщил о нем краткие сведения и первые результаты его опробования. Дальнейшая более подробная информация о разведке и добыче до 1898 г включительно имеется в отчете Л. Тове и М. Горбачева, лично осмотревших работы в 1897 году. В 1898 и 1899 годах месторождение посетил А. Мейстер, изложивший результаты осмотра в своих отчетах. Он выделил две системы кварцевых жил, но жилу Магистральную считал секущей по отношению к вмещающим породам, более молодой и срезающей поперечные жилы, примыкающие с запада и ориентированные продольно вмещающим породам.

С 1907 по 1917 годы, по данным П.Я. Жилкина и И.А. Молчанова, на месторождении Герфед (и месторождении Урал) проводили разведочные работы и пробную эксплуатацию предприниматели английской концессии. Их материалы не сохранились. В фондах Герфедской экспедиции существовал только план полуинструментальной съемки Герфедского месторождения с надписями на английском языке. План подписан английским инженером Мерсером. Известно, что перед самой революцией на какое-то из этих месторождений они начали завозить оборудование, которое Советской властью во Владивостоке национализировано и задействовано в золотодобывающей промышленности на северо-востоке страны.

В 1914 году месторождение Герфед разведывалось, и параллельно было добыто 1 ф 32 з 47 д золота. За весь дореволюционный период на месторождении было добыто 18,22 кг золота.

В период с 1930 по 1936 годы на месторождениях Герфед и Урал ведутся геологоразведочные работы. По результатам работ этого периода П.Я. Жилкиным был составлен отчет, где этим месторождениям дается промышленная оценка, в принципе невысокая, но рекомендуется про-

должение детальных геологоразведочных работ.

В 1937 году в пределах месторождения проведены первые геофизические исследования партией НИГРИзолото (А.П. Богданов) с целью поиска электроразведочными работами погребенных долин в верховья рек Бол. Мурожной и Удерея. В результате было установлена мощная толща рыхлых отложений (до 100 м) вдоль ряда современных долин рек.

Значительный объем геофизических работ масштаба 1:1000 был выполнен в дальнейшем в связи с поисками бокситов (Е.Ф. Чудов, 1948 г.; Г.Б. Семенов, 1952 г.; В.Н. Зандер, 1951 г.). Е.Ф. Чудовым зафиксировано несколько магнитных аномалий вдоль дороги Партизанск - Богородский - Николаевский со значениями 500-700 гамм на фоне 100-200 гамм.

В 1947 году В.К. Ермаков проводил поисково-разведочные работы на Герфедском месторождении и на участке «Бабушкина Гора».

Систематические поиски и разведка золоторудных месторождений на территории Партизанского рудного узла, в первую очередь его западной части, начались с 1948 года со времени образования Герфедской экспедиции треста «Енисейзолото». Результаты ее работ за период 1948-1952 годы изложены в отчете В.Г. Голубева. Это один из самых результативных и эффективных периодов изучения рассматриваемой территории. В течении 10-летнего периода геологами экспедиции были проведены детальные поисковые работы на большой площади, примыкающей к верховьям золотоносных рек Удерея, Б. Мурожной и Татарки. В результате было выявлено большое количество кварцевых жил, в том числе Васильевская -1 и Николаевская с промышленной золотоносностью - будущие месторождения, а также жила Буровая, на месте которой много позднее разведано и в настоящее время разрабатывается месторождение Самсон. Месторождению Урал была дана отрицательная оценка. На месторождении Герфед выделено 11 линз жилы Магистральной общей длиной 3300 м при прослеженной длине зоны 5,0 км. Установлено, что наиболее богатые золотом участки жилы Магистральной приурочены к местам ее сопряжения с оперяющими кварцевыми жилами. На отдельных отрезках длиной 100-200 м при мощности 4,2-9,0 м установлены содержания золота от 1,6 до 6,1 г/т. Значительный объем пройденных горных выработок и средств был затрачен на разведку «оперяющих» с запада жилу Магистральную коротких по простиранию и падению кварцевых жил с богатым гнездовым оруденением. Но относительно малые объемы таких жил обусловили незначительные запасы металла и, как следствие, неоправданность затрат, на что указывают сами исполнители. К сожалению, в тот период оценка месторождений по формуле «кварц + сланцы» еще не практиковалась.

В период 1950-1958 гг. основным объектом геологических исследований было Васильевское месторождение, а жила Магистральная до 1959 году по степени разведанности оставалась на уровне 1933 года.

В 1957-1958 гг. большой объем поисковых работ был выполнен геологом Герфедской экспедиции С.И. Козловым, но отчет написан не был, в связи с чем итоговая результативность работ весьма низкая.

В 1958 году Герфедская экспедиция треста «Енисейзолото» была преобразована в Партизанскую геологоразведочную партию Ангарской ГРЭ КГУ.

В период с 1959 по 1964 годы основным объектом исследований было Николаевское золоторудное месторождение, где осуществлялись разведка и подсчет запасов. Кроме этого, партия проводила промышленную оценку Герфедского и Верхне-Удерейского месторождений и поисковые работы масштаба 1:10 000 на площади Герфедско-Николаевского рудного поля (Шелехов и др., 1965 г.). Была составлена геологическая карта Герфедского рудного поля масштаба 1:10 000, изучены структура рудного поля и литология пенченгинской и кординской свит, взаимоотношения кварцевых жил с вмещающими породами. В отчете авторы отмечают, что большая часть крупных кварцевых жил в пределах рудного поля имеет ориентировку, согласную с вмещающими породами или близкую к этому, как по простиранию, так и падению, а также то, что подавляющее их количество приурочено к контактам различных пород, как правило, «углисто»-глинистым сланцам и зеленоватым сланцам кварц-серицитового состава. Авторами также установлено, что «... верхняя пачка пенченгинской свиты на всей площади Герфедского рудного поля содержит относительно большое количество золотоносных кварцевых прожилков, беспорядочно распределенных среди толщи пород...» (стр. 359).

К большому сожалению, в дальнейшем эти подмеченные особенности остались без должного внимания и в практике поисковых работ не использовались.

Непосредственно на месторождении Герфед пройдена небольшая штольня 1 и пробурено 6369,8 п.м. скважин с поверхности. «Проведенными работами установлено, что месторождение обладает колоссальными запасами руды , среднее содержание золота в которых не превышает 1,0-1,5 г/т, поэтому в настоящее время промышленной ценности не имеет» (стр. 358). Перспективы рудного поля авторы оценили высоко, в первую очередь за счет доизучения заболоченных участков водоразделов и долин рек.

В 1960-1962 гг. в районе верховьев рек Татарки, Удерея и Бол. Мурожной на территории листов О-46-45-В, -Г и О-46-46-В проводились съемочные работы Николаевской ГСП (Михеев и др., 1963 г.) По результатам работ была составлена геологическая карта масштаба 1:50000, дана подробная характеристика пород, слагающих эту площадь, составлена карта полезных ископаемых.

В 1966 году было открыто Удерейское золото-сурьмяное месторождение. С этого момента до 1973 года все усилия Партизанской партии были направлены сначала на его оценку, а затем разведку. В 1967 г. месторождению была дана положительная оценка (Дорофеев, Бычков, 1967 г.), а в 1973 году закончена детальная разведка Юго-Западного и Центрального участков и предварительная Северо-Восточного. На месторождении, в целом, произведен подсчет запасов сурьмяных руд, отчет с подсчетом запасов утвержден в ГКЗ СССР (Стеблева и др., 1973 г.). Месторождение отнесено в разряд средних по запасам с благоприятными для освоения инженерно-геологическими условиями.

В 1974-1975 годах Партизанская партия изучала золотоносность месторождения Герфед и северо-восточного фланга месторождения Урал (Зонов и др., 1976 г.). На месторождении Герфед проведенными работами установлено, что тела кварцитов, максимальной из которых является "жила Магистральная", приурочены к пачке эффузивов мощностью 50-80 м. По мнению авторов отчета «месторождение приурочено к отложениям низов кординской свиты и локализуется в горизонте мощностью 30-40 м переслаивающихся кварцитов и зеленокаменных эффузивов» (стр. 50). На геологической карте, разрезах и условных обозначениях стратиграфическая индексация отсутствует, отражен только литологический состав, но на обзорной геологической карте, впрочем как и на всех ныне известных геологических картах, месторождение локализовано на контакте отложений пенченгинской и кординской свит. По-видимому, четкого представления по вопросу стратиграфической приуроченности месторождения у авторов не сложилось.

Оперяющие кварцевые жилы приурочены также к горизонту эффузивов и экранируются телами кварцитов. В отчете впервые подстилающие породы названы «измененными эффузивами» а не «сланцами», как было до этого. Жилы установлены до глубины 400 м. В плоскости жилы Магистральной выделено 12 золоторудных столбов, по ним подсчитаны прогнозные ресурсы. Утверждается необходимость применения на месторождении крупнообъемного валового опробования с целью установления поправочного коэффициента. Рекомендуется предварительная разведка наиболее богатых рудных столбов и поисково-разведочные работы по оценке перспектив кварцево-жильных зон и отдельных жил.

В 1975-1976 годах Партизанская партия занималась оценкой золотоносности зон рассланцевания в амфиболитах Западной зоны Герфедско-Николаевского рудного поля (Ковшикова и др., 1977 г.). В полосе, непосредственно примыкающей к месторождению Герфед с запада осуществлялись спектральный анализ шлихов керновых проб, керна ранее пройденных скважин, проходка канав, шурфов, скважин. Горными выработками и скважинами в долине реки Бол. Мурожной в сланцах пенченгинской свиты и амфиболизированных диабазах, выветрелых до глинистого состояния, были выявлены зоны тонкопрожилкового окварцевания, несущие слабую золотую минерализацию от «сл» до 21,2 г/т. По мнению авторов они служат источниками образования россыпей. Впоследствии это оруденение будет названо Озерным участком Самсоновского месторождения (Власов и др., 1986 г.). На правобережье реки Талая вскрыта зона тонкопрожилкового окварцевания в выветрелых до глины дайках гранодиоритового состава (по мнению авторов), представленная различноориентированными кварц-сульфидными прожилками мощностью до 5 см, реже 50 см, содержащих золото до 8,4 г/т (впоследствии это Нижне-Таловский участок). Сделано предположение о накоплении золота на более глубоких горизонтах.

В 1975-1979 годах на территории северной части Южно-Енисейского района было выполнено геологическое доизучение площади в масштабе 1:50 000 (Середенко и др., 1979 г.). По результатам работ составлена геологическая карта, обобщены данные по 279 месторождениям, рудопроявлениям и точкам минерализаций. Выделены участки для проведения поисковых, оценочных и разведочных работ на рудное и россыпное золото, сурьму, олово, вольфрам, дается прогнозная оценка ресурсов этих металлов. На территории Герфедско-Николаевского рудного поля полевые работы практически не проводились.

Непосредственно на площади месторождения Герфед Геохимическая партия осуществляла проверку геохимических и геофизических аномалий (Лисина и др., 1983 г.). Существенным достижением этих работ явилось то, что авторы впервые убедительно доказали широкое развитие вулканогенных и эффузивных пород в отложениях пенченгинского уровня изучаемой территории. По их данным на отдельных участках они слагают до 70 % вскрываемого разреза. Горными выработками и скважинами на месте жилы Буровой (Шелехов и др., 1965 г.) в коре выветривания метасоматически измененных эффузивов на их контакте с перекрывающими сланцами вскрыто золотое оруденение, названное авторами Самсоновским месторождением. Дальнейшее его изучение показало, что месторождение состоит из разобщенных по площади участков: Озерного, Центрального и Верхне-Таловского. На месторождении выполнен подсчет прогнозных ресурсов. Также установлено, что рудовмещающая структура Верхне-Таловского участка непрерывно прослеживается в юго-восточном направлении на протяжении 2000 м до Нижне-Таловского и, по-видимому, далее (Власов и др., 1986 г.). В настоящее время руды Центрального участка отрабатываются ЗАО ГПК «Самсон», а часть руд Верхне-Таловского уже отработана ООО «Артель старателей Ангара».

В 1977 году в составе объединения «Енисейзолото» министерства цветной металлургии была организована экспедиция «Сибзолоторазведка». С 1984 по 1990 годы экспедиция осуществляла геологоразведочные работы на Васильевском золоторудном месторождении с бурением скважин и проходкой подземных выработок. Обработка материалов и составление окончательных отчетов по разведке Васильевского месторождения продолжались до 1998 года (Палиенко и др., 1998 г.).

С 1984 по 1989 годы Северо-Ангарской партией экспедиции «Сибзолоторазведка» подземными горными выработками, скважинами с поверхности и из подземных горных выработок проведена оценка золотоносности центральной части (протяженностью 2100 м) жилы Магистральной и оперяющих кварцевых жил, установлена непрерывность этой части жилы, подсчитаны балансовые запасы категорий C_1 и C_2 и определены прогнозные ресурсы категории P_1 и P_2 до глубины 500 м. По оперяющим жилам Старой, Ивановской и Пирротиновой подсчитаны балансовые запасы категорий C_1 и C_2, а по остальным оперяющим жилам определены прогнозные ресурсы. По результатам работ рекомендована предварительная разведка жилы Магистральной до глубины 200 м с целью вовлечения ее вместе с оперяющими жилами в отработку открытым способом (Палиенко и др., 1990 г.).

Физические объемы работ, выполненные на месторождении Герфед, приведены в таблице 3.76.

Геологическое позиция месторождения Герфед, в своем роде, является уникальной. По общепринятым представлениям Магистральная жила приурочена к контакту пенченгинской и кординской свит, которые геологи традиционно относят: первую - к отложениям тейской серии нижнепротерозойского возраста, а вторую - к сухопитской серии среднерифейского возраста. Эти вещественные образования слагают различные структурные этажи, сформированные карельским и байкальским тектоническими циклами. Они различаются по составу, степени метаморфизма, имеют различную металлогеническую специализацию (Сердюк, Коморовский, 2002).

Геологическое строение

Стратиграфия

Жила Магистральная залегает на контакте подстилающих отложений пенченгинской свиты нижнего протерозоя и перекрывающих пород кординской свиты среднего рифея (рис. 3.73).

Пенченгинская свита. Подстилающие породы традиционно всеми геологами относятся к отложениям пенченгинской свиты - наиболее древним породам района. Представлена она своей верхней пачкой - 2, которая слагает всю центральную и западную часть рудного поля. В основании этой пачки залегают линзы известняков и кварцитов.

В верхней части разреза на непосредственном контакте с лежачим боком жилы Магистральной пенченгинская свита представлена темно-серыми с зеленоватым оттенком кварц-хлорит-серицитовыми и кварц-серицитовыми сланцами, иногда слойчатыми, с линзовидными обособлениями кварца, темно-серыми, почти черными углеродистыми сланцами и серыми, зеленовато-серыми сильно измененными мелкозернистыми эффузивами. Последние слагают большую часть разреза и залегают непосредственно на контакте с жилой.

Кварц-хлорит-серицитовые и кварц-серицитовые сланцы состоят из тонкочешуйчатого агрегата слюды и хлорита (40-70%), а также микрозернистых агрегатов кварца (30-60%), находящихся в различных количественных соотношениях друг с другом. Вследствие этого структура пород меняется от микрогранолепидобластовой до микролепидогранобластовой. Чередование слойков, обогащенных этими минералами, обусловливает микрополосчатость пород.

Углеродистые сланцы по составу представляют собой кварц-серицитовый агрегат микролепидогранобластовой структуры, густо пропитанной графитистым веществом. В них часто наблюдается линзовидное и послойное прокварцевание. Мощность кварцевых прослоев до 2-3 мм.

Достоверная мощность подстилающих эффузивов не установлена. Бурение практически всех скважин на месторождении Герфед было прекращено в эффузивах. Их максимальная мощность, вскрытая скважиной, составляет 111,9 м по скважине 194 на р.л. -0,5 и 100,6 м по скважине 216 на р.л. -20,5. Минимальная мощность установлена на р.л. - 4,5 в скважине 9 и составляет 39,8 м (инт. 63,9-103,7). Глубже, до 170,3 м вскрыты пиритизированные алевритово-глинистые сланцы. Незначительное расстояние между скважинами 194 и 9, вскрывших максимальную и минимальную мощности эффузивов (всего 500 м), свидетельствует о значительной изменчивости их мощности по простиранию.

Следует отметить, что у пород, непосредственно залегающих на контакте с жилой Магистральной, нет одного устоявшегося названия. В отчете В.А. Зонова (1976 г.) они названы зеленокаменными эффузивами, в отчетах В.С. Власова (1986 г.) и Л.В. Ли с соавторами (1993 г.) - метаэффузивами и в отчете Г.С. Палиенко с соавторами (1990 г.) даже зелеными сланцами. Кроме того, А.М. Сазоновым (Палиенко и др., 1990 г.) описаны сульфидизированные пропилиты, ранее никем не выделяемые. Анализ привязок, по которым делались описания, свидетельствует о том, что в большинстве случаев речь идет об одной и той же породе. Объясняется это многими причинами, две из которых, по нашему мнению, являются решающими. Во-первых, значительная часть пород эффузивного и даже интрузивного происхождения под воздействием метаморфических процессов имеют типичный сланцевый облик как по внешнему виду, так и под микроскопом. Во-вторых, в рудном поле месторождения весьма интенсивно проявлены окварцевание, карбонатизация, альбитизация, сульфидизация, хлоритизация, которые в значительной степени изменили состав, структуру и внешний облик породы. Реконструкция первоначального состава исходной породы порой весьма затруднительна.

Эффузивы имеют светло-зеленую окраску, сланцеватую текстуру и микрозернистую структуру. Минеральный состав: хлорит - 35-40%, альбит - 20-25%, кварц - 15-20%, карбонаты - 5-15%, ильменит, магнетит, сфен - до 5%. Микроструктура бластопорфировая, основной ткани - лепидогранобластовая.

Основная ткань мелкозернистая, размер зерен 0,01-0,05 мм, сложена беспорядочно ориентированными лейстами альбита и располагающихся между ними карбоната, хлорита и рудного минерала. Реликтовые зерна альбитизированного плагиоклаза выделяются более крупными размерами (0,2-4,0 мм). Его состав изменяется от №3 до №10. По характеру распределения включений в альбите и едва приметному погасанию можно предположить первично-зональное строение исходного плагиоклаза. Края зерен альбита извилистые, коррозионные. Хлорит образует тонкочешуйчатые агрегаты, ориентированные по сланцеватости породы, тем самым контролируя своим повышенным содержанием плоскости сланцеватости. Между чешуйкам хлорита отмечается тонкая (0,01 мм) сыпь изометричных зерен сфена, изометричных и комковатых агрегатов ильменита. Возможно, их образование связано с разложением первичных темноцветных минералов эффузивов при росте хлорита. Альбит и кварц образуют гранобластические светлоокрашенные агрегаты, состоящие из зерен размером от 0,03 до 0,06 мм, имеющих изометричную удлиненную форму с полигональными и зазубренными границами. Карбонат, содержание которого достигает 35-45% иногда 65%, образует равномерно вкрапленные порфиробласты ромбоэдрической формы размером до 0,5 мм. По мере приближения к кварцитам содержание карбонатов увеличивается. Мусковит образует таблички размером 0,05-0,1 мм. Рудные минералы представлены ильменитом, магнетитом, пирротином, реже халькопиритом.

А.М. Сазонов (Палиенко и др., 1990 г.) в составе подстилающих пород выделил сульфидизированные пропилиты. По его данным – это зеленоватые, светло-серые породы массивной или грубораслацованной текстуры. Микроструктура породы порфиробластовая, основной ткани - гранобластовая, лепидобластовая, участками - реликтовая диабазовая. Порфировые выделения почти всегда образуют карбонат, либо альбит №2-12, намного реже пирит или арсенопирит. Основная ткань слагается беспорядочно ориентированными лейстами альбита №7 (от 30 до 80%), межзерновые пространства которого заполняют карбонат (до 40%), хлорит (от ед. зерен до 35-40%) и рудный минерал (1-5%). Иногда наблюдается серицит (до 8-10%). Зернистые агрегаты сульфидов обычно окаймляются «рубашкой» карбоната. В местах развития арсенопирита зерна альбита и карбоната увеличены до 1,0-1,5 мм. При соприкосновении с альбитом пирит ксеноморфен и подчиняется форме альбита. Порядок кристаллизации: кварц-альбит-арсенопирит-пирит-пирротин-халькопирит-сфалерит-галенит-кварц-хлорит-кальцит-серицит-мусковит. Сульфиды и карбонат развиты в межзерновых трещинках кварца.

Эффузивные породы, как правило, подверглись существенному изменению в результате проявления хлоритизации, карбонатизации, альбитизации и превращены в кварц-карбонат-альбит-хлоритовые, кварц-хлорит-мусковит-плагиоклаз-карбонатные, кварц-хлорит-биотитовые сланцы, в которых нередко наблюдается реликтовая бластопорфировая структура. Под микроскопом основная масса породы сложена мелкочешуйчатым хлоритом, густо усеянным мелкими округлыми зернами магнетита. Минеральный состав: кварц - 25-30%, альбит - 10-15%, хлорит - 15-30%, карбонат

Таблица 3.76

Объемы основных видов работ, выполненных на месторождении Герфед

Виды работ	Поисковые (Шелехов и др., 1965 г.)	Оценочные (Зонов и др.,.1976 г.)	Поисково-оценочные (Палиенко и др., 1990 г.)
Бурение с поверхности, п.м.	6369,8	4281,6	6866,0
Бурение подземное, п.м.	-	-	1376,3
Подземные горные выработки, п.м	-	-	2072,5
Отбор бороздовых проб, п.м.	-	-	3108
Отбор керновых проб, п.м.	-	2166,5	1392
Ассигнования, тыс.руб.	764,4	353,2	1937,0

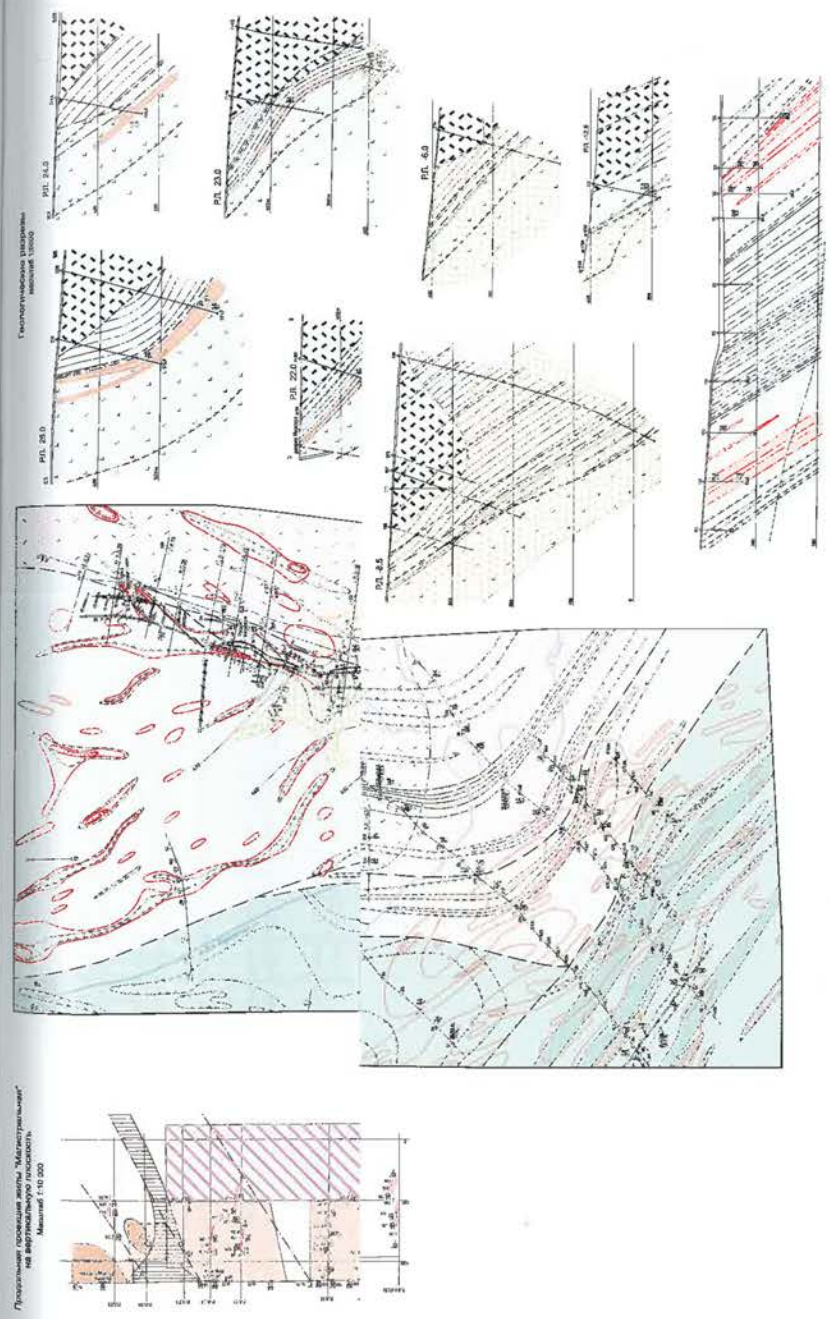


Рис. 3.73. Геологоразведочный план месторождения Герфед.
Составили С.С. Сердюк, А.И. Зверев, Ю.Е. Коморовский по материалам "Сибзолоторазведки", Ангарской ГРЭ, КНИИГиМС

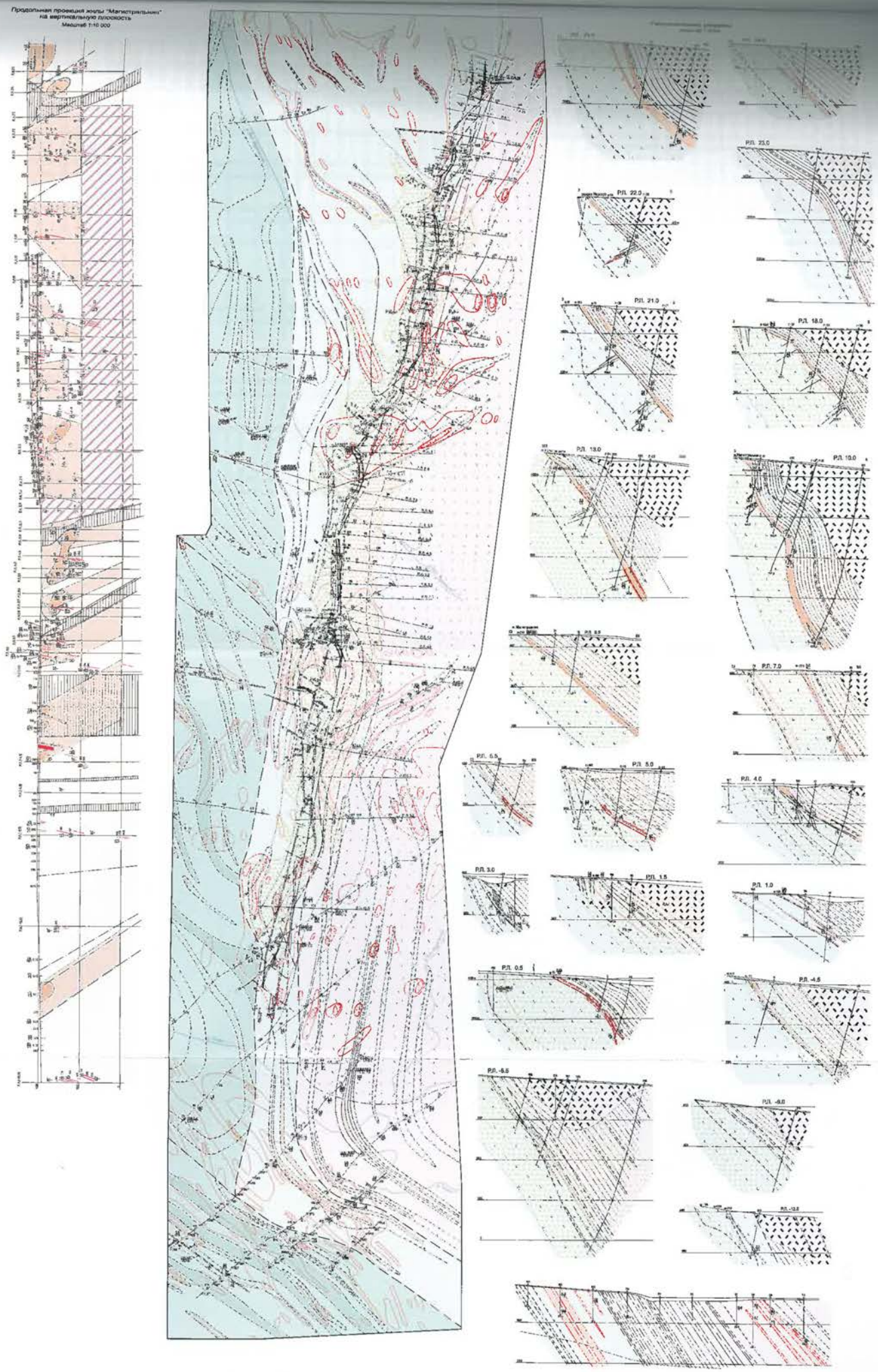


Рис. 3.73. Геологоразведочный план месторождения Герфед.
Составили С.С. Сердюк, А.И. Зверев, Ю.Е. Коморовский по материалам "Сибзолоторазведки", Ангарской ГРЭ, КНИИГиМС

Условные обозначения к продольной проекции жилы "Магистральная"

Участки ж. Магистральной с не установленной золоторудной минерализацией или, содержащие золото менее 1 г/т: а) -линия сопряжения оперяющей кварцевой жилы с ж. Магистральной и её номер

Участки рудолокализующей трещины без кварцево-жильного заполнения (участки выклинивания тела кварцитов ж. Магистральной)

Секущие ж. Магистральную тектонические трещины

Линия пересечения скважиной ж. Магистральной или оперяющей жилы, спроецированная на вертикальную плоскость, и номер скважины: в числителе - видимая мощность рудного пересечения, в знаменателе - среднее содержание золота по пересечению

Проекция пересечения канавой ж. Магистральной и номер канавы: числитель - горизонтальная мощность рудного пересечения, в знаменателе - среднее содержание золота по пересечению

Проекция пересечения ж. Магистральной ортом: числитель - горизонтальная мощность рудного пересечения, знаменатель - среднее содержание золота по пересечению

Выделенные по ж. Магистральной блоки (линзы) с оценочными прогнозными ресурсами категории P_1

Контур прогнозных ресурсов категории P_2

Обогащенные золотом (более 5 г/т) линзы и гнезда в ж. Магистральной

Условные обозначения к геологоразведочному плану и разрезам

Нижний рифей. Кординская свита. Нижнекординская подсвита: сланцы алеврито-глинистые филлитизированные, углеродистые.

Образования линейной коры выветривания по породам нижнекординской подсвиты

Верхний протерозой. Пенченгинская свита. Верхнепенченгинская подсвита: сланцы кварцево-карбонатно-хлоритовые, метаэффузивы основного состава рассланцованные

Метавулканиты основного-среднего состава, сланцы алеврито-филлитизированные, кварцито-песчаники, амфиболиты

Сланцы углисто-глинистые филлитизированные

Разрывные нарушения

Минерализованные зоны, выделяемые по данным разведки россыпей золота, литогеохимического опробования и поисковых работ на рудное золото

Жила "Магистральная" и оперяющие её жилы

Золоторудные тела, выделенные по бортовому содержанию золота 1,0 г/т: 1. установленные; 2. предполагаемые

Вторичные литогеохимические ореолы золота с содержанием золота: 1. 0,003-0,08 г/т; 2. 0,1-6,0 г/т

Участки сульфидной (пирит-пирротиновой) минерализации, выделяемые по данным наземной магнитометрии (Васильев, 1960 г.)

Разведочные линии скважин

Устье разведочной скважины и ее номер

Устье поисковой скважины и ее номер

1. Разведочные канавы и их номера; 2. Разведочные шурфы и шахты и их номера; 3. Горизонтальные подземные выработки, штольни и их номера

Скважины и канавы и их номера на разрезах: числитель - мощность рудного интервала, знаменатель - среднее содержание золота по интервалу

Результаты опробования скважин и горных выработок: в числителе - видимая мощность рудного интервала, в знаменателе - среднее содержание золота по интервалу

Линия проекции на вертикальную плоскость

- 15-45%, рудные - 5-10%. Карбонат и хлорит равномерно рассеяны по всей массе породы или образуют гнезда размером от 0,1х0,2 до 3х3 мм, нередко концентрирующиеся в полосы. Хлорит представлен пеннином, окрашенным в зеленые тона различной интенсивности. Кварц неравномерно распределен среди хлоритовой массы в виде мелких изометричных зерен, а также слагает вместе с карбонатом и хлоритом разнозернистый агрегат. Более крупные его зерна группируются в обособления различной формы, чаще вытянутые вдоль сланцеватости. Изменения столь многочисленны и проявлены настоль интенсивно, что позволяет нам эти породы назвать метаэффузивами.

Кординская свита. В висячем боку жилы Магистральной развиты черные, темно-серые филлитовидные сланцы нижней подсвиты кординской свиты среднего рифея. Благодаря своей темно-серой окраске и микрозернистой структуре эта сланцевая толща отличается от кварцитов пенченгинской свиты и вышележащих вулканогенно-терригенных отложений средней подсвиты. На западе породы подсвиты на большом расстоянии контактируют с метадиабазами индыглинского комплекса и метаэффузивами пенченгинской свиты. Вдоль нижней границы подсвиты интенсивно проявились метасоматические процессы, сланцы содержат прожилково-вкрапленную сульфидную минерализацию, гнезда, линзы и прожилки кварц-карбонатного состава.

Нижняя часть толщи, которая непосредственно перекрывает кварциты жилы Магистральной, наиболее полно изучена по керну поисково-оценочных скважин. Послойная характеристика отложений (снизу вверх) представляется в следующем виде (Палиенко и др., 1990 г.):

- сланцы глинисто-алевритовые темно-серые тонко- и широкослоистые - более 10 м;
- карбонатизированные и хлоритизированные сланцы с прослоями кварцитов - 6,0 м;
- сланцы глинисто-алевритовые серые неравномерно тонко- и грубослоистые - 25,0 м;
- сланцы алеврито-глинистые углистые темно-серые тонкослоистые - 25,0 м;
- сланцы глинистые филлитизированные темно-серые тонкослоистые - 4,0 м;
- сланцы глинистые углистые черные филлитизированные слойчатые - 16,0 м;
- сланцы алеврито-глинистые углистые темно-серые до черных неясно-тонкослоистые - 3,0 м;
- сланцы глинисто-алевритовые серые неяснослоистые - 33,0 м;
- сланцы алеврито-глинистые углистые темно-серые неяснослоистые - 12,0 м;
- сланцы глинисто-алевритовые углистые серые неяснослоистые - 33,0 м.

В отчете В.А. Зонова (1976 г.) приводится несколько другой разрез (снизу вверх):

- сланцы кварц-серицитовые, кварц-хлорит-серицитовые, часто карбонатсодержащие серые неяснослоистые; мощность до 30 м, иногда выпадающие из разреза;
- чередование сланцев филлитовых черных с алеврито-кварцитами белого цвета мощностью 1-5 см. Общая мощность пачки изменяется от 25 до 120 м;
- сланцы углистые черные неслоистые с вкрапленностью сингенетичного пирита и многочисленными карбонатно-пиритовыми прожилками. Мощность пачки изменяется от полного исчезновения до200 м;
- сланцы алеврито-филлитовые серые неяснослоистые. Мощность превышает 240 м.

Отложения кординской свиты на расстоянии 40-50 м от жилы содержат повышенное содержание сульфидов в виде вкрапленности, гнезд и прожилков. Преобладающая их часть (80-90%) представлена пирротином, в меньшей мере, пиритом (10-20%). В керне наблюдались гнезда пирротина размером до 10 см, а единичная вкрапленность кристаллов пирита размером до 5,0 см отмечается повсеместно. Развитые здесь же кварцевые прожилки ориентированы под углом к слоистости породы. Кварц в прожилках белый, светло-серый плотный. Мощность не более 2-3 см, обычно несколько мм. Сульфиды в прожилках те же, что и во вмещающих породах.

По простиранию жилы Магистральной сульфидная минерализация распространена неравномерно. Максимальной степенью развития она пользуется в центральной части месторождения, несколько меньше ее в северной и еще меньше - в южной части месторождения. На северном фланге в небольших количествах наблюдаются сфалерит и галенит, а на южном - вкрапленные пирит, арсенопирит и галенит. При этом на нижних горизонтах месторождения происходит концентрация арсенопирита, пирротина и пирита, а в верхних частях разреза появляется халькопирит, сфалерит, галенит.

Детальное петрографическое изучение пород месторождения Герфед позволило выявить ряд особенностей (Ковшикова, 1977 г.).

Разнообразие горных пород в пределах рудного поля месторождения увеличивается с севера на юг. Если в северной части месторождения (р.п. 27 - р.п.13) рудовмещающие образования представлены хлорит-серицитовыми, кварц-серицитовыми, хлорит-кварц-карбонатными породами, в центральной зоне (р.п.13-р.п.-0,5) - углисто-кварц-серицитовыми микросланцами, кварц-хлоритовыми породами, то в южной (р.п.-0,5 - р.п. -20,5) - углисто-глинистыми, углисто-кварц-серицитовыми, углисто-известковыми, хлорит-серицит-кальцитовыми, глинисто-известковыми, кварц-хлорит-серицитовыми сланцами и другими породами.

Главными породообразующими минералами являются хлорит (29%), кварц (21%), серицит (18%), углеродистое вещество (11%), кальцит (9%), рудные минералы (4%). Второстепенные минералы составляют 8% от общей массы породообразующих минералов. При этом хлорит, серицит, кальцит в количественном отношении уменьшаются с севера на юг, углеродистое и рудное вещество – увеличивается, а кварц распределен равномерно.

Характеристика жилы Магистральной

Несмотря на то, что жила Магистральная открыта первой в Партизанском золоторудном узле и изучается с позапрошлого века, до сих пор нет четкого представления о структурно-морфологических и генетических ее особенностях.

Большинство исследователей (А.К. Мейстер, В.А. Обручев, Н.Н. Горностаев, Н.В. Петровская, П.С. Бернштейн и другие) не отличают оруденение месторождения Герфед от обычных гидротермальных жильных образований, но, вместе с тем, подчеркивают как отличительную особенность ее метасоматическую природу.

По мнению Б.Е. Шелехова (1975 г., стр. 97) жила Магистральная и другие жилы являются «типичными жильными образованиями». В пользу этого, на его взгляд, говорят резкие контакты жил с вмещающими породами, последние изменены слабо, а также четковидное, иногда кулисообразное их строение.

Остальные исследователи также признают метасоматическую природу жилы Магистральной. Некоторым различием в их взглядах является предполагаемый материал, по которому образовывались метасоматиты.

Ф.П. Кренделев и А.Г. Лучко (1970) считали, что жилы Магистральная и Николаевская являются типичными плас-

Условные обозначения к продольной проекции жилы "Магистральная"

Участки ж. Магистральной с не установленной золоторудной минерализацией или, содержащие золото менее 1 г/т: а) -линия сопряжения оперяющей кварцевой жилы с ж. Магистральной и её номер

Участки рудолокализующей трещины без кварцево-жильного заполнения (участки выклинивания тела кварцитов ж. Магистральной)

Секущие ж. Магистральную тектонические трещины

Линия пересечения скважиной ж. Магистральной или оперяющей жилы, спроецированная на вертикальную плоскость, и номер скважины: в числителе - видимая мощность рудного пересечения, в знаменателе - среднее содержание золота по пересечению

Проекция пересечения канавой ж. Магистральной и номер канавы: числитель - горизонтальная мощность рудного пересечения, в знаменателе - среднее содержание золота по пересечению

Проекция пересечения ж. Магистральной орт: числитель - горизонтальная мощность рудного пересечения, знаменатель - среднее содержание золота по пересечению

Выделенные по ж. Магистральной блоки (линзы) с оценочными прогнозными ресурсами категории P_1

Контур прогнозных ресурсов категории P_2

Обогащенные золотом (более 5 г/т) линзы и гнезда в ж. Магистральной

Разведочные линии скважин

Устье разведочной скважины и ее номер

Устье поисковой скважины и ее номер

1. Разведочные канавы и их номера; 2. Разведочные шурфы и шахты и их номера;

Условные обозначения к геолого-разведочному плану и разрезам

Нижний рифей. Кординская свита. Нижнекординская подсвита: сланцы алеврито-глинистые филлитизированные, углеродистые.

Образования линейной коры выветривания по породам нижнекординской подсвиты

Верхний протерозой. Пенченгинская свита. Верхнепенченгинская подсвита: сланцы кварцево-карбонатно-хлоритовые, метаэффузивы основного состава рассланцованные

Метавулканиты основного-среднего состава, сланцы алеврито-филлитизированные, кварцито-песчаники, амфиболиты

Сланцы углисто-глинистые филлитизированные

Разрывные нарушения

Минерализованные зоны, выделяемые по данным разведки россыпей золота, литогеохимического опробования и поисковых работ на рудное золото

Жила "Магистральная" и оперяющие её жилы

Золоторудные тела, выделенные по бортовому содержанию золота 1,0 г/т: 1. установленные; 2. предполагаемые

Вторичные литогеохимические ореолы золота с содержанием золота: 1. 0,003-0,08 г/т; 2. 0,1-6,0 г/т

Участки сульфидной (пирит-пирротиновой) минерализации, выделяемые по данным наземной магнитометрии (Васильев, 1960 г.)

товыми телами олигомиктового состава и являются аналогами сульфидных докембрийских конгломератов Витватерсранда, выполняя зону стратиграфического несогласия между пенченгинской и кординской свитами. А.М. Сазонов (Палиенко и др.,1990 г) рассматривал Магистральную жилу как тело первично-осадочных кварцевых песчаников, на которое наложилась гидротермальная рудная минерализация. Л.В. Ли, Г.Н. Бровков, Г.П. Круглов, О.И. Шохина (1993 г.) утверждают, что жилы являются плитообразными метасоматическими телами, образовавшимися по вмещающим осадочно-метаморфическим и вулканогенным породам, на которые в пределах отдельных участков со стороны лежачего бока наложилась золото-кварцевая минерализация.

Жила Магистральная в виде отдельных разобщенных линз прослежена от реки Талая (приток р. Бол. Мурожная) на юге в северном направлении до ручья Ивановского (приток р. Удерея) на расстояние порядка 17 км. Имеются устные сообщения многих старых геологов о находках ими обломков жилы Магистральной намного севернее Николаевского месторождения в притоках р. Мал. Пенченга - ключах Золотой и Березовый. Не исключено, что метасоматические кварциты, подобные жиле Магистральной, имеются и на северном обрамлении Татарского массива.

Непосредственно к месторождению Герфед относят отрезок жилы длиной 5,0 км от р. Талой на юге до Варваринского разреза на севере. Простирание жилы 10-20°, падение на юго-восток под углами 30-60°. Жила имеет плитообразную форму, осложненную пережимами и раздувами, часто раздваивается, выклинивается, либо обрезается дизъюнктивами субширотного направления, по которым отмечаются незначительные смещения. По простиранию и падению жила имеет слабоволнистые изгибы в виде синклинальных и антиклинальных складок. В лежачем боку жилы среди вмещающих пород развиты оперяющие кварцевые жилы выполнения. Максимальные их скопления приурочены к антиклинальным изгибам и участкам центриклинального замыкания синклинальных изгибов жилы. Большинство оперяющих жил имеют субширотное простирание и вертикальное падение. По простиранию жилы прослежены на 200 м и более. Их мощность увеличивается по направлению к кварцитам.

Наиболее изученной частью жилы Магистральной является отрезок длиной 2400 м, прослеженный в северном направлении от долины р. Бол.Мурожной (рл. 7.0) до разреза Варваринского (рл. 27). Кроме относительно хорошо изученной на этом участке канавами поверхности в 1984-1989 гг. на горизонте +411 м пройдены горизонтальные подземные выработки (шт. 3, орты), которыми непрерывным прослеживанием подтверждена ее сплошность на расстоянии 1100 м (от рл. 7 до рл. 16).

Строение и степень разведанности жилы на этом наиболее охарактеризованном участке на горизонте подземных выработок (+411 м) следующие.

От своего выхода в долину реки Бол. Мурожная или от рл. 7 (устье штольни 3) на протяжении 250 м в северном направлении жила прослежена канавами через 15-20 м, подземными выработками (шт. 1 и 3 , ортами 201-204, 206) и на глубину до 150-200 м - скважинами с поверхности. Простирание жилы на этом участке субмеридиональное, падение на восток под углами 50-65°. Мощность жилы изменяется от 8,5 до 15,0 м. В подземных горных выработках хорошо видно, что поверхности контактов лежачего и висячего контактов жилы не всегда параллельны между собой, углы их падения часто различаются на 10-15°. На всем своем протяжении жила здесь содержит промышленные скопления металла. Содержания золота в жиле по полным пересечениям достигают в канавах до 3,8 г/т, в подземных горных выработках 2,3 г/т, в скважинах - 4,6 г/т. В единичных пробах содержание золота на этом интервале достигает 24,0 г/т. Северной границей этого участка является субширотное тектоническое нарушение с вертикальным падением, по которому северное продолжение жилы смещено относительно южного на восток на 30,0 м.

Далее после нарушения на протяжении около 100 м простирание жилы резко меняется сначала на северо-восточное (45-50°), а затем северо-западное (340-350°), а угол падения от 75° до 25°. Мощность жилы не превышает 10,1 м.

На этом интервале (рл.7 - рл. 8,75) жила представлена светло-серым и серым кварцем кварцитовидным, пятнистой и полосчатой текстуры, обусловленной особенностями распределения углистого вещества. Участками кварц кавернозный, лимонитизированный. Отмечаются кварцевые прожилки и включения полевого шпата. Последний на открытом воздухе в течении 2-3 лет разрушается до глинистого состояния. Сульфиды, содержание которых не превышает 0,5%, представлены пиритом и арсенопиритом. Взаимоотношение слоистости перекрывающих пород и висячего контакта жилы согласное. Подстилающие жилу эффузивы на контакте изменены, рассланцованы и имеют полосчатый облик. На отдельных участках породы висячего и лежачего контактов выветрелы до глинистого состояния.

От рл. 7,75 (орт 207, 209) до рл. 10 (орт 212) на протяжении 225 м простирание жилы северо-восточное (45°), падение восточное под углом 45-85°. Мощность жилы достигает 17,5 м. Скважинами жила прослежена на глубину 300 м. Жила представлена полосчатым кварцем, метасоматическим кварцем. Полосчатость обусловлена послойным распределением повышенных содержаний углистого вещества и вкрапленностью мелкозернистого пирита. Контакты жилы с вмещающими породами четкие. На отдельных интервалах (длиной до 10-12 м) последние в непосредственном контакте с жилой выветрелы до глинистого состояния.

Почти на всем своем протяжении (кроме участка длиной 40 м в пределах ортов 209-210) жила характеризуется промышленными содержаниями металла.

От рл. 10 (орт 212) до рл.16, где заканчивается штольня 3, направление жилы Магистральной север-северо-восточное (5-15°), угол падения контактов жилы в подземных выработках изменяется от 45 до 90°, мощность от 5,5 до 16,0 м, среднее содержание металла по пересечениям от 0,2 до 1,1 г/т. По вертикали жила Магистральная изучена скважинами с поверхности до глубины 450 м. Вскрытая мощность жилы по скважинам достигает 31,5 м, содержание золота - 2,7 г/т. По тектоническому нарушению северо-западного направления, расположенному между рл. 14 и 15, жила (ее северный блок) смещен на 15-20 м в юго-восточном направлении. За нарушением жила имеет более крутое падение. Жила Магистральная на этом интервале представлена светло-серым кварцитовидным кварцем. Контакты с вмещающими породами резкие, четкие. Породы лежачего бока интенсивно сульфидизированы и содержат оперяющие кварцевые жилы, примыкающие к жиле Магистральной.

От рл. 16 до рл. 27 жила Магистральная прослежена с поверхности канавами, а на глубину до 200 м - скважинами с поверхности. Мощность жилы по пересечениям достигает 31 м, среднее содержание золота - 3,4 г/т.

В районе рл. 22 на поверхности и в единичных скважинах происходит расщепление жилы на несколько ветвей и далее (до рл. 27) она представлена несколькими удлиненными до 200-250 м линзами.

В целом, жила Магистральная, по мнению Т.Ю. Ковшиковой с соавторами (1977 г.), имеет выраженную тенденцию выполаживания в направлении с севера на юг.

В плане жила четко разбивается на три зоны: северную, центральную и южную, границы которых, по-видимому, совпадают с субширотными разломами. Зоны различаются по вещественному составу вмещающих пород, типам наиболее распространенного кварца, околорудным изменениям, составу сульфидов, степени золотоносности.

В северной зоне (р.л. 27 - р.л.13) наиболее интенсивное оруденение выявлено на глубине 230-280 м и ниже, в центральной зоне (р.л.13.0 - р.л. -0,5) уровни повышенной золотоносности располагаются на глубинах 150 и 300 м. Здесь же во вмещающих породах отмечаются повышенные содержания углеродистого вещества и хлопьевидного пирита во вмещающих породах. На этих глубинах преобладает сахаровидные и тонкозернистые разновидности кварца. В южной зоне(р.л. -0,5 - р.л. -20,5) уровень повышенной золотоносности расположен на глубине 200-300 м.

Некоторые исследователи (Зонов и др., 1976 г.) утверждают, что жила Магистральная является одной из нескольких прослоев кварцитов нижней части кординской свиты. Прослои кварцитов приурочены к верхней части пачки эффузивов. Другие геологи (Палиенко и др., 1990 г.) считают, что жила Магистральная расположена на контакте эффузивов пенченгинской и сланцев кординской свит, а остальные более мелкие горизонты кварцитов, залегающие стратиграфически ниже, однозначно локализованы среди эффузивов пенченгинской свиты.

Горизонты кварцитов не выдержаны по количеству, мощности, положению в разрезе, по простиранию и падению. Наиболее протяженный и мощный горизонт кварцитов под названием жилы Магистральной отмечается в северной части месторождения, где его длина достигает 2100 м, а мощность изменяется от 2-3 м до 20 м. Приурочен он непосредственно к контакту сланцевой толщи и эффузивов. Стратиграфически ниже по отдельным разрезам вскрывается до трех пластов кварцитов мощностью 1,0-5,0 м. В южной части месторождения прослеживаются до пяти (р.л. -20,5, скв. 215) тел кварцитов протяженностью до 500 м и мощностью до 10 м.

Максимальная глубина, на которой подсечены кварциты, составляет 429,0-429,4 м и 471,5-473,5 м в скважине 199 на рл. -0,5. Расположены эти пласты кварцитов среди эффузивов соответственно в 20,0 и 60,0 м от контакта с перекрывающими сланцами. Здесь же установлена самая большая глубина развития оперяющих кварцевых жил (471,5-475,6 м) и золотого оруденения (482,4-485,9 м).

Метасоматическая природа жилы Магистральной доказывается многообразием сохранившихся от полной переработки реликтов вмещающих пород. По составу среди метасоматитов выделяются кварц-карбонатные, карбонат-кварцевые, кварц-хлорит-карбонатные, хлорит-карбонатные, кварц-мусковит-карбонатные и мономинеральные кварцевые разности (Ли, Бровков, Круглов, 1993 г.). Эти образования обладают преимущественно светло-серой окраской с пятнистым распределением различных тонов и нередко имеют брекчиевидный облик. Изредка сохраняется реликтовая сланцеватая текстура. Например, среди кварц-карбонатного метасоматита, сложенного разнозернистым агрегатом кальцита с линзообразными выделениями микрозернистого, часто нечетко индивидуализированного кварца, отмечаются параллельные тончайшие прослои из чешуек хлорита, хорошо выделяющиеся на фоне кварцевого материала и представляющие собой, по-видимому, реликты первичной полосчатой текстуры породы.

Визуально в кварцитах обычно отмечаются прожилки, гнезда, вкрапленность карбонатов, сульфидов и других минералов. Постоянными примесями по данным шлихового анализа 45 проб-протолочек являются пирит, арсенопирит, магнетит, ильменит, рутил, циркон, апатит и золото. Последнее обнаружено в 41 пробе. В половине проб обнаружены пирротин, марказит, халькопирит, сфалерит, галенит, кобальтин, хромит, монацит, бадеилит, магнитные шарики и шеелит.

Под микроскопом кварцевые метасоматиты состоят преимущественно из гранобластовых зерен кварца и карбоната различного размера, нередко с чешуйками мусковита (до 0,3-0,5 мм по удлинению) или же с волокнистой массой хлорита. изредка отмечаются тонкие игольчатые выделения актинолита, чешуйки зелено-коричневого биотита, мелкозернистые агрегаты эпидота и мелкие лейсты альбита. Структуры их самые разнообразные и зависят от размера зерен, характера образования и количественных соотношений минералов. Так, карбонат, присутствующий во всех разновидностях метасоматитов, то выполняет промежутки между зернами кварца, как бы цементируя их, то образует различные по форме и размерам скопления среди кварцевого или хлоритового материала, то слагает основную ткань породы, в которую включены выделения кварца и скопления хлорита, а также сеть прожилков, как с кварцем, так и без него. Среди карбонатов различают сидерит, наблюдающийся в виде мелких вытянутых бесформенных выделений или скоплений ромбовидных зерен, и более поздний по отношению к нему кальцит, представленный несколькими генерациями. Сидерит имеет относительно ограниченное распространение. Он корродируется мусковитом и находится в массе слюдисто-хлоритового агрегата в виде ксеноморфных зерен, корродированных минералами основной массы.

Мономинеральные кварцевые метасоматиты представляют собой белые, серовато-белые, светло-серые мелко- и разнозернистые породы, состоящие из кварцевых зерен полигональной, округлой, вытянутой, амебообразной формы, обладающих то четкими, ровными или зубчатыми, то расплывчатыми контурами. Постоянно в них присутствует значительное количество рудных минералов, а также отмечаются карбонат, слюда, хлорит (Ли, Бровков, Круглов, 1990 г.).

Распределение золота в жиле неравномерное. Коэффициент вариации содержания металла по отдельным пересечениям изменяется от 90 до 190. Из 14 пересечений в подземных выработках содержания золота соответственно равны: до 1,0 г/т - 7 пересечений (50%); 1,0-2,4 г/т - в 4 пересечениях (28,5%) и в 3 пересечениях (21,4%) - выше 2,4 г/т. В 33 пересечениях жилы Магистральной скважинами содержания золота равны: до 1 г/т - в 24 скважинах (72%); 1,0-2,4 г/т - в 6 скважинах (18,2%) и в 4 скважинах (12,1%) - выше 2,4 г/т. Более высокие содержания золота в жиле Магистральной по данным подземных выработок по сравнению со скважинами объясняется тем, что горные выработки пройдены в пределах заведомо известных рудных столбов, а скважины пробурены по фиксированной сети.

По простиранию жилы оруденение распространено неравномерно: обогащенные участки либо столбы чередуются со слабо золотоносными интервалами. Наличие этих столбов большинство геологов связывает с изгибами жилы по простиранию.

Л.В. Ли и В.А. Нелюбов (1970) считают, что в пределах Герфедско-Николаевского рудного поля месторождения тяготеют к «изгибам стратиграфической плоскости, обращенным выпуклостью в сторону развития кординской свиты, на участках, обращенных в обратную сторону оруденение отсутствует. Не проявляется оруденение и в местах прямолинейного контакта между свитами. Размеры рудных тел на месторождениях является отражением величины размаха крыльев антиклинальных складок. Наибо-

лее высокие их значения относятся к замковым частям антиклинальных складок, а по направлению к крыльям и в пределах синклинальных складок мощности резко падают» (стр. 47-49). Выводы авторов базировались, в основном, на изучении Николаевского месторождения, изученного намного лучше, и имеющего большое сходство с месторождением Герфед.

Т.Ю. Ковшикова с соавторами (1977 г.) отметила, что в жиле Магистральной участки с наибольшей золотоносностью приурочены к пологозалегающим интервалам, а с пониженной золотоносностью - к крутопадающим.

В.А. Зонов с соавторами (1976 г.), в отличие от остальных считает, что месторождение Герфед, а также месторождения Николаевское и Васильевское приурочены к широко развитым в Партизанском рудном узле зонам сдвиговых нарушений запад-северо-западного направления. Несмотря на незначительную горизонтальную амплитуду смещений, нарушениям этой ориентировки придается рудоконтролирующее значение.

Оперяющие кварцевые жилы

На всем протяжении жилы Магистральной со стороны висячего бока к ней примыкают оперяющие кварцевые жилы. По своему составу, строению и минерализации они одинаковы. Кварц во всех жилах однообразен. Сульфидная минерализация в жилах представлена пиритом, пирротином, халькопиритом. Отмечаются они в виде отдельных кристаллов, гнезд, прожилков, скоплений неправильной формы размером до 1,0-2,0 см. Имеются «сквозные» прожилки сульфидов, пересекающие контакты кварцевых жил и переходящие во вмещающие породы. Жилы имеют простое и сложное строение. Часто жилы разветвляются на несколько ветвей и апофиз, причем последние имеют простирание и падение резко отличающиеся от таковых основной жилы. Все эти признаки свидетельствуют о их происхождении путем выполнения открытых полостей и трещин. Всего на месторождении выявлено около 200 поперечных секущих кварцевых жил. Мощность 150 оперяющих жил не превышает 1,0 м, а у 50 она изменяется от 1,0 до10,5 м (табл. 3.77).

По пространственной ориентировке выделяется две группы жил: крутопадающие (углы падения 60-90°) и пологопадающие. Первые в большинстве случаев имеют северо-западное простирание и примыкают под прямым углом к жиле Магистральной. Вторые, как правило, имеют северо-восточную ориентировку и примыкание к жиле Магистральной под острым углом.

По простиранию жилы Магистральной распределение оперяющих жил неравномерное. Имеются как интервалы, в которых жилы практически отсутствуют (рл. 8,75-10,0), так и интервалы с интенсивным их развитием (8,0-8,75; 10,5-16,0).

Промышленные содержания золота выявлены только в единичных оперяющих кварцевых жилах, где распределено оно крайне неравномерно.

Прослеженная длина оперяющих кварцевых жил не превышает 70 м.

По комплексу геолого-геофизических данных мощность зоны пород, вмещающих оперяющие жилы, составляет порядка 100-200 м. Часть жил золотоносна, а такие жилы, как Ответная, Партизанская Старая, Ивановская, характеризуются устойчивыми промышленными содержаниями. В таблице (Палиенко, 1990 г., с. 65). приведены параметры и степень золотоносности основных оперяющих жил, вскрытых подземными горными выработками на горизонте +411 м. Максимальная достоверно установленная глубина развития оперяющих кварцевых жил составляет 475,6-482,4 м (РЛ. -0,5; скв. 199).

Жила Ответная находится на р.л. 0,5 и характеризуется крайне неравномерным распределением золота. В наиболее обогащенном гнезде до глубины 9,0 м содержание колеблется от 2,6 до 277,0 г/т, в среднем составляет 66,1 г/т на мощность 0,61 м. Из головки жилы, представленной рыхлой охристо-лимонит-кварц-глинистой массой и объемом 1,6 х 3,0 х 0,6 м, и весом 7,5 т, извлечено 800 г шлихового золота. Промывка осуществлялась на бутаре и в лотках без применения ртути. Извлечение металла было неполным, в хвостах наблюдалась мелкая кварцевая щебенка с видимым золотом. Длина жилы - 70 м, среднее содержание металла по всем выработкам составило 9,0 г/т, средняя мощность 0,50 м. При объемном весе руды 2,7 г/см³ запасы по жиле оставили 42,5 кг (Голубев и др., 1953 г.).

Жила Старая расположена в 230 м на северо-восток от долины р. Б. Мурожной (рл. 8.0). На поверхности она вскрыта карьером. Длина жилы на поверхности - 50 м. Мощность изменяется от 0,4 м до 1,4 м. Простирание северо-западное (290°), падение на юго-запад под углом 62°. Представлена светло-серым голубоватым крупнозернистым кварцем. Кварц охристый, лимонитизированный. Постоянно отмечается видимое золото. По данным пробирного анализа его содержание изменяется от 1,6 до 52,0 г/т. Среднее содержание золота на длину 50 м при средней мощности 0,61 м составляет 9,4 г/т. Запасы до глубины 25,0 м равны: руды 1882 т, металла 18,6 кг (Голубев, 1953 г.). На горизонте штольни жила Старая прослежена ортом 201. На протяжении 28,0 м мощность изменялась от 0,3 до 0,7 м, а содержания золота достигают 552,2 и 953,2 г/т. Это максимальные установленные концентрации металла на месторождении в точно привязанных пробах. С северо-запада жила ограничивается субширотной кварцевой жилой, расположенной перпендикулярно к жиле Старой. Кварц в жиле серый, белый, буроватый трещиноватый, по трещинкам лимонитизированный. Угол падения жилы 60-90° на север (рис. 3.74).

Жила Ивановская находится в 400 м к северу от долины р. Бол.Мурожной и в 170 м от жилы Старой. Простирание жилы северо-западное (310°), падение на юго-запад под углом 60-80°. Представлена светло-серым кварцем с рассеянной вкрапленностью пирита, халькопирита, арсенопирита, пирротина. Общая протяженность жилы составляет 110 м, мощность изменяется от 1,0 до 2,5 м, средняя составляет 1,8 м (Голубев, 1953 г.). От сопряжения с жилой Магистральной на протяжении 40 м до глубины 6,0 м она отработана карьером. По данным В.Г. Голубева (1953 г.) в 1897 г. добыто 34 т руды со средним содержанием металла 7,7 г/т; в 1898 г. - 16,4 т с содержанием 24,0 г/т и в 1898 г. - 6,1 т с содержанием 12,5 г/т. Всего из карьера добыто 56,6 т руды со средним содержанием золота 13,0 г/т.

На горизонте +411 м жила Ивановская вскрыта штольней 3. Угол падения жилы - 85°; мощность по одной стенке 2,0 м, по другой - 0,8 м. Среднее содержание золота - 14,8 г/т.

Метаморфогенно-метасоматические изменения

В пределах рудного поля месторождения широко развиты такие изменения пород как окварцевание, сульфидизация, альбитизация, карбонатизация.

Окварцевание выражено сетью мельчайших ветвящихся прожилков мелкозернистого белого полупрозрачного кварца мощностью до 1-2 см, простирание которых, в целом, подчинено сланцеватости, зачастую прожилки образуют очень сложный рисунок. Нередко породы полностью замещены мелкозернистым кварцем с вкрапленностью пирита, магнетита, слюды. Максимальная мощность зоны окварцевания достигает 100 м и тяготеет она к лежачему

Таблица 3.77

Перечень оперяющих кварцевых жил месторождения Герфед на горизонте +411 м (Палиенко и др., 1990 г.)

Наименование жилы	Интервал по шт. 3, м	Азимут/угол, град.	Мощность, м	Содержание золота, г/т		
				от	до	среднее
Оперяющая 1	255	320/70	2,42	сл	11,8	2,6
Оперяющая 2	270	315	10,0	пс	0,5	0,1
Оперяющая 3	285	310	5,0	сл	1,3	0,3
Оперяющая 5	684	292	0,7	-	-	2,0
Оперяющая 7	рас-ка 215		1,25	сл	0,9	0,2
Оперяющая 8	731	320/90	1,69	сл	0,7	0,1
Оперяющая 9	758	310/90	4,9	сл	4,8	1,3
Оперяющая 10	780	320/85	3,0	0,1	2,7	1,0
Оперяющая 11	808	225/70	2,8	сл	0,2	0,1
Оперяющая 12	812	215/60	0,65	сл	2,8	1,4
Оперяющая 13	826	220	2,55	сл	2,0	1,7
Оперяющая 14	845	330	4,0	-	-	сл
Оперяющая 15	845	315	3,3	пс	0,7	0,3
Оперяющая 16	928	285/45	4,15	сл	1,2	0,2
Оперяющая 17	978	245/80	7,0	сл	1,0	0,2
Оперяющая 17-1	1016	240/60	9,0	сл	0,6	0,2
Оперяющая 17-2	1041	245/25	6,7	сл	0,2	0,2
Оперяющая 17-3	1040	330	1,5	0,1	5,6	4,1
Пирротиновая 18	1077	300/90	3,4	сл	96,0	2,9
Пирротиновая 19	1127	300	0,6	0,2	0,2	0,2
Пирротиновая 20	1134	265/70	3,5	-	-	1,3
Пирротиновая 21	1170	280/65-90	4,4	сл	15,3	1,1
Пирротиновая 22	1198	270/70	1,0	-	-	0,2
Пирротиновая 23	1208	300/65	3,0	сл	0,6	0,3
Пирротиновая 24	1298	280/35	9,5	сл	2,5	0,2
Пирротиновая 25	1245	270;330	10,5	сл	33,4	2,2

боку жилы Магистральной, где совместно с крупными кварцевыми жилами образует обогащенные участки, названные рудными столбами. Зоны окварцевания меньших масштабов развиты по всей площади рудного поля.

Сульфидизация проявлена также широко. Наиболее мощной из известных является зона в породах, вмещающих жилу Магистральную. Общая мощность в породах висячего и лежачего боков достигает 300 м, при этом в породах висячего бока она представлена преимущественно пиритом, а висячего - пирротином (Ковшикова и др., 1977 г.). Проявлена сульфидизация в виде обильной вкрапленности кристаллов кубической формы размером 1-5 мм и скоплений неправильной формы. Отмечаются также маломощные прожилки пирит-пирротинового состава.

Альбитизация преимущественным развитием пользуется в кварцево-хлоритовых сланцах печенгинской свиты. Новообразования альбита имеют разнообразную форму - мелкие таблички, неправильные лапчатые выделения, а также крупные кристаллы с хорошо выраженными гранями. Размер таких образований достигает 1-2 мм. Количество альбита составляет 5-10%. Наиболее интенсивно альбитизация проявлена на южном и северном флангах Герфедско-Николаевского рудного поля.

Карбонатизация наиболее интенсивно проявлена в кварцево-хлоритовых и амфиболовых сланцах печенгинской свиты. Карбонаты поздней генерации в виде крупных выделений обогащают отдельные полосы, располагаясь по сланцеватости и создавая грубополосчатую текстуру, а также слагают маломощные разноориентированные прожилки, образуя сеть сложного рисунка.

Вещественный состав руд

Руды месторождения Герфед относятся к малосульфидной золотокварцевой формации. Главным минералом является кварц, в качестве примесей отмечаются карбонаты, серицит, хлорит, альбит, графит, гидрослюды, флюорит, магнетит, рутил, ильменит и сульфиды. Содержание сульфидов обычно менее 5-7% и редко на отдельных участках повышается до 50% объема минеральной массы. Золото обычно мелкое, редко видимое невооруженным глазом, распределение его крайне неравномерное.

Жила кварцитовидного кварца, вскрытая штольней, имеет пятнистую, разной степени интенсивности серую окраску с неоднородно проявленной мелкой трещиноватостью, пронизана субпараллельными тонкими жилками (до 10 см) белого и светло-серого кварца. Простирание жилок – близкое простиранию основного тела, падение вертикальное.

Так же часто отмечаются прожилки, гнезда, вкрапленность карбонатов, сульфидов и других минералов. По данным шлихового анализа 45 проб-протолочек постоянными примесями являются пирит, арсенопирит, магнетит, ильменит, рутил, циркон, апатит и золото. Одна треть (31%) тяжелой фракции приходится на сульфиды, среднее содержание наиболее распространенных из них - арсенопирита и пирита, составляет соответственно, 15 и 13%. Одна десятая доля тяжелой фракции приходится на окислы, в основном, это ильменит (6,6%) и магнетит (0,8%). Золото обнаружено в 41 пробе, содержание его при пересчете на породу колеблется от н.о до 6,4 г/т, в среднем, составляя 0,38 г/т. Рутил, циркон, апатит встречаются в небольших количествах.

В половине проб обнаружены пирротин, марказит, халькопирит, сфалерит, галенит, кобальтин, хромит, монацит, бадделеит, магнитные шарики и шеелит. Очень редко встречаются зерна антимонита, халькозина, ковеллина, тетраэдрита, ксенотима, касситерита, флюорита и малахита.

Под микроскопом кварц имеет гранобластовую, сотовую структуру. Редко отмечаются пятна с бластопсаммитовой структурой, характеризующейся отчетливо наблюдаемым реликтовым мелкообломочным строением исходных пород. В разной степени окатанные зерна обломочного кварца обрастают пленочным кварцем. Причем, в пределах одного шлифа наблюдаются участки полностью

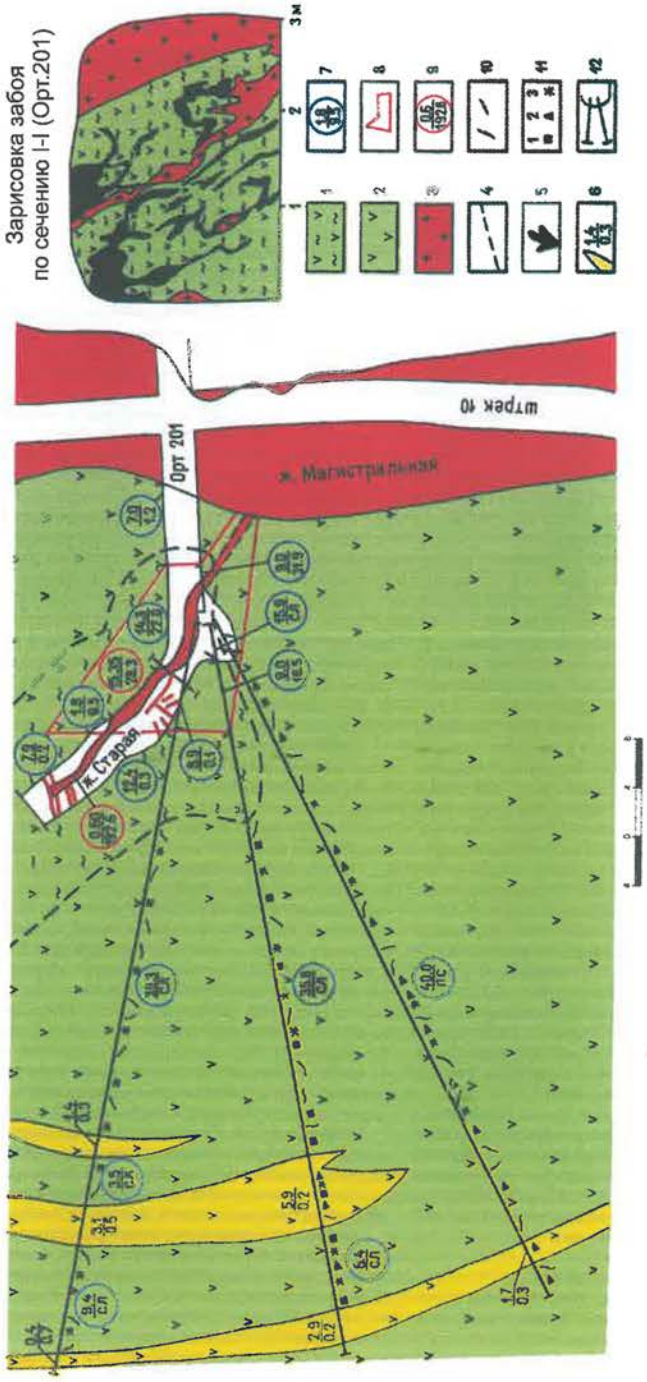


Рис. 3.74. Герфедское месторождение. Геологический план жилы Старой на горизонте +411 штольни 3 (по материалам Г.С.Палиенко, 1990 и М.С.Смирнова, 1986)
1 - выветрелые до глинистого состояния апобазальтоидные карбонатные метасоматиты, 2 - окварцованные метасоматиты с сульфидной минерализацией, 3 - кварцевые жилы, 4 - ориентировочная граница распространения глинистой коры выветривания по метасоматитам, 5 - участки лимонитизации, 6 - зоны сульфидной минерализации. Числитель - мощность рудного пересечения, в м; знаменатель - среднее содержание золота, в г/т; 7 - результаты бороздового опробования по метасоматитам. Числитель - длина опробования, в м, знаменатель - среднее содержание золота, г/т; 8 - контур запасов по вмещающим породам без ж. Старой (по Г.С.Палиенко, 1990), 9 - параметры мощностей рудных пересечений (числитель, в м) и средних содержаний золота (знаменатель, в г/т) в подсчетном блоке по ж.Старой и вмещающим породам (по Г.С.Палиенко, 1990) 10 - окварцевание, 11 - минерализация: 1 - пирит, 2 - пирротин, 3 - лимонитизация и ожелезнение, 12 - скважины подземного бурения

перекристаллизованные и участки, похожие по строению на кварциты.

Химический состав метасоматических кварцитов жилы Магистральной и кварца из оперяющих жил приведен в таблице 3.78.

Таблица 3.78

Химический состав метасоматических кварцитов и кварца месторождения Герфед

Компоненты	Метасоматический кварцит (n = 10)	Кварц (n = 2)
Кремнезем	87,48	96,70
Окись титана	0,28	н.о.
Глинозем	2,96	0,35
Железо окисное	2,57	0,05
Железо закисное	2,49	2,13
Марганец	0,061	0,055
Магний	0,74	0,25
Кальций	1,05	0,56
Натрий	0,56	0,055
Калий	0,19	0,01
П.п.п.	1,13	н.о.
Фосфор	0,248	н.о.
Вода	1,15	н.о.
Сумма	100,91	100,16

Из таблицы видно, что жильный кварц по отношению к метасоматическим кварцитам является более чистым и содержит гораздо меньше примесей, некоторых из них (титан, железо окисное, натрий, калий, фосфор, вода) практически на порядок .

Карбонаты представлены преимущественно кальцитом, намного реже встречается сидерит. Кальцит образует прожилки, линзочки, гнезда, приуроченные, как правило, к пустотам и центральным частям прожилков. Минерал встречается в ассоциации с сульфидами полиметаллов, а более поздний кальцит обычно нарастает на кристаллы друзового кварца, а сам в свою очередь обрастает кристаллами пирита пентагондодекаэдрического облика.

Сидерит наиболее часто встречается во вмещающих породах лежачего бока жилы Магистральной, где слагает линзы и удлиненные гнезда зернистых агрегатов. С краев минерал обычно замещен гидроокислами железа.

Рутил представлен игольчатыми и призматическими кристалликами размером от 0,01 до 0,05 мм по удлинению.

Графит отмечается в рудах постоянно, образуя одиночные чешуйки либо их агрегаты. Размер зерен - сотые и десятые доли мм, но иногда отмечаются гнезда графита до 0,5 см.

Ильменит обнаружен под микроскопом. Образует удлиненные призматические кристаллы, размеры которых редко превышают десятые доли мм. В отдельных участках его содержание достигает 5%. Кроме самостоятельных выделений ильменит образует срастания с магнетитом.

Магнетит встречается, в основном, в кварците в виде изометричных и удлиненных выделений размером до 0,25 мм. Тяготеет к зальбандам жилы, особенно к участкам скопления измененных обломков боковых пород. Кроме этого магнетит устанавливается во всех вмещающих породах, особенно в гидротермально и метасоматически измененных. Его количество здесь составляет около 0,2%. Наблюдаются как зерна с правильными кристаллографическими очертаниями, так и шаровидные выделения магнетита.

Пирит является наиболее распространенным рудным минералом. Он отмечается в метасоматических кварцитах, кварцевых жилах и вмещающих породах. Обычно наблюдается в виде кристаллически-зернистой вкрапленности, гломеробластовых скоплений и прожилковых выделений. Для пирита из вмещающих пород характерны удлиненные, уплощенные кубические кристаллы и пятнистые агрегаты колломорфного строения, а в кварцитах пирит представлен мелкозернистым агрегатом линзовидной и изометричной форм, в виде сыпи кристаллов кубической формы размером от долей мм до 1,0-1,5 см. В ряде случаев наблюдается обрастание кристаллов раннего пирита более поздним. Распределение пирита, как и других сульфидов, контролируется реликтовой слоистостью, сланцеватостью и трещинами кливажа.

Пирит в ассоциации с арсенопиритом образует скопления крупнозернистых агрегатов, иногда хорошо оформленных гексаэдров. По краям зерен и трещинкам корродируется кварцем, пирротином, халькопиритом и сфалеритом. В пирите часто наблюдаются включения и нитевидные прожилки пирротина и халькопирита.

Пирит в ассоциации с сульфидами полиметаллической группы, отмечается в виде мелкозернистых агрегатов неправильной формы и кристаллов кубического габитуса, осложненных гранями октаэдра и пентагондодекаэдра. Отмечены случаи замещения пирита пирротином, сфалеритом, халькопиритом и галенитом.

Наиболее поздний пирит наблюдается в карбонатных прожилках в виде мелкозернистых агрегатов и разрозненных кристаллов пентагондодекаэдрического габитуса.

Химический состав пирита из ранних минеральных ассоциаций приведен в таблице 3.79.

Для пирита характерен дефицит серы.

Арсенопирит встречается в метасоматических кварцитах в виде гнезд зернистого, катаклазированного агрегата, среди которого отмечаются дипирамидальные, изометричные кристаллы. Рассеянная кристаллически-зернистая арсенопирит-пиритовая минерализация часто наблюдается как среди кварцитов, так и во вмещающих породах, но размеры выделений настолько малы, что надежно минерал диагностируется только в шлифах, протолочках и под микроскопом. В арсенопирите, таюке как и пирите, наблюдаются мелкие выделения и нитевидные прожилки пирротина, халькопирита, сфалерита, галенита и каплевидные зерна золота. Химический состав арсенопирита приведен в таблице 3.79. В интенсивно трещиноватом арсенопирите, образующем иногда гнезда до 10-30 см, отмечаются микроскопические плотные агрегаты бледно-зеленого скородита.

Пирротин является широко распространенным минералом во вмещающих породах и кварце. Он образует зернистую вкрапленность, желваки, линзовидные и прожил-

Таблица 3.79

Состав пирита, арсенопирита, пирротина (масс.%)

Минерал (кол-во проб)	Железо	Сера	Мышьяк	Никель	Сумма	S / Fe
Пирит измененных эффузивов (9)	46,95	52,87	0,006	--	99,83	1,964
Пирит из метасоматических кварцитов (7)	46,81	52,52	0,186	0,197	99,71	1,954
Пирит из зернистого агрегата (4)	46,81	51,76	--	0,045	98,62	1,925
Пирит, замещающий пирротин (3)	46,64	50,76	--	0,011	97,41	1,893
Пирит (25)	46,87	52,36	0,052	0,039	99,32	1,945
Арсенопирит из метасоматических кварцитов(4)	35,22	20,69	44,17	0,006	100,07	-
Пирротин из пропилитов (2)	60,05	39,71	--	0,469	100,23	-

ковые агрегаты. Кроме обособленных выделений пирротин встречается в ассоциации с пиритом, арсенопиритом, халькопиритом и сфалеритом. Мельчайшие его выделения отмечаются в арсенопирите и сфалерите. С сульфидами полиметаллов обычны срастания без следов реакционных взаимоотношений, замещает ранние пирит и арсенопирит и сам корродируется поздним пиритом.

Халькопирит встречается в ассоциации с арсенопиритом, пирротином и сульфидами цинка и свинца. Он образует мелкие зернистые, реже прожилковые агрегаты в кварцитах, кварце, ранних генерациях пирита и арсенопирита. Здесь наблюдаются реакционные взаимоотношения с вмещающими минералами. Халькопирит ассоциирует с пирротином, галенитом и сфалеритом.

Из гипергенных минералов по халькопириту развиваются борнит, ковеллин и халькозин, малахит и азурит. Причем, при появлении малахита и азурита, ассоциирующих с рыхлым лимонитом, борнит и халькозин исчезают. Указанные гипергенные минералы развиты в виде микроскопических выделений и отмечаются в зонах повышенной трещиноватости.

Сфалерит встречается редко в виде зернистых выделений коричневого цвета. Под микроскопом наблюдается чаще, размеры зерен не превышают 1 мм. Сопутствующими минералами являются пирит, пирротин, халькопирит и галенит. В сфалерите отмечаются эмульсионные выделения халькопирита.

Галенит отмечается исключительно редко в аншлифах в виде микроскопических выделений в тесной ассоциации с поздним пирротином, халькопиритом и сфалеритом. Минеральные выделения ассоциирующих с галенитом сульфидов корродируют более ранние арсенопирит и пирит, располагаются в них по трещинам и по краям зерен.

Самородное золото. Макроскопические выделения золота чаще всего встречаются вне всякой связи с сульфидами в оперяющих кварцевых жилах, как в месте пересечения их с жилой Магистральной, так и на некотором удалении от нее. Размеры выделений золота составляют от тысячных долей миллиметра до 1,0 мм. Ассоциирующие минералы представлены рыхлым лимонитом, реже пиритом и гидрослюдами, которые совместно с золотом выполняют мелкие извилистые трещины в кварце серой окраски. Под микроскопом золото часто выполняет трещинки в арсенопирите, пирротине и пирите либо развивается по границам их зерен. В орте 201, где отмечены наиболее высокие его содержания (953,2 г/т; 552,2 г/т), золото совместно с гидроокислами железа приурочен к микротрещинам двух направлений: аз. пад.10^0 угол падения 65^0 и аз. пад. 120^0 угол падения 12^0. Морфология золотин уплощенная, линзовидная, проволочковидная, комковидная с ячеистыми, сетчатыми углублениями и шиповидными наростами. нередко отмечаются искаженные кристаллы кубического, октаэдрического и кубоктаэдрического облика. Средний состав золота по 8 определениям приведен в таблице 3.80.

Для сравнения приведен состав рудного и россыпного золота других объектов. Золото высокопробное с незначительной примесью серебра. В прежние годы на месторождении Герфед находилось и низкопробное золото (около 800).

Под микроскопом золото обнаруживается в виде мелких изометричных включений в арсенопирите из пирит-пирротин-арсенопиритовых агрегатов. В пробах-протолочках фиксируется высокая частота встречаемости золотин при низком содержании.

Золото явно гипергенного происхождения на месторождении не установлено.

На основании анализа коэффициента концентрации, расчет которого производился путем сравнения средних содержаний элементов в руде с кларками литосферы, в качестве рудогенного типоморфного комплекса определены следующие семь элементов: золото, мышьяк, серебро, бор, медь, свинец, цинк.

Спектральным анализом в рудах месторождения (155 проб) обнаружены 16 элементов (табл. 3.81).

С поверхности некоторые сульфиды окислены, часть пустот выщелачивания заполнена лимонитом, скородитом, церусситом. Но уже на глубине первых метров степень окисления резко снижается, а глубже 20-30 м зона окисления практически отсутствует. Руды месторождения относятся к одному технологическому типу - золото-кварцевому малосульфидному. В.Г. Голубев приводит сведения о том, что в охристой кварцево-сланцевой рудной массе встречается скородит, образующий по арсенопириту штуфные скопления «размером с человеческую голову».

Таблица 3.80

Состав самородного золота (%) месторождения Герфед и других объектов

Месторождение (к-во проб)	Золото	Серебро	Медь	Сумма
Герфед (8)	95,56	5,38	--	100,84
Васильевское (61)	97,03	2,42	0,03	99,48
Бабушкина Гора (6)	90,30	10,01	--	100,31
Попутное (4)	90,24	5,92	--	96,16
Р. Пенченга -верховье (2)	97,57	2,50	0,19	100,26
Р. Пенченга -верховье (2)	81,96	18,84	--	100,80
Р. Бол. Пескина -верховье (2)	98,84	1,33	0,1	100,27
Р. Мамон -ср. течение (2)	89,66	10,58	--	100,24
Р. Удерей -ср. течение (2)	95,08	3,67	0,03	98,78
Р. Боровая -верховье (2)	97,08	3,22	0,04	100,34
Р. Бол. Мурожная -верховье (2)	94,60	5,66	0,10	100,36
Р. Туктугаевка (2)	93,51	6,23	0,01	99,75
Р. Ср. Шаарган - ср. течение (2)	98,03	1,56	0,09	99,68
Р. Шаулкон -верховье (2)	96,48	3,01	0,09	99,58
Руч. Васильевский -верховье (2)	97,55	2,60	0,07	100,32

Геофизическая характеристика

Несмотря на значительный объем геофизических исследований, проведенных в районе месторождения и на самом месторождении, поисковая эффективность их осталась на низком уровне. Вызвано это следующими причинами:

- геофизические методы исследований проводились с целью поисков других полезных ископаемых, в первую очередь, бокситов;
- широко развиты продукты кор химического выветривания и отложения мезо-кайнозойского структурного этажа;
- присутствием в разрезе пород, контрастных по физическим, магнитным и электрическим свойствам, на фоне

Таблица 3.81

Средние содержания (в %) и коэффициенты концентрации элементов в рудах месторождения Герфед

Элементы	с	Кк
Свинец	0,0036	2,3
Цинк	0,013	1,6
Медь	0,016	3,4
Кобальт	0,001	0,56
Ванадий	0,0057	0,63
Хром	0,0021	0,25
Никель	0,0034	0,59
Молибден	0,000057	0,52
Олово	0,00002	0,08
Барий	0,014	0,22
Бор	0,0054	4,5
Серебро	0,000037	5,3
Мышьяк	0,004	23,5
Бериллий	0,00018	0,47
Стронций	0,03	0,88
Золото	0,17	40,00

которых маломощные кварцевые жилы выделялись слабо;

- малой мощностью объекта поисков, в частности, жилы Магистральной;
- отсутствием в то время представлений о золотоносных зонах сульфидной минерализации, тонкопрожилкового окварцевания и корах выветривания, развивающихся по ним.

В 1959-1961 годах на площади Герфедско-Николаевского рудного поля проводили исследования геолого-геофизическая партия ЦНИГРИ под руководством А.П. Васильева и Н.В. Хахониной и Центральная партия СЕГФЭ под началом В.М. Иванова и Н.Л. Горленко. Первая работала в южной части Герфедского и В-Удерейского месторождений, вторая - на узкой площади от Николаевского месторождения до северного фланга месторождения Герфед. Целью работ являлось выяснение возможностей применения геофизических методов в конкретных условиях, выявление новых и прослеживание известных кварцевых жил, картирование структур рудного поля, поиски урана. В комплекс работ входили электроразведка (методами естественного поля, отношения градиентов потенциала, комбинированного электропрофилирования, дипольного профилирования, ВЭЗ), магниторазведка, радиометрические наблюдения. Широкий круг применяемых методов и высокое качество их выполнения, и интерпретации полученных материалов позволили этим работам не потерять своего значения по настоящее время. Они взяты за основу при геофизической характеристике месторождения.

По результатам электроразведочных работ сделаны следующие выводы:

1. Геофизическими аномалиями отражаются не собственно рудные тела, а достаточно специфические пачки пород и сложенные ими глубинные структуры.

2. Протяженные тектонические зоны фиксируются локальными аномалиями проводимости на графиках дипольного и комбинированного профилирования, а широкие зоны дробления пород - областями пониженных сопротивлений (100-300 Омм).

3. Кварцевые жилы и зоны окварцевания характеризуются сопротивлением порядка 2000-5000 Омм.

4. Протяженные мощные жилы типа Магистральной и Николаевской прослеживаются четкими локальными аномалиями всеми методами электроразведки.

5. Маломощные жилы могут быть прослежены лишь детальными геофизическими работами с обязательной поверкой горными выработками.

6. Удельные сопротивления хлоритовых сланцев и амфиболитов составляют 1200-4000 Омм, песчаников и алевролитов 1000-2000 Омм, углисто-глинистых сланцев и филлитов 500-1000 Омм.

7. Метод ВЭЗ, поставленный с целью прослеживания кор выветривания на глубину, к положительным результатам не привел.

Магниторазведкой наибольшее количество аномалий интенсивностью 700 гамм и выше выделено в районе Верхне-Удерейского месторождения. Природа выявленных участков с повышенными значениями ΔZ объясняется присутствием магнетита и пирротина. В целом, породы характеризуются относительно малой магнитной восприимчивостью и слабой дифференциацией, за исключением бокситов и кварцевых жил с магнетитом (пх 10^{-6} gCГСМ): бокситы плотные - 5200, бокситоносные суглинки - 1200, сланцы хлоритовые - 60, амфиболиты - 45, амфиболовые сланцы - 25, песчаники плотные - 25, углисто-глинистые сланцы - 15, сланцы окварцованные - 0, кварц - 0, кварц с магнетитом и сульфидами - 1100.

Следует отметить, что значительная часть аномалий была вызвана зонами мелкого прожилкования или метасоматического прокварцевания пород, содержащих золото иногда до 0,8-1,2 г/т. Им не придавали значения, так как объектами поисков были крупные кварцевые жилы.

Радиометрическая характеристика. За все время проведения массовых поисков урана гидротермального генезиса в пределах месторождения и рудного поля, в целом, (Шелехов и др.,1965 г.; Зонов и др.,1976 г.; Ковшикова и др.,1977 г.; Палиенко и др.,1990 г.) установлено, что породы, слагающие месторождение, обладают следующей радиоактивностью (табл. 3.82).

При проведении поисково-оценочных работ в 1984-1989 годах (Палиенко и др., 1990 г.) массовые поиски урана проектом работ не предусматривались. Отдельным распоряжением экспедиции «Сибзолоторазведка» обязывалось провести изучение гамма-активности пород только в подземных выработках. По данным исследований подземных выработок гамма-активность кварцевых жил составляет 1-2 мкр/час, эффузивов 3-6 мкр/час, осадочных пород - 20-30 мкр/час. Ссылаясь на исследования Ф.Б. Бакшта (1983 г.), авторы отмечают, что гамма-спектрометрия показывает повышенные в 8-10 раз концентрации урана и калия в углеродистых сланцах висячего бока жилы Магистральной по сравнению с окварцованными и карбонатизированными породами лежачего бока.

За всю историю изучения месторождения выявлено 2 радиоактивных аномалии в скважинах и одно локальное повышение радиоактивности до 100 мкр/час на фоне 30-35 мкр/час во вмещающих породах штольни 3 в интервале 507 м.

Аномалия 1. В скважине 166 (р.л. 21) в интервале 7,9-8,8 м зафиксирована максимальная активность, выраженная одни пиком до 206 мкр/час на фоне 20-25 мкр/час. Аномалия приурочена к выветрелым до глины темно-серого цвета, лимонитизированным, с сохранившейся слоистостью углисто-глинистым филлиттизированным сланцам кординской свиты. Подстилают этот интервал пестроцветные яркие глины с линзами темных охристых образований и черными налетами окислов железа и марганца. По данным бета-импульсного анализа трех проб керна содержание эквивалентного урана составило 0,011%; 0,019% и 0,067%. Прбуренные в 50 метрах вокруг скважины площадного и глубинного распространения аномалии не выявили (Шелехов и др., 1965 г.).

В 1974 году (Зонов и др., 1976 г.) в скважине № 197 (р.л. -8,5) в интервале 87,5-90,0 м максимальное значение гамма-активности достигло 1050 мкр/час на фоне

12-40 мкр/час (счетчик с алюминиевым экраном). В рядом пробуренной скважине максимальная активность достигла 1450 мкр/час и приурочена к черным углистым сланцам кординской свиты, выветрелым до глинистого состояния. Ревизия керна скважины показала максимальную радиоактивность 88 мкр/час на фоне 8-20 мкр/час. По данным рентгено-спектрального анализа в углисто-глинистых сланцах из контура аномалий содержание урана по данным 3-х проб составляет 0,0008-0,048%, тория - 0,0001 - 0,0028%. Спектральным анализом обнаружены (%): фосфор - до 4, барий - 0,1, стронций - до 1,0, иттрий - до 0,1, лантан - до 0,015 и другие элементы.

Методами радиографии, перлово-люминесцентным и минералогическим анализами установлено, что повышенная радиоактивность углисто-глинистых сланцев обусловлена ураном, находящимся в рассеянной форме в глинисто-углеродистом материале сланцев и в алюмофосфате кальция, содержание которого в породе достигает первых процентов.

По результатам изотопно-свинцового анализа произведена оценка вероятного содержания урана ниже зоны гипергенеза. Истинное содержание урана в пробах (Uан) является избыточным по отношению к «восстановленному» (Uо), что свидетельствует об отсутствии первичного оруденения в пределах выявленных аномалий. В силу низкого содержания радиоактивных элементов и незначительных масштабов оруденения аномалия практического значения не представляет.

Геохимическая характеристика

Первые геохимические исследования проведены в 1951 г. А.В. Лесгафтом. Одновременно с поисками и съемкой масштаба 1:100 000 в бассейне верховья реки Бол. Мурожной проведено металлометрическое опробование по сети 500х100 м со сгущением до 50х20 м. Пробы анализировались на сурьму и свинец. Выявлено несколько ореолов свинца.

В период с 1960 по 1962 года Николаевской ГСП одновременно с геологической съемкой масштаба 1:50000 проведено металлометрическое опробование по сети 500х100 м с глубины 0,3-0,4 м. Отобрано 16511 проб. Спектральный анализ осуществлялся на серебро, свинец, мышьяк, цинк, медь, кобальт, никель, сурьму, молибден, олово, выборочно - ванадий, циркон, бериллий, висмут, фосфор, барий, вольфрам, марганец, кадмий, тантал, ниобий, а также спектрозолотометрия на золото. На прилагаемых в отчете картах отстроены ореолы рассеяния мышьяка, сурьмы, свинца, меди, цинка, кобальта, никеля. Отобрано 95 гидрогеохимических проб, сухой остаток которых подвергнут спектральному анализу на те же элементы.

В 1965 году Партизанской партией под руководством Б.Е. Шелехова при геологическом изучении Герфедского рудного поля на площади 20 км² проведена металлометрическая съемка масштаба 1:10 000 по сети 100х20 м. Отобрано 10540 проб, которые проанализированы на 15 элементов - мышьяк, свинец, цинк, кобальт, висмут и другие элементы. Их содержания оказались низкими, а редкие повышенные значения разобщены. Карты ореолов в отчете не приводились.

В целом, для площадных геохимических работ, проведенных в пределах Герфедско-Николаевского рудного поля и всего Партизанского рудного узла, характерно следующее.

Первые металлометрические съемки сопровождали площадные геофизические работы, рубленые просеки магистралей и профилей которых использовались для отбора проб. Для выполняемых съемок был характерен ограниченный круг анализируемых элементов, среди которых золото, как правило, отсутствовало, низкая чувствительность анализов, ограниченные по площади снимаемые территории, которые не выходили за пределы возможного развития оруденения.

Поисковая эффективность геохимических работ по вторичным ореолам рассеяния в пределах Герфедско-Николаевского рудного поля также оставалась относительно низкой. Это обусловлено широким развитием кор химического выветривания, присутствием отложений мезо-кайнозойского структурного этажа, повышенной пестротой петрографо-химического состава пород (от основных до кислых), малой мощностью и убогим минеральным наполнением золото-кварцевых малосульфидных руд. При этом, с каждым годом увеличивался техногенный фактор образования ореолов рассеяния, так как территория Герфедско-Николаевского рудного поля (как и вся площадь Партизанского рудного узла) интенсивно изрыта бульдозерными траншеями, площадками под буровые установки, канавами, в том числе пройденных «взрывом на выброс», в силу чего естественный геохимический ландшафт сильно нарушен.

Весьма низкой является геохимическая изученность вертикального разреза месторождения Герфед. Основной объем скважин на месторождении пробурен в 1959-1964 и 1974-1975 годах, когда изучение первичных ореолов посредством сплошного геохимического опробования керна скважин еще не практиковалось.

Основные сведения по распределению золота в наиболее распространенных породах и породообразующих минералах приведены в табл. 3.83.

Технологическая характеристика руд

Специальные технологические исследования руд месторождения Герфед не проводились. Вся разрозненная и отрывочная информация по этому вопросу сводится к следующему.

Руды месторождения являются существенно кварцевыми, малосульфидными. В метасоматических кварцитах распространены, в основном, арсенопирит и пирит, в кварце оперяющих жил - пирротин и пирит. С поверхности до глубины 20-30 м сульфиды часто окислены и замещены лимонитом, а также скородитом, церусситом, но поверхности видимых золотин обычно чистые.

В 1936 году на бегунной чаше амальгамацией было обработано около 2500 т руды. Среднее извлечение составило 1,6 г/т при колебаниях от 0,5 до 6,6 г/т. В связи с отсутствием информации о содержании золота в исходной руде и хвостах определить точный процент извлечения металла невозможно. В.Г. Голубев пишет, что низкое извлечение золота на этой фабрике по его личным наблюдениям обусловлено грубым нарушением технологического процесса обработки руды. Одновременно он отмечает, что «сравнение результатов ковшевого и пробирного анализов 30 проб по рудам с богатым видимым золотом Герфедского и других месторождений показало, что средний коэффициент извлечения золота по ковшу в 1,24 раза выше по сравнению с пробирным анализом. Это объясняется исключительно тем, что руды содержат богатое и крупное, но редкое и свободное золото, которое в ковшовую пробу весом 3-4 кг попадает чаще, чем в 50-граммовую навеску для пробирного анализа».

Таблица 3.82

Радиоактивность пород месторождения

Название породы	Шелехов и др., 1965 г.	Зонов и др., 1976 г.	Ковшикова и др., 1977 г.
Суглинки	7-16	6-16	8-13
Филлиты	10-25	8-40	7-11
Сланцы углисто-глинистые	10-25	8-40	8-11
Алевролиты, песчаники	4-13	3-13	4-13
Сланцы кварц-хлоритовые	5-20	3-18	нет данных
Амфиболиты	1-4	1-15	нет данных
Эффузивы	нет данных	3-18	3-13
Кварциты	4-13	3-13	1-15
Кварц	2-6	2-5	2-5

Таблица 3.83

Распределение золота в породах и породообразующих минералах района месторождения Герфед, мг/т

Фация, порода, минерал	N	C	S
1. Граниты Татарского массива	46	1,62	2,12
2. Амфиболиты индыглинского комплекса из ксенолитов в гранитах (амфиболитовая фация)	20	2,44	4,48
3. Кварциты пенчегинской свиты (эпидот-амфиболитовая фация)	5	1,71	0,43
4. Роговообманковые сланцы и амфиболиты индыглинского комплекса (эпидот-амфиболитовая фация)	25	4,7	1,95
4.2. Роговая обманка	24	4,2	1,83
4.3. Псевдоморфозы актинолита по роговой обманке	4	8,3	2,77
4.4. Биотит	1	2,9	-
4.5. Плагиоклаз +кварц	7	4,5	1,38
4.6. Ильменит	6	12,3	5,49
5. Черные сланцы пенчегинской свиты (зеленосланцевая фация)	29	14,6	5,98
6. Зеленые сланцы и амфиболиты индыглинского комплекса (зеленосланцевая фация)	28	6,1	5,23
6.1. Актинолит темно-зеленый	14	6,0	2,45
6.2. Тремолит	12	7,5	2,42
6.3. Актинолит хлоритизированный	10	7,2	1,63
6.4. Хлорит	6	9,9	3,60
6.5. Альбит + кварц	5	6,1	3,45
6.6. Роговая обманка актинолитизированная	5	17,9	4,74
7. Метасоматические кварциты жилы Магистральной	155	29,9	378,0
8. Черные сланцы нижнекординской подсвиты (зеленосланцевая фация)	9	26,6	7,61
9. Туфогравелиты и туфопесчаники среднекординской подсвиты (стадия метагенеза)	8	1,7	0,22
10. Глинистые и алеврито-глинистые сланцы верхнекординской подсвиты (стадия катагенеза)	43	0,9	0,28
11. Глинистые и алеврито-глинистые сланцы горбилокской свиты (стадия катагенеза)	26	1,5	0,67

На Николаевском месторождении, руды которого по общему мнению являются аналогами герфедских руд, выполнены исследования в лабораторных условиях по одной пробе. По результатам этих исследований рекомендована технологическая схема переработки руды Николаевского месторождения, предусматривающая цианирование с предварительным выделением крупных сульфидов и свободного золота методом гравитации. Общее извлечение металла при такой схеме переработки составляет 96,9%. Эта схема близка к схеме переработки руды рядом расположенного и хорошо изученного в этом отношении Васильевского золоторудного месторождения и в общих чертах является универсальной для золото-кварцевых малосульфидных руд месторождений Партизанского рудного узла.

Подсчет запасов и оценка прогнозных ресурсов

Подсчет запасов и определение прогнозных ресурсов на месторождении Герфед выполнялись неоднократно (Голубев, 1953 г.; Зонов и др., 1976 г.; Палиенко и др., 1990 г.).

В.Г. Голубевым (1953 г.) по оперяющей жиле Партизанской подсчитаны запасы в количестве: руды - 10,4 тыс. т, золота - 106,3 кг при среднем его содержании - 10,2 г/т. Из этой жилы Северо-Ангарским рудником в 1960 году было добыто 1230 т руды и получено 12,3 кг золота (при среднем содержании 10,0 г/т). К настоящему времени в жиле Партизанской осталось 9,2 тыс. т руды и 94 кг золота с содержанием 10,2 г/т.

В.А. Зонов (1976 г.) на отрезке жилы Магистральной длиной порядка 5000 м от р.л. -20,5 на юге до Варваринского разреза (р.л. 26) на севере выделил 12 рудных столбов. Подсчет прогнозных ресурсов производился в контурах предполагаемых рудных столбов до глубины 400 м (табл. 3.84). Среднее содержание золота определялось только по данными опробования канав, средняя мощность рудного тела - по данным канав и скважин. Контур рудного тела устанавливался по данным опробования, поэтому он не всегда согласуется с контактами метасоматических кварцитов. Подсчет выполнялся «без применения определенных кондиций», но при бортовом содержании 2,0 г/т и мощности безрудных прослоев не более 5,0 м.

Наиболее полным и максимально достоверным является подсчет, выполненный Г.С. Палиенко с соавторами по результатам поисково-оценочных работ в 1984-1989 годы, так как в нем использованы как результаты ранее выполненных работ, так и пройденные в этот период подземные горные выработки на горизонте + 411 м. Поисково-оценочные работы были сосредоточены в пределах выделенных ранее В.А. Зоновым рудных столбов №№ 6-12 (от р.л. 6 до р.л. 27), т.е. в северной части месторождения. Изученность южной части месторождения в пределах рудных столбов №№ 1-5 (от р.л. 6 до -20,5) осталась на прежнем уровне.

Месторождение Герфед согласно «Инструкции по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям» (1983 г.) по размерам, морфологии, геологическим особенностям относится к 3-й группе для целей разведки, а единичные оперяющие кварцевые жилы - к 4-й группе.

Подсчет запасов по жиле Магистральной выполнен методом геологических блоков в проекции на вертикальную плоскость.

Кондиции для подсчета запасов

Подсчет запасов и определение прогнозных ресурсов на месторождении проведены по кондициям, утвержден-

Таблица 3.84

Прогнозные ресурсы категории P_1+P_2 на месторождении Герфед по состоянию на 1976 год (Зонов и др., 1976 г.)

Номера блоков	Руда, тыс.т	Золото, кг	Содержание, г/т	Номера блоков	Руда, тыс. т	Золото, кг	Содержание, г/т
1	241,9	1790	7,4	7	501,3	2486	4,96
2	1163,2	14284	12,28	8	812,6	7476	9,2
3	624,1	6185	9,91	9	157,3	1089	6,92
4	468,4	3518	7,51	10	1215,0	9793	8,06
5	718,3	9295	12,94	11	282,1	1298	4,6
6	1516,8	9950	6,56	12	315,8	2482	7,86
Итого					8196,8	69646	8,50

ным ГКЗ СССР (протокол ГКЗ СССР от 25.02.83г. №1780-к) для открытого способа добычи на месторождении Эльдорадо в Северо-Енисейском районе.

Кондициями предусмотрено:

- бортовое содержание золота в пробе - 1,0 г/т;
- оконтуривание рудных тел по падению и простиранию проводить по выработкам с содержанием - 1,0 г/т;
- минимально-промышленное содержание золота в блоках - 2,4 г/т;
- минимальная мощность, включаемая в контур подсчета - 3,0 м. При меньшей мощности, но более высоких содержаниях золота пользовать метрограммом.
- максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в контур подсчета запасов, - 5,0 м.

Варианты подсчета. Жила Магистральная представлена жилой метасоматических кварцитов мощностью до 20,0 м и более. Распределение золота в рудных телах неравномерное (коэффициент вариации 96-190). Промышленные концентрации металла зачастую распространены не на всю мощность жилы, отмечаются либо в лежачем боку, либо висячем или в центральной части жилы. Часто на полную мощность жилы среднее содержание золота составляет ниже требований кондиций, в то время как в этом же пересечении пределах какой-то части жилы выделяются блоки с промышленными интервалами. В этой связи, подсчет запасов по жиле Магистральной проведен по двум вариантам. При первом варианте оконтуривание рудных пересечений проведено согласно кондиций строго по бортовому содержанию 1,0 г/т, независимо от того, какая часть жилы Магистральной оказалась рудой. В рудные пересечения включены и пробы с содержанием золота выше бортового, расположенные в зальбандах жилы Магистральной (во вмещающих породах).

При втором варианте содержание золота по рудным пересечениям подсчитано в геологических контурах жилы Магистральной. Вопрос об отнесении руд к балансовым или забалансовым в пределах каждого опробованного сечения решался по всей мощности рудного тела - мощности метасоматических кварцитов. На участках, где в зальбандах жилы Магистральной вмещающие породы содержат золото выше бортового, контур рудного пересечения проводился по концам проб, показавшим содержание золота выше бортового.

Методика подсчета. Объемный вес руды, представленной кварцем с незначительным количеством сульфидов (до 1,0% в кварцитах и до 5-7% в кварце), принят равным 2,65 т/м³.

Выявление и учет проб с ураганными содержаниями производился по методике ГКЗ (Коган, 1974). По выработкам ограничивались пробы, метрограмм которых превышал 20%, а по блокам выявлялись пробы, метрограмм которых превышал суммарный метрограмм по блоку на 10-15%. Ограничение проведено только в одном случае (блок 12-C_1, орт 201). Содержание золота в блоке при этом снизилось на 14,5%. В остальных выработках высоких проб подлежащих ограничению, не выявлено.

Оконтуривание рудных тел по кондициям (Первый вариант подсчета). По этому варианту подсчета (согласно кондиций) в пределах жилы Магистральной выделено 7 блоков, из которых один блок по категории C_1; 6 - категории C_2; по жиле Старой выделено 2 блока категории C_1 и по жиле Ивановской оконтурено 3 блока, из которых 1 блок категории C_1 и 2 - категории C_2. Все запасы отнесены к балансовым.

97,7% балансовых запасов месторождения (21886,5 кг металла) категории C_1+C_2 сосредоточены в 7 блоках по жиле Магистральной.

Блок а-1-C_1 расположен между разведочными линиями 7 и 9,5. Сверху контур ограничен поверхностью, а нижний контур проходит в 25 м ниже подземных горных выработок (по падению жилы). Содержание золота в блоке составляет 3,8 г/т, мощность рудного тела - 6,2 м. Они рассчитаны по данным опробования канав и подземных горных выработок на горизонте +411 м, а также данных, полученных ранее при проходке штольни 1 и шахты 1.

Блок а-1-C_2 сверху ограничен контуром блока а-1-C_1, а снизу - горизонтом с абсолютной отметкой + 200 м. Расположен между разведочными линиями 6,0 и 9,5. Мощность рудного тела - 6,52 м и содержание золота - 3.3 г/т, рассчитаны, как среднее по горизонту подземных горных выработок и скважин, вскрывших рудное тело в контуре блока.

Блок а-2-C_2 расположен между разведочными линиями 9,5 и 11. Сверху блок ограничен частично поверхностью, а по рл.10 граница его проведена между поверхностью и горизонтом подземных горных выработок. Снизу блок оконтурен по результатам опробования скважин, что практически совпадает с горизонтом с абсолютной отметкой +200 м. С юга ограничен контуром блока а-1-C_2. Содержание золота - 3,8 г/т и мощность 7,14 м рассчитаны по канавам и скважинам в контуре блока.

Блок а-3-C_2 расположен между рл. 13 и 19. Сверху ограничен поверхностью, на глубине с севера и юга ограничен по пересечениям рудного тела в скважинах. Снизу ограничивается горизонтом +100 м, т.к. скважинами 203, 205 и 27 ниже горизонта +200 м в жиле выявлены промышленные руды. Содержание золота, равное 4,9 г/т, и мощность рудного тела - 4,23 м рассчитаны по данным опробования канав и скважин в контуре блока.

Блок а-4-C_2 расположен между рл.19 и 24. На поверхности с юго-запада и северо-востока ограничен по результатам опробования канав. Снизу ограничен промышленными пересечениями в скважинах и оконтурен на горизонте с абсолютной отметкой + 100 м. Содержание золота в блоке, равное 2,8 г/т, и мощность тела - 3,78 м рассчитаны по данным скважин и канав.

Блок а-5-C_2 расположен между рл. 10,5 и 16,0. Между рл. 14 и 16 сверху оконтурен на середине расстояния между поверхностью и горизонтом подземных выработок (+411 м). С юга ограничен контуром блока а-2-С2, с севера и снизу оконтурен по данным рудных пересечений в скважинах. Среднее содержание золота, равное 3,3 г/т, и средняя мощность рудного тела по блоку, равная 2,98 м, рассчитаны по пересечениям рудного тела в подземных горных выработках и скважинах.

Блок а-6-C_2 расположен между рл.24 и 26. Сверху ограничивается поверхностью, где в разрезе Варваринском промышленное содержание золота. По глубине ограничен по середине расстояния между поверхностью и пересечением жилы Магистральной в скважине 210. Содержание золота и мощность в блоке определены по данным опробования канав и разреза Варваринский.

Остальные блоки выделены в оперяющих кварцевых жилах . Несмотря на то, что они содержат всего 509,1 кг металла или 2,3% от общих по месторождению запасов категории C_1+C_2, среднее содержание золота в них составляет 19,0 г/т, что в 5 раз выше, чем среднее значение по месторождению (3,8 г/т).

Оконтуривание запасов по жиле Магистральной в ее геологических границах (Второй вариант подсчета). Дополнительно к основному варианту подсчета по жиле Магистральной проведен подсчет запасов в ее геологических границах. В контур блоков включены пересечения с содержанием золота более 1,0 г/т. Блоки с метрограммом 7,2 м. г/т и выше отнесены к балансовым рудам, блоки с метрограммом 3,0-7,2 м. г/т отнесены к забалансовым.

Блок 1-C_1 расположен между разведочными линиями 7 и 9,5. Сверху ограничен поверхностью, снизу контур проходит в 25 м ниже горизонта подземных горных выработок (по падению жилы Магистральной), по простиранию ограничен низкими содержаниями золота в горных выработках. Содержание золота в блоке, равное 2,4 г/т, и мощность - 10,79 м рассчитаны по всем выработкам, входящим в блок. Практически его контур совпадает с контуром блока а-1-C_1.

Блок 1-C_2 находится между р.л. 6 и 9,5. Его контур, в основном, соответствует контуру блока а-1-С2. Сверху ограничен контуром блока 1-C_1, а снизу горизонтом с абсолютной отметкой +200 м. Среднее содержание золота в блоке, равное 2,5 г/т, и мощность 9,86 м рассчитаны по выработкам, входящим в контур блока.

Прогнозные ресурсы

Прогнозные ресурсы категории P_1 определялись по жиле Магистральной и оперяющим жилам только на изученном отрезке месторождения от рл. 6,0 до 26,0. Прогнозные ресурсы определялись только по варианту оконтуривания рудных тел по бортовому содержанию золота без учета геологических границ.

Всеми пройденными на месторождении подземными горными выработками и скважинами установлена сплошность жилы Магистральной на этом участке месторождения. Ниже контура подсчета балансовых запасов категории C_2 до горизонта с абсолютной отметкой 0 м жила вскрыта единичными скважинами с промышленным содержанием золота. Поэтому прогнозные ресурсы категории P_1 до этого горизонта определяются с достаточной достоверностью.

По оперяющим кварцевым жилам, за исключением жил Старая и Ивановская, где подсчитаны запасы C_1+C_2, определены прогнозные ресурсы категории P_1. Эти жилы характеризуются неравномерным распределением металла, вскрыты одним-двумя пересечениями, поэтому наличие в них содержаний 1,0 г/т и более свидетельствует о присутствии в этих жилах промышленных скоплений металла и о необходимости определения по ним прогнозных ресурсов. На горизонте подземных выработок оперяющие жилы прослежены на расстояние 70 м. Поэтому при оценке прогнозных ресурсов их длина по простиранию и падению принята не более 70 м.

Краткая характеристика блоков прогнозных ресурсов по жиле Магистральной следующая.

Блок а-1-P_1 расположен между разведочными линиями 6 и 13. Сверху ограничен контуром категории C_2 - блоками а-1-C_2, а-2-C_2 и а-5-C_2. Снизу блок подвешен на 250 м (до горизонта -50 м). Содержание золота в блоке, равное 3,5 г/т, и мощность рудного тела - 5,55 м рассчитаны как средние из блоков, примыкающих сверху. В пределах блока жила вскрыта единичными скважинами с промышленными содержаниями золота.

Блок 1-P_1 опирается на рл. 24 на скважину 44, которая вскрыла вторую ветвь жилы Магистральной. Содержание золота (4,6 г/т) и мощность рудного тела (4,85) взяты по скважине 44.

Блок а-2-P_1 расположен между рл. 13 и 24. Сверху ограничен блоками а-3-C_2 и а-4-C_2. Снизу ограничен горизонтом -50 м. Содержание золота, равное 3,9 г/т, и мощность рудного тела - 4,0 м рассчитаны как среднее из блоков а-3-C_2 и а-4-C_2.

Блок а-3-P_1 расположен между блоками а-3-C_2 и а-4-C_2. На этом участке жила Магистральная скважинами не пересечена, так как находится в охранной зоне ЛЭП -110. Сверху блок ограничен поверхностью, снизу горизонтом +100 м, по простиранию с севера и юга - промышленными запасами (блоки а-3-C_2 и а-4-C_2). Среднее содержание металла и средняя мощность вычислены как средние значения по этим блокам.

Подсчет запасов с применением коэффициента рудоносности

Дополнительно по жиле Магистральной в ее геологических границах проведен подсчет запасов с применением коэффициента рудоносности. По этому варианту в качестве нижнего предела в пробе принято содержание золота 2,0 г/т, как наиболее близкое к минимально-промышленному при подсчете запасов по жиле Магистральной в ее геологических границах.

Коэффициент рудоносности определен для подсчетных блоков балансовых (1-C_1, 1-C_2, 2-C_2, 3-C_2) и забалансовых (4-C_2, 5-C_2, 6-C_2) руд, выделенных при подсчете запасов по жиле Магистральной в ее геологических границах.

Подсчетом установлено, что в во всех выделенных блоках (балансовых и забалансовых) запасы руды с содержанием золота более 2,0 г/т составляют 2485,0 тыс. т или 24,7% от всей массы метасоматических кварцитов в этих блоках, запасы золота - 20319,4 кг, что составляет 84,5% от суммы балансовых и забалансовых запасов категории C_2, подсчитанных в контуре жилы Магистральной, и на 6,6% они превышают подсчитанные по кондициям балансовые запасы золота категории C_1 и C_2 по жиле Магистральной.

Всего по месторождению руды с содержанием золота выше 2,0 г/т 2705,1 тыс.т, золота 21088,2 кг, среднее содержание металла - 7,8 г/т, средний коэффициент рудоносности по месторождению 0,19.

Результаты подсчета. Практически все подсчитанные запасы отнесены к балансовым (табл. 3.85). Только при подсчете запасов по варианту в геологических границах подсчитано 5003,9 кг металла при среднем 1,4 г/т, отнесенных к забалансовым.

При первом и втором вариантах подсчета основная часть всех запасов отнесена к запасами категории C_2. Запасы категории C_1 в жилах Магистральной, Ивановской, Старой и блоке 12-C_1 составляют при обоих вариантах подсчета соответственно 1258,1 кг и 1316,3 кг или 5,6 и 6,7% от общего количества запасов.

Несмотря на то, что количество руды по оперяющим

Таблица 3.85

Сводная таблица балансовых запасов и ресурсов месторождения Герфед (Палиенко и др., 1990 г.)

Категория запасов	Руда, тыс.т	Золото, кг	Содержание золота, г/т
Жила Магистральная (центральная часть)			
Категория C_1	(381,2)	(914,8)	(2,4)
	225,4	856,6	3,8
Категория C_2	(6030,6)	(18139,1)	(3,0)
	5668,6	21029,9	3,7
Итого C_1+C_2	(6411,8)	(19053,9)	(3,0)
	5894,0	21886,5	3,7
Прогнозные ресурсы категории P_1	6111,7	22435,1	3,7
Итого $C_1+C_2+P_1$	(12523,5)	(41489,0)	3,3
	12005,7	44321,6	3,7
Оперяющие кварцевые жилы			
Категория C_1	9,4	401,5	42,7
Категория C_2	17,4	107,6	6,2
Итого C_1+C_2	26,8	509,1	19,0
Прогнозные ресурсы категории P_1	1501,8	3685,6	2,4
Итого $C_1+C_2+P_1$	1528,6	4194,7	2,7
Месторождение в целом (жила Магистральная + оперяющие жилы)			
Категория C_1	(390,5)	(1316,3)	(3,4)
	234,8	1258,1	5,4
Категория C_2	(6048,1)	(18246,7)	(3,0)
Итого C_1+C_2	5686,0	21137,5	3,7
	(6438,6)	(19563,0)	(3,0)
	5920,7	22395,6	(3,8)
прогнозные ресурсы категории P1	7613,6	26120,7	3,4
Итого $C_1+C_2+P_1$	(14052,2)	(45683,7)	(3,3)
	13534,3	48516,3	3,6

Примечание. В скобках приведены результаты подсчета в геологических границах

жилам Ивановская и Старая составляют всего 4,0% (2,4%) от всего месторождения (табл. 3.86), содержание золота в запасах категории C_1 они увеличивают на 42% с 3,8 г/т до 5,4 г/т (и на 25% с 2,4 до 3,0 г/т).

В категории C_1 значительную долю (31,9%) составляют запасы по оперяющим жилам Старой и Ивановской.

Сравнение двух вариантов подсчета. Для жилы Магистральной при подсчете запасов в ее геологических границах при сопоставлении с подсчетом, проведенным по примененным кондициям, для категории C_2 запасы руды увеличились на 69%, а золота всего на 6,7%, мощность рудного тела увеличилась с 6,2 м до 10,79 м, содержание золота уменьшилось с 3,8 г/т до 2,4 г/т (табл. 3.87).

Таблица 3.86

Распределение запасов категории C_1 по всему месторождению

Тип жил	Руда, %	Золото, %	Содержание золота, г/т	Мощность, м
Магистральная жила	(97,6)	(69,5)	(2,4)	(3,0)
	96,0	68,1	3,8	5,4
Оперяющие жилы	(2,4)	(30,5)	(42,9)	-
	4,0	31,9	42,9	-

Таблица 3.87

Распределение балансовых запасов по жиле Магистральной

Категория запасов	Руда,%	Золото, %	Содержание золота, г/т	Мощность, м
Категория C_1	(5,9)	(4,8)	(2,4)	(10,79)
	3,9	3,9	3,8	6,2
Категория C_2	(94,1)	(95,2)	(3,0)	(10,17)
	96,1	96,1	3,7	4,7

Примечание. В скобках приведены данные подсчета по жиле Магистральной в ее геологических границах.

Для запасов категории C_2 средняя мощность рудного тела увеличилась с 4,7 до 10,17 м, содержание золота снизилось с 3,7 г/т до 2,4 г/т. За счет этого, а также за счет перехода части запасов (блоки 4-, 5- и 6-C_2) по содержанию в забалансовые, количество руды увеличилось на 6,3%, а запасы металла уменьшились с 21079,9 кг до 18139,1 кг.

Следует отметить, что протоколом технического совещания экспедиции «Сибзолоторазведка» от 17 сентября 1990г запасы приняты в авторских цифрах, полученных по варианту подсчета в геологических границах. Все запасы классифицированы по категории C_2.

Оценка прогнозных ресурсов золота

По результатам поисково-оценочных работ 1984-89 гг. (Палиенко Г.С. и др., 1989 г.) произведен подсчет запасов кат. C_1 и C_2 и прогнозных ресурсов кат. P_1 по северной половине ж. Магистральной и оперяющим (поперечным кварцевым жилам).

Отсутствие оценочных кондиций, технологических исследований руд, сведений о гидрогеологических и горно-геологических условиях отработки месторождения, указывают на то, что подсчитанные на месторождении запасы кат. C_1 не отвечают требованиям инструкции ГКЗ по классификации запасов и могут быть квалифицированы только как предварительно оцененные запасы кат. C_2, а запасы кат. C_2 по ж. Магистральной, как прогнозные ресурсы кат. P_1. Таким образом, запасы кат. C_1 по жилам Магистральной и кат. C_1+C_2 по оперяющим жилам квалифицируются, как запасы кат. C_2 в количестве 408 тыс.т руды и 1424 кг золота при среднем содержании 3,5 г/т.

Запасы кат. C_2 по ж. Магистральной до глубины 250 м (возможная глубина карьера) учитываются как ресурсы кат. P_1 в количестве 5562 тыс.т руды и 16914 кг золота при среднем содержании 3,0 г/т. Часть запасов кат. C_2, залегающих глубже 250 м, и прогнозные ресурсы до глубины 500 м оцениваются как ресурсы кат. P_2 для подземного способа отработки в количестве 6581,0 тыс.т руды и 23660 т золота, при среднем содержании 3,6 г/т.

Прогнозные ресурсы кат. P_1 по оперяющим (поперечным) кварцевым жилам в количестве 1502 тыс.т руды и 3686 кг золота учитываются как ресурсы кат. P_2, в том числе: для открытого способа отработки - 977 тыс.т руды и 2345 кг золота, для подземного способа отработки - 525 тыс.т руды и 1341 кг золота. Всего по результатам работ 1984-89 гг. количество подсчитанных запасов и ресурсов кат. $C_2+P_1+P_2$ составляет 14053 тыс.т руды и 45684 кг золота, в том числе:

- для открытого способа отработки: 6948 тыс.т руды и 20683 кг (2,98 г/т);
- для подземного способа отработки: 7106 тыс.т руды и 25001 золота (3,52 г/т).

По южной части ж. Магистральной прогнозные ресурсы были оценены Зоновым В.А. (1976 г) до глубины 400 м по пяти, выделенным им на протяжении 2,3 км, рудным столбам, разделенным пережимами и слабо золотоносными участками жилы, длиной от 60 до 200 м. Самый южный рудный столб отделен от остальных безрудным интервалом в 1080 м. Подсчет прогнозных ресурсов выполнен в контурах рудных столбов без применения определенных кондиций, но при бортовом содержании по выработке 2 г/т. Ресурсы южной части ж. Магистральной оценены Зоновым В.А, в количестве 3215,91 тыс.т руды и 35072 кг золота со средним содержанием 10,9 г/т. Данная оценка представляется завышенной по следующим причинам:

1. Подсчет ресурсов золота в 1-ом, самом южном, рудном столбе до глубины 400 м не обоснован, так как опирается на единственное сечение канавой, расстояние до которой от ближайшего рудного пересечения превышает 1000 м.

2. Среднее содержание золота в остальных четырех рудных столбах, равное 11,2 г/т, определено без ограничения выдающихся проб. Из 25 сечений, участвующих в расчете среднего содержания золота, с суммарным метрограммом 636,2, сумма метро-граммов по трем выдающимся сечениям составляет 354,5 или 55,7%. В результате ограничения, выполненного по методике ГКЗ, среднее содержание золота снижается до 5,9 г/т.

3. Объемный вес руды принят равным 2,7 т/м³ без обоснования. По аналогии с рудами Васильевского месторождения он принимается равным 2,65 т/м³.

Ниже приводится корректировка прогнозных ресурсов южной части ж. Магистральной с учетом объемного веса руды - 2,65 т/м³ и среднего содержания золота 5,9 г/т. Ресурсы золота в количестве 1790 кг по рудному столбу 1 исключаются, как слабо обоснованные. Общий объем руды, подсчитанный В.А. Зоновым в контурах рудных столбов 2-5, равен 1120,8 тыс.м³. Количество руды будет равно: 1120,8 х 2,65 = 2970 тыс.т, количество золота при содержании 5,9 г/т, составит 17550 кг. По степени достоверности оцененные ресурсы золота могут быть отнесены к кат. P_1. По условиям залегания рудного тела (средняя мощность 2,85 м, глубина залегания 100 м, перерывы между рудными столбами до 200 м) предполагается подземный способ отработки.

В целом, по месторождению Герфед запасы и прогнозные ресурсы, рекомендуемые к учету на 01.01.2003 г. приведены в табл. 3.88.

Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки

Удельный вес руды месторождения Герфед при подсчете ресурсов (Зонов и др., 1976 г.) и запасов (Палиенко и др., 1990 г.) принимался соответственно 2,7 и 2,65 т/м³. При разведке Николаевского месторождения удельный вес, принятый на основании 544 определений в лабораторных условиях, был равен 2,72 т/м³, а по трем целиковым пробам он достиг 2,78 т/м³.

Коэффициент разрыхления руды Николаевского месторождения равен 1,67.

Кусковатость руды приведена в таблице 3.89.

Влажность руды небольшая и составляет 0,16%.

Гидрогеологические условия отработки. Несмотря на то, что поисковые и поисково-оценочные работы на месторождении Герфед сопровождались простейшими гидрогеологическими исследованиями (замеры уровня воды в скважинах, наблюдения за водопритоками в подземных горных выработках) разделы по гидрогеологическим особенностям месторождения в отчетах по этим работам отсутствуют.

В обводнении горных выработок при разработке месторождения Герфед будут участвовать воды четвертичных отложений, грунтово-трещинные, трещинно-жильные воды и воды р. Бол.Мурожной в районе разведочных линий 6,0-4,0. В случае вовлечения в эксплуатацию этой части месторождения изоляция поверхностного водотока - р. Бол. Мурожной необходима при любом способе отработки месторождения: открытом и подземном.

Из подземных вод на этом интервале основной водоприток будут создавать воды четвертичных отложений. Они занимают самое верхнее положение и вместе с грунтово-трещинными водами зоны выветривания пород образуют единый водоносный горизонт.

Грунтово-трещинные воды распространены на площади месторождения повсеместно и приурочены к верхней трещиноватой зоне грубораспланцованных метаэффузивов пенченгинской свиты и сильно трещиноватых, листоватых филлитов кординской свиты. При этом в силу различной степени трещиноватости водообильность, коэффициенты фильтрации и удельные дебиты пород висячего крыла месторождения больше, чем лежачего.

Таблица 3.88

Состояние запасов и ресурсов золота месторождения Герфед (на 01.01.2003 г.)

Наименование рудных тел	Вид отработки	Глубина оценки, м	Среднее содержание золота в запасах и ресурсах, г/т			Запасы и ресурсы руды, млн.т / Золота, т		
			C_2	P_1	P_2	C_2	P_1	P_2
Месторождение Герфед, всего:		500	3,5	4,0	3,4	0,41 / 1,4	8,53 / 34,5	8,08 / 27,3
в том числе:	открытый	250	3,5	3,0	2,4	0,41 / 1,4	5,56 / 16,9	0,98 / 2,3
	подземный	500	—	5,9	3,5		2,97 / 17,6	7,11 / 25,0
1. Жила Магистральная, всего		500	2,4	4,0	3,6	0,38 / 0,9	8,53 / 34,5	6,58 / 23,7
в том числе:	открытый	250	2,4	3,0		0,38 / 0,9	5,56 / 16,9	—
	подземный	500	—	5,9	3,6	—	2,97 / 17,6	6,58 / 23,7
2. Кварцевые жилы оперяющие всего:		500						
в том числе:	открытый	250	19,0	—	2,4	0,27 / 0,5	—	0,98 / 2,3
	подземный	500	—	—	2,4	—	—	0,52 / 1,3

Таблица 3.89

Кусковатость руды Николаевского месторождения

Размер фракции, мм	<10	10-25	25-50	50-75	75-100	100	Σ
%	21	16	29	8	10	16	100

Трещинно-жильные воды, как правило, напорные. При их вскрытии происходит резкое увеличение водопритока в выработки, либо катастрофическое поглощение промывочной жидкости в скважине, но со временем (от первых часов до пяти месяцев) водоприток и поглощение, как правило, исчезают. Это свидетельствует об отсутствии гидравлической связи трещинно-жильных вод с другими водоносными комплексами, а собственные их запасы ограничены. Если связь существует, например с водами четвертичных отложений, то водоприток во времени не уменьшается. Для его ликвидации требуются специальные мероприятия.

Таким образом, по аналогии с Николаевским месторождением можно предположить, что основной прирост водопритока в выработки будет происходить лишь в зоне коры выветривания, после проходки которой он стабилизируется. Объем водопритока будет зависеть от способа отработки и объема выработок.

Основные черты генезиса

Вопрос генезиса месторождения Герфед сводится практически к вопросу происхождения жилы Магистральной.

Большинство исследователей (А.К. Мейстер, В.А. Обручев, Н.Н. Горностаев, Н.В. Петровская, П.С. Бернштейн и другие) не отличают оруденение месторождения Герфед от обычных гидротермальных жильных образований, но вместе с тем подчеркивают, как отличительную особенность, его метасоматическую природу.

По мнению Б.Е. Шелехова (1975 г., стр. 97), жила Магистральная и другие жилы являются «типичными жильными образованиями». В пользу этого, на его взгляд, говорят резкие контакты жил с вмещающими породами, последние изменены слабо, а также четковидное, иногда кулисообразное их строение. Жилу Николаевскую он отнес «к постмагматическим среднетемпературным гидротермальным месторождениям с простой формой рудного тела - жилой выполнения» (Шелехов и др., 1965 г.; стр. 142).

Остальные исследователи также признают метасоматическую природу жилы Магистральной. Некоторым различием в их взглядах является предполагаемый материал, по которому образовывались метасоматиты, да применяемая терминология, подчеркивающая в общих чертах общность взглядов.

Ф.П. Кренделев и А.Г. Лучко (1970) считали, что жилы Магистральная и Николаевская являются типичными пластовыми телами олигомиктового состава и являются аналогами сульфидных докембрийских конгломератов Витватерсранда, выполняя зону стратиграфического несогласия между пенченгинской и кординской свитами. А.М. Сазонов (Палиенко и др., 1990 г.) рассматривал Магистральную жилу как тело первично-осадочных кварцевых песчаников, на которое наложилась гидротермальная рудная минерализация. Л.В. Ли, Г.Н. Бровков, Г.П. Круглов, а также, О.И. Шохина (1993 г.) утверждают, что жилы являются плитообразными метасоматическими телами, образовавшимися по вмещающим осадочно-метаморфическим и вулканогенным породам, на которые в пределах отдельных участков со стороны лежачего бока наложилась золото-кварцевая минерализация.

Формирование рудных тел на месторождении происходило в четыре стадии минерализации, разделенные довольно крупными интерминерализационными подвижками. Каждая стадия характеризуется специфическими минеральными ассоциациями, отражающими изменения химического состава растворов и физико-химических условий рудоотложения.

Пирит-кварцевая стадия минерализации. В эту стадию кристаллизовались кварц и, в небольших количествах, серицит, хлорит, альбит, графит, магнетит, ильменит, рутил и пирит. Кварц мелко-среднезернистый, от белого до темно-серого содержит включения вышеперечисленных минералов.

Пирит-кварцевая минеральная ассоциация составляет по объему около 65% руды. Характеризуется пространственной обособленностью. Область ее распространения ограничивается, по существу, только Магистральной жилой. В оперяющих жилах она имеет ограниченное распространение. Кварц пирит-кварцевой стадии минерализации сохраняет мелкие угловатые «тени» обломков раздробленных пород в виде углистых скоплений и пелитовой «пыли» (Петровская, 1956). Иногда в пределах жилы наблюдаются реликты текстур осадочных пород в виде косой слоистости или полосчатости, образованной или подчеркнутой прослойками частиц алевритовой размерности, сульфидами или слойками разнозернистых песчаников; «теням» прослоев сланцев, аргиллитов и других тонкочешуйчатых пород, «теням» галек в лежачем боку жилы (Кренделев и др., 1970).

Кроме реликтовых структур осадочных пород рудам жилы Магистральной присущи вкрапленная, очковая, пятнистая, полосчатая и плойчатая текстуры. В местах перегиба жилы, на участках развития оперяющих субширотных жил и прожилков более позднего возраста возникают типичные брекчиевые, прожилковые и петельчатые текстуры. Текстурные особенности руд осложнены большим количеством межпластовых подвижек, часто с зеркалами скольжения. Основными структурами руд пирит-кварцевой стадии минерализации являются зернистые, метазернистые и коррозионные.

Пирит-марказит-кварцевая стадия минерализации. В эту стадию отлагались, главным образом, кварц, арсенопирит, пирит, в небольших количествах серицит, хлорит, пирротин, халькопирит и самородное золото. Кварц серый, нередко полупрозрачный, от мелко- до крупнозернистого, местами катаклазированный. Для данной ассоциации характерен также молочно-белый крупнозернистый кварц, наблюдающийся в виде гнездообразных скоплений, полос и линз среди агрегатов серого кварца. Мусковит и хлорит обычно развиты в виде полос в зальбандах прожилков описываемой стадии минерализации. Сульфиды наблюдаются в виде вкрапленности, полос, линз, разнообразных по форме и размерам пятнообразных скоплений. Главными из них являются пирит и арсенопирит, на долю которых приходится соответственно 6 и 3% объема образований стадии. Под микроскопом выявляются пирротин и халькопирит. Минеральные образования этой стадии распространены как в метасоматических кварцитах, так и оперяющих кварцевых жилах.

В рудах этой стадии минерализации широко развиты вкрапленные, пятнистые, очковые, полосчатые, брекчиевые и петельчатые текстуры. Наиболее распространенные структуры - зернистая, коррозионная и катакластическая.

Пирротин-полиметаллическая стадия минерализации. В эту стадию кристаллизовались, в основном, сидерит и пирротин, в подчиненном количестве - кальцит, серицит, пирит, сфалерит, халькопирит, галенит и самородное золото. Кварц от серого до белого, иногда полупрозрачный, от мелко- до крупнозернистого, местами катаклазированный. Сидерит и кальцит отлагались в заключительный период стадии и наблюдаются в виде неправильных гнезд в призальбандовых частях жил. В эту стадию образовалось также значительное количество рудных минералов, главным образом, пирротина, постоянными спутниками которого являются пирит, сфалерит, халькопирит и галенит. Формирование пирротин-полиметаллической ассоциации происходило в тектонически активной обстановке. Вначале кристаллизовались, в основном, кварц и пирротин, затем кварц и пирит, в конце стадии - кварц, карбонаты, сфалерит, халькопирит, галенит. Особенности пространственного распределения аналогичны таковым предыдущей пирит-арсенопирит-кварцевой минеральной ассоциации.

Неоднократные тектонические подвижки, наряду с зернистой, коррозионной структурами, предопределили широкое развитие брекчиевых, полосчатых, петельчатых и прожилковых структур. Наиболее распространенными текстурами являются вкрапленная, очковая и пятнистая.

Карбонатная стадия минерализации. Представлена кальцитом, кварцем, хлоритом, гидрослюдой, флюоритом и пиритом. Эти минералы образуют два типа выделений - прожилки и жеоды. Прожилки, чаще всего, сложены кальцитом. В полиминеральных прожилках краевые части сложены гребенчатым кварцем, хлоритом и гидрослюдой, а центральные - кальцитом, пиритом, редко флюоритом. В жеодах наблюдаются друзы прозрачного кварца, хлорит, кристаллы кальцита и пирита. Строение их однотипное. В краевых частях жеод всегда наблюдается кварц, затем следует хлорит и кальцит и, наконец, пирит.

Образования рассматриваемой ассоциации распространены повсеместно, в том числе и во вмещающих породах. Однако наибольшую частоту встречаемости они имеют в пределах кварцевых жил. В рудах описываемой стадии широко развиты друзовая, вкрапленная, жеодовая и полосчатая текстуры. Структура руд кристаллически-зернистая.

По степени золотоносности стадии минерализации неравнозначны.

Минеральная ассоциация первой стадии минерализации является, практически, не золотоносной. В пирит-кварцевой ассоциации, которая слагает жилу Магистральную, золото встречается редко и является наиболее поздним продуктом. Видимое золото отмечается, в основном, только на участках развития более поздних ассоциаций.

В рудах пирит-кварцевой стадии минерализации золото обнаружено спектрохимическим анализом в 25 пробах из 35 в количестве от 0,003 до 3,0 г/т. Среднее содержание золота с учетом всех проб составляет 0,19 г/т.

С минеральной ассоциацией второй стадии минералообразования связаны максимальные концентрации золота: от 0,003 - 3,0 г/т (среднее 0,42 г/т). С рудами этой стадии связано 38,7% количества золота.

Золотоносность пирротин-полиметаллической ассоциации слабая. Содержание золота в рудах изменяется от 0,003 до 3,0 г/т при среднем 0,11 г/т, что обеспечивает 2,8% его общего количества по месторождению.

Среднее содержание золота в рудах карбонатной стадии составляет 0,23 г/т (от 0,003 до 3,0 г/т). На долю этих руд приходится 6,7% общих запасов золота. По-видимому, золотоносность этой стадии обусловлена переотложением золота из минеральных ассоциаций более ранних стадий минерализации.

Факторы и критерии локализации золотого оруденения

Наиболее существенными факторами и критериями локализации оруденения принято считать литолого-стратиграфические, структурно-тектонические, магматические и метаморфические.

Литолого-стратиграфические. Как основная жила Магистральная так и многочисленные мелкие жилы Герфедско-Николаевского рудного поля локализованы среди образований пенченгинской свиты и приурочены, как правило, к непосредственному контакту подстилающих метаэффузивов и перекрывающих углисто-глинистых сланцев. Это однозначно выдвигает литолого-стратиграфический фактор контроля оруденения для этой части территории в число наиболее важных. Ориентировка большей части жил совпадает с ориентировкой вмещающих пород. Вопрос, является ли это результатом выполнения полостей межслоевых разрывов, либо метасоматического преобразования линз и прослоев пород определенного состава остается пока открытым. В метаэффузивах пенченгинского уровня широким развитием пользуются также и послойные зоны золото-сульфидной минерализации, характеризующиеся низкими содержаниями металла, но значительными масштабами. По количеству золота этот тип оруденения является, по-видимому, лидером. Пенченгинский литолого-стратиграфический уровень являлся благоприятным и для образования кор выветривания, в том числе, золотоносных. В вышележащих, существенно сланцевых, толщах сухопитской серии преимущественным развитием пользуется золото-кварцевый тип оруденения (штокверки и жильный подтипы), золото-сульфидный распространен ограниченно.

Структурно-тектонические факторы. Некоторые геологи (Круглов, Ли, Бровков, 1998) считают, что структурная позиция Герфедского и Николаевского месторождений контролируются S-образным изгибом разлома Мейстера, имеющего, в целом, субмеридиональную ориентировку. В условиях правосдвиговых движений произошло приоткрытие участков разлома, имеющих только юго-западное (190-220°) простирание. Эти изгибы представляют собой зоны дилатации (локального растяжения), которые при резком падении давления вызывали приток гидротерм.

Магматические факторы определяются присутствием в 7 км западнее месторождения Татарского гранитоидного массива. Долгое время его считали даже источником золота при формировании месторождений Партизанского рудного узла. Вокруг Татарского массива имеется вещественная, в том числе минералогическая зональность. Является ли это результатом воздействия массива или это отражение концентрического строения Татарской куполовидной структуры, пока однозначно не установлено.

Тем не менее, вблизи всех известных рудных полей, в том числе, отдаленных, потенциально-перспективных, по комплексу геолого-геофизических признаков на глубине предполагают наличие слепых гранитных массивов.

Метаморфические факторы являются наименее изученными. В районе выделяют региональный, контактовый и динамотермальный метаморфизм. Мы не располагаем фактами, что этот или иной тип оруденения связан конкретно с тем или иным метаморфизмом. Подчеркнем, что месторождение приурочено к породам метаморфизованным в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Кроме благоприятных факторов, указывающих на возможное присутствие золотого оруденение, в практике геологоразведочных работ широко использовались критерии и признаки, которые прямо или косвенно, но более определенно указывали на развитие золоторудной минерализации. Применительно к площади Герфедско-Николаевского рудного поля к их числу можно отнести следующие :

- наличие жилы Магистральной;
- наличие промышленных содержаний золота в ней;
- развитие оперяющих кварцевых жил с высокими содержаниями металла, установленные опробованием либо

по старым эксплуатационным выработкам;

- присутствие сульфидной минерализации в жиле Магистральной и оперяющих кварцевых жилах;
- развитие зон окварцевания и сульфидной минерализации в измененных эффузивах лежачего бока жилы Магистральной;
- наличие свалов кварца и метасоматически измененных пород, содержащих золото;
- благоприятные геофизические признаки, к числу которых относятся пониженная радиоактивность и повышенное сопротивление над кварцевыми жилами, повышенное значение естественного поля над зонами сульфидной минерализации;
- аномалии золота во вторичных ореолах рассеяния.

Месторождение Герфед относится к золото-кварцевому малосульфидному типу и представлено жилой Магистральной с системой оперяющих секущих кварцевых жил в лежачем боку. Имеющийся материал свидетельствует в пользу гидротермально-метасоматического происхождения жилы Магистральной. В плоскости жилы Магистральной оперяющие жилы распределены неравномерно: они либо отсутствуют, либо образуют скопления, названные рудными столбами. Причины появления столбов и характер их распределения однозначно не установлены. Предполагаются, в основном, две причины. Первая связана с волнообразной складчатостью жилы Магистральной в продольной плоскости, когда возникали зоны растяжения и сжатия и, следовательно, перераспределением кремнезема. Вторая вызвана зонами разрывных структур северо-западного простирания, которые пересекают месторождение Герфед и, вероятно, прослеживаются далеко за его пределы. Не исключено, что на продолжении таких зон расположены также большая часть известных проявлений и рудных скоплений как западнее месторождения, так и восточнее.

В центральной части месторождения (между р.л. 6,0 - р.л. 27,0) жила Магистральная на протяжении 2000 м является сплошным рудным телом, пригодным для отработки открытым способом. В южной ее части на протяжении 430 м до глубины 50 м выявлены запасы категории C_1, ниже которых до глубины 240 м подсчитаны запасы категории C_2 и далее на север-восток по жиле Магистральной окон-турены запасы только категории C_2. Одновременно окон-турены запасы категории C_1 и C_2 в оперяющих кварцевых жилах Ивановской, Старой и Пирротиновой.

Суммарные запасы месторождения (ж. Магистральная + оперяющие жилы) категории C_1+C_2 составляют 22,4 т при среднем содержании 3,8 г/т. Прогнозные ресурсы категории P_1 оценены в 48,5 т при среднем 3,6 г/т.

Месторождение Герфед при мощности с оперяющими жилами в 30-50 м характеризуется значительной протяженностью по простиранию. Непосредственно месторождением считается отрезок длиной порядка 5,0 км (от реки Талая на юге до разреза Варваринского на севере), при этом сплошность рудного тела подтверждена на отрезке длиной не менее 2,0 км, в том числе штольней - 1100 м. Максимальная глубина, на которой подсечены метасоматические кварциты, составляет 471,5-473.5 м, оперяющие кварцевые жилы - 471,5-475,6 м, золоторудная минерализация - 482,4-485,9 м. Явных признаков выклинивания этих образований с глубиной не установлено.

Учитывая свойство соизмеримости параметров кварцевых жил (размеров по простиранию и падению), можно предположить, что золотоносная жила Магистральная или ее аналоги вместе с оперяющими секущими жилами прослеживаются до глубины не менее 3,0 км.

Имеющиеся факты позволяют предположить, что жила Магистральная в Герфедско-Николаевском рудном поле является не единственным объектом. Аналогичные жилы пользуются, по-видимому, более широким распространением. Не исключено, что значительная часть выявленных ранее в пределах рудного поля кварцевых жил, особенно субсогласных с вмещающими породами, относятся к метасоматическим кварцитам. Наложенные интенсивные процессы метаморфизма и выветривания затруднили их точную идентификацию. Большим объемом пройденных подземных выработок типичные гидротермальные жилы вскрыты только в лежачем боку жилы Магистральной. Они имеют секущую по отношению к вмещающим породам северо-западную ориентировку и явные признаки образования, путем выполнения открытых полостей и трещин.

Жила Магистральная в своей центральной части на всех разведочных линиях имеет выход на поверхность. В северной части месторождения появляются отрезки, либо участки, где жила на поверхность не выходит, но подсекается скважинами на глубине. Факты подобного слепого залегания жилы свидетельствуют о том, что отрицательные результаты поисков оруденения герфедского типа на поверхности не должны являться препятствием для продолжения поисков на глубине. В более широком плане этот вывод подтверждается появлением на северном продолжении месторождения Герфед жил Дорожная, Верхне-Боровая, Николаевская и других, участки между которыми на глубину не изучались.

3.1.4.2. Золото-кварц-сульфидная формация

Месторождение Бабушкина Гора

Месторождение Бабушкина Гора расположено на водоразделе рр. Бол.Шалакит, Мамон и Бол.Пескина, левых притоков р. Удерей в пределах Петропавловской рудной зоны Партизанского рудного узла (рис. 3.75).

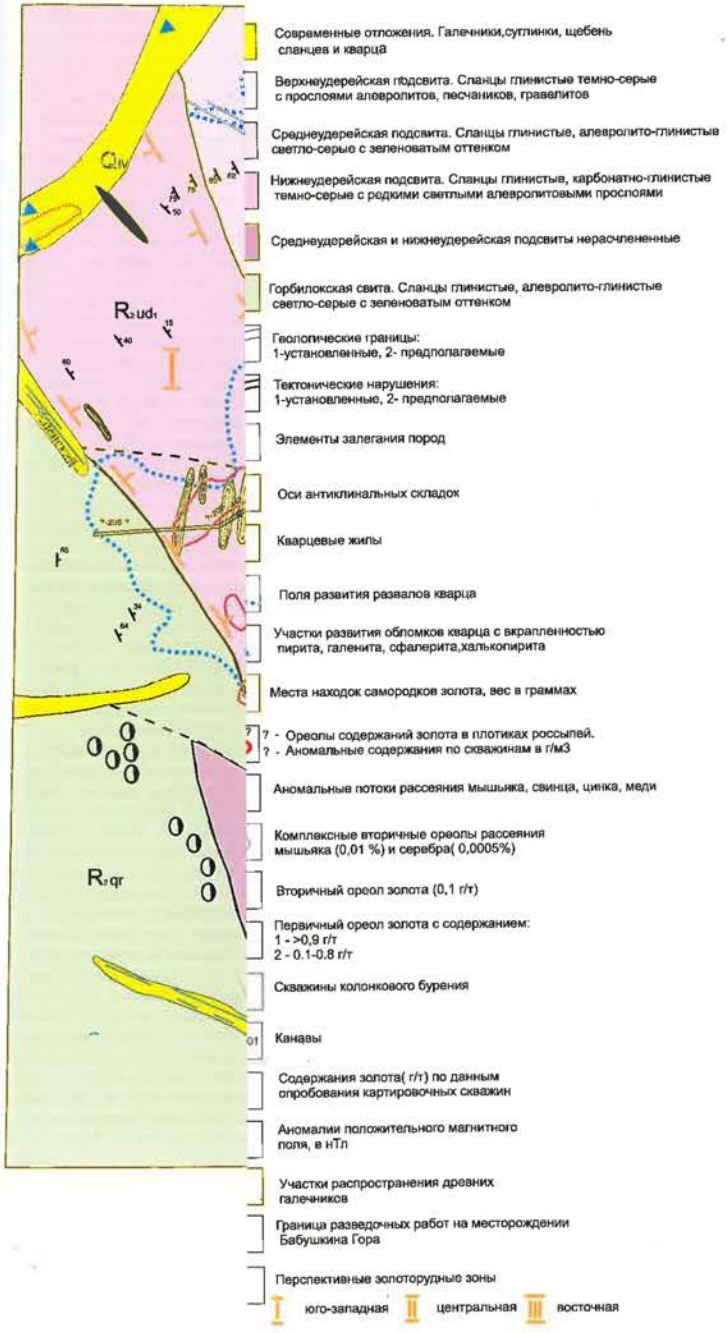
На площади месторождения с 1839 по 1927 гг. отработаны богатейшие россыпи золота в долине р. Бол.Пескина (17,6 т), руч. Алексеевский (2,7 т), руч. Бабушкин(3,0- т), руч. Шилка, левом притоке р. Шалакит (4,0 т). Итого - 27,3 т. Золото высокопробное (920), крупное неокатанное. Встречались самородки весом от 10-180 до 305 г. Сростки золота с кварцем не отмечались, но зато часто встречались золотины в лимонитовой рубашке. В плотике россыпей характерно наличие повышенных концентраций золота - от 2,0 до 18,7 г/м³. Первые золотоносные кварцевые жилы были обнаружены в 1886-1901 гг. Поиски кварцевых жил продолжались до 1947-1949 гг., когда В.К. Ермаков и Б.Т. Корниенко сделали вывод о золотоносности не только кварцевых жил, но и вмещающих пород.

В 1960 г. В.М.Ивановым проведены комплексные геолого-геофизические исследования. Были выделены ореолы "золотоносных штокверковых зон прожилкования и пиритизации сланцев". Дальнейшие поисковые работы (Шелехов, 1960-1968 гг.; Михеев, 1969 г.) подтвердили наличие золотоносных сланцев, но конкретных золотоносных зон выделено не было, так как поиски были ориентированы на кварцевые жилы.

В 1974-1979 гг. проводили работы В.С. Власов, В.В. Бобыкин (1976 г.), А.Г. Ковшиков (1977 г.), Г.А. Середенко (1979 г.), по результатам работ выявлено месторождение Бабушкина Гора.

В 1978-85 гг. на площади месторождения и флангах выполнялись детальные поиски (В.С. Власов и др., 1985 г.). Месторождение с поверхности изучено канавами через 50-100 м, на глубину 30-50 м подземными горными выработками (штольня), на глубину до 300 м скважинами колонкового бурения. Фланги месторождения на глубину 250-300 м оценены по одиночным профилям скважинами колонкового бурения.

Условные обозначения



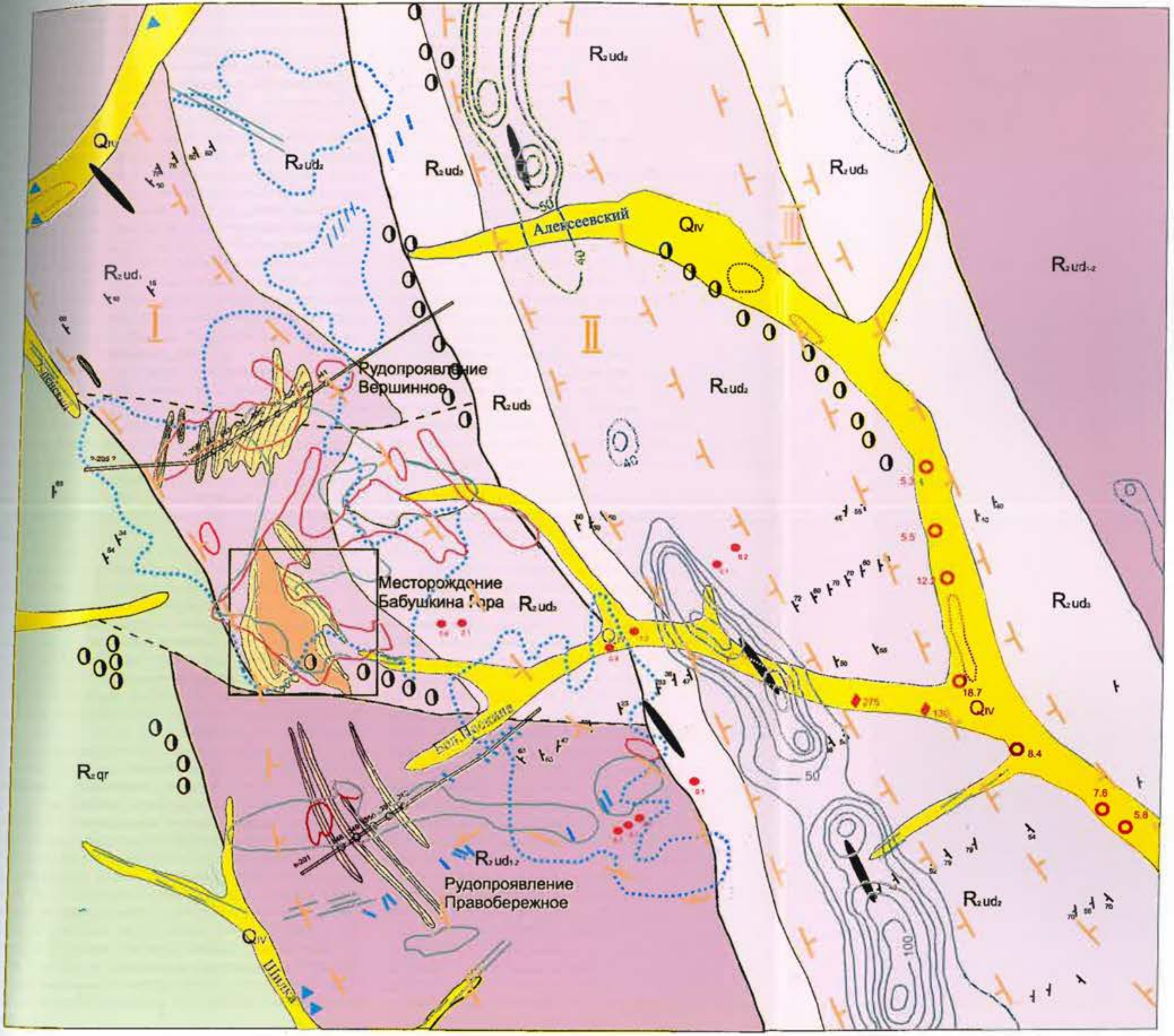


Рис. 3.75. Геологическая карта рудного поля месторождения Бабушкина Гора. Масштаб 1 : 25 000
(Составил В.Е. Бабушкин, по материалам геологоразвдочных работ Ангарской ГРЭ)

Условные обозначения

- Q_{IV} — Современные отложения. Галечники, суглинки, щебень сланцев и кварца
- R_2ud_3 — Верхнеудерейская подсвита. Сланцы глинистые темно-серые с прослоями алевролитов, песчаников, гравелитов
- R_2ud_2 — Среднеудерейская подсвита. Сланцы глинистые, алевролито-глинистые светло-серые с зеленоватым оттенком
- R_2ud_1 — Нижнеудерейская подсвита. Сланцы глинистые, карбонатно-глинистые темно-серые с редкими светлыми алевролитовыми прослоями
- R_2ud_{1-2} — Среднеудерейская и нижнеудерейская подсвиты нерасчлененные
- R_2qr — Горбилокская свита. Сланцы глинистые, алевролито-глинистые светло-серые с зеленоватым оттенком
- Геологические границы: 1-установленные, 2- предполагаемые
- Тектонические нарушения: 1-установленные, 2- предполагаемые
- Элементы залегания пород
- Оси антиклинальных складок
- Кварцевые жилы
- Поля развития развалов кварца
- Участки развития обломков кварца с вкрапленностью пирита, галенита, сфалерита, халькопирита
- Места находок самородков золота, вес в граммах
- ? - Ореолы содержаний золота в плотиках россыпей. ? - Аномальные содержания по скважинам в г/м3
- As — Аномальные потоки рассеяния мышьяка, свинца, цинка, меди
- Комплексные вторичные ореолы рассеяния мышьяка (0,01 %) и серебра(0,0005%)
- Au — Вторичный ореол золота (0,1 г/т)
- Первичный ореол золота с содержанием: 1 - >0,9 г/т 2 - 0.1-0.8 г/т
- 250 — Скважины колонкового бурения
- к - 201 — Канавы
- Содержания золота(г/т) по данным опробования картировочных скважин
- Аномалии положительного магнитного поля, в нТл
- Участки распространения древних галечников
- Граница разведочных работ на месторождении Бабушкина Гора
- Перспективные золоторудные зоны: I юго-западная, II центральная, III восточная

по стар
- г
Магист
- р
лизаци
Магист
- н
ных по
- б
торых
ное со
значен
нерали
- а
Ме
му мат
ральнс
лежаче
пользу
жилы I
оперяк
отсутст
ми сто
распре
ются, в
разной
плоско
следов
вызван
стиран
вероят
ключен
же бол
ний ка
В ц
р.л. 27
ляется
ки откр
430 м д
которы
C_2 и да
турень
турень
жилах
Су
+ опер
при ср
тегори
Ме
ми жил
тяженн
дением
Талая
этом с
длиной
Максим
тически
кварце
зация -
образо
Уч
цевых
предпо
ее ана
слежив
Им
Магист

Рудное поле месторождения Бабушкина гора приурочено к зоне Пенченгинско-Рыбинского глубинного разлома, сопровождающегося зонами интенсивной трещиноватости и рассланцевания пород. На площади отмечаются зоны поздней северо-восточной трещиноватости, которой подчинена система тонких кварцевых жил.

Рудное поле сложено отложениями удерейской свиты, расчлененной на три подсвиты. Рудовмещающими являются первая и вторая подсвиты, которые на юго-западном и восточном флангах не расчленены. В нижней подсвите преобладают сланцы глинистые, карбонатно-глинистые темно-серые; в средней - сланцы глинистые, алевролито-глинистые; в верхней - сланцы с прослоями алевролитов, песчаников, гравелитов. Породы нижнеудерейской подсвиты, расчленены на три пачки. Нижняя пачка представлена филлитами темно-серыми слоистыми и неяснослоистыми кварц-серицитовыми слабокарбонатными. Во второй пачке преобладают сланцы алевритовые, алевритo-глинистые светло-серые, темно-серые кварц-серицитовые. Для третьей пачки характерны филлиты темно-серые, черные кварц-серицитовые и серицитовые с прослоями алевритовых светло-серых сланцев. В некоторых образцах филлитов отмечается порфиробластовая вкрапленность биотита.

Рудоносная зона в морфологическом отношении представляет собой кварцево-жильный штокверк, приуроченный к зоне рассланцевания северо-восточного простирания, разделенный субширотными разломами. По степени изученности и пространственному положению можно выделить три рудных участка: собственно месторождение Бабушкина гора, севернее - рудопроявление Вершинное, южнее - рудопроявление Правобережное.

Рудные тела представлены зонами прожилкования и сульфидизации протяженностью по простиранию от 60 до 555 м, по падению от 15 до 155 м (рис. 3.76, 3.77). Выявлено 20 рудных тел мощностью от 3,5 до 40,0 м с содержанием золота от 3,7 до 9,7 г/т. В центральной части рудные тела имеют северо-восточное падение под углом 50-60°, в северной части- пологое северо-восточное. По вещественному составу выделяются золото-кварцевые и золото-сульфидные руды. Золото-кварцевые руды выявлены в центральной и северной частях месторождения и представлены серыми филлитами, пронизанными сетью кварцевых жил и прожилков. Содержание сульфидов в них не превышает 0,1-3,0%. Золото-сульфидные руды характерны для рудопроявления Правобережного и представлены филлитами с послойно-вкрапленной сульфидной минерализацией, состоящей, в основном, из пирита и арсенопирита. Содержание сульфидов достигает 13,0%.

Наложенная сульфидная минерализация представлена относительно равномерной вкрапленностью зональных кристаллов полигонального пирита и реже мелких кристаллов арсенопирита. В кварцево-серицитовой основной массе очень четко проявлен кливаж, причем трещины кливажа нередко сопровождаются сгустками углистого вещества. За пределами рудных тел в сланцах иногда отмечается густая порфиробластическая вкрапленность карбонатов.

Наложенная сульфидизация фиксирует процесс рудного гидротермального метасоматоза, для которого характерно поступление в систему углекислоты, серы, мышьяка, золота.

В золото-кварцевых рудах золото свободное с размерами частиц от пылевидных (0,0001 мм) до мелких (3,0 мм), прожилковой, дендритовидной, комковатой, ажурной форм. В золото-сульфидных рудах золото находится в тесной ассоциации с пиритом, и в меньшей степени, с арсенопиритом. Размеры золотин изменяются от 1-7 мкр до 0,3 мм. Содержание золота колеблется от "следов" до 94,0 г/т. Пробность золота составляет 790-980. С поверхности вмещающие породы и руды окислены до глубины 20-40 м.

Балансовые запасы золота по собственно месторождению Бабушкина гора по категории C_2 - 17401 кг при среднем содержании 3,7 г/т, забалансовые C_2 - 1589 кг при содержании 1,7 г/т, прогнозные ресурсы P_1 - 4082 кг при содержании 3,6 г/т. Итого - 23072 кг. По рудопроявлению Вершинное прогнозные ресурсы P_2 - 7764 кг при содержании 2,2 г/т. По рудопроявлению Правобережному оценены прогнозные ресурсы по категории P_2 - 11550 кг при содержании 3,0 г/т. Всего ресурсный потенциал по рудному полю составил 42386 кг.

Перспективы месторождения Бабушкина гора увязываются с тремя потенциально перспективными рудными зонами: Юго-западной, Центральной и Восточной, которые выделяются в пределах рудного поля.

Юго-западная зона проходит от устья руч. Успенского в верховья рр. Бол.Пескиной-Шалакит. В ее пределах находятся само месторождение Бабушкина гора, проявления Вершинное, Правобережное. По руч. Успенскому в 1852-1879 гг. на одноименном прииске добыто 161,3 кг со средним содержанием золота 1,5 г/м³.

По правой вершине руч. Бабушкина обнаружены небольшие старательские отработки. Поисковыми скважинами Партизанской партии по обеим вершинам ручья выявлено несколько богатых золотоносных "струй" с суммарными запасами около 10 кг. Обогащенные участки отмечаются как в тальвеге, так и на склонах. Распределение металла крайне неравномерное. В связи с этим предлагалась траншейная разведка.

В верховьях р. Бол.Пескиной в "дырчатых" сланцах отмечены согласные кварцевые прожилки мощностью до десятков сантиметров с промышленным содержанием золота до 5,6 г/т на фоне 0,3-1 г/т (Середенко, 1979 г.).

Выделены высокопродуктивные аномалии золота как по первичным, так и вторичным ореолам рассеяния. По потокам рассеяния в левобережной части руч. Шилка, западнее рудопроявления Правобережного, выявлены аномалии меди, цинка, мышьяка, серебра. Здесь же при отработке россыпи золота, в левом борту долины, вскрыты высыпки кристаллов галенита и псевдоморфоз лимонита по пириту размером 3-15 мм. Содержание золота в монофракции галенита 320 г/т, в лимоните- 130 г/т. На отвалах во многих обломках обохренного кварца наблюдается вкрапленность галенита и пирита.

В пределах Юго-западной зоны выполнена разведка месторождения Бабушкина Гора, поисковые работы на северо-западном фланге (проявление Водораздельное) и юго-восточном фланге (проявление Правобережное). Общая протяженность зоны от р. Мамон до руч. Шилка составляет 5 км. В пределах месторождения Бабушкина Гора запасы и ресурсы золота составляют около 23 т до глубины 250 м, протяженность - 0,8 км. Таким образом, продуктивность составляет 29 т/км. С учетом проявлений Вершинного и Правобережного общие запасы и ресурсы - 43 т, протяженность полосы 2,5 км, продуктивность - 17 т/км. Для расчета прогнозных ресурсов рудного поля месторождения принимается продуктивность 17 т/км. Исходя из этого, прогнозные ресурсы Юго-западной зоны составят C_2 - 19 т, P_1 - 4 т, P_2 - 62 т. Итого - 85 т.

Центральная зона протягивается от истоков руч. Алексеевского через руч. Бабушкин на правый берег р. Бол. Пескиной. Она представляет собой полосу смятия и прокварцевания, в пределах которой выявлены первичные и вторичные аномалии золота, мышьяка, серебра. К ней приурочена полоса линейных магнитных аномалий интенсивностью до 110 нТл.

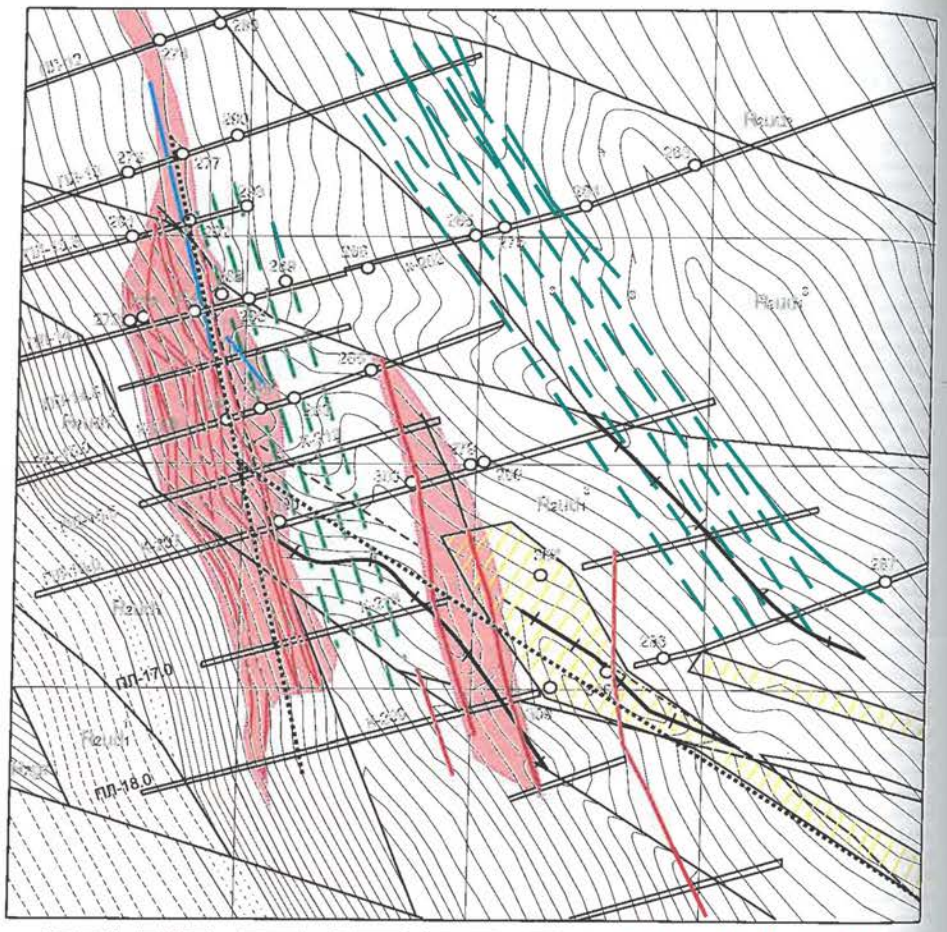


Рис. 3.76. Геологопоисковый план месторождения Бабушкина Гора. Масштаб 1:5000
(по материалам Ангарской ГРЭ)

Нижнеудерейская подсвита: 1.Филлиты темно-серые и черные углеродистые, 2. Сланцы алевролито-глинистые темно-серые, 3. Сланцы алевролитовые светло-серые, 4. Филлиты Темно-серые слоистые слабо карбонатные, 5. Горбилокская свита. Сланцы алевролитоглинистые кварц-хлоритовые, 6. Тектонические зоны: А- установленные, Б- предполагаемые.7. Зоны интенсивного рассланцевания пород, 8. Кварцевые жилы золотоносные, 9. Рудные тела, 10. Рудные зоны по изоконцентрате более 0.3 г/т, 11. Контуры балансовых запасов ложковой россыпи, 12. Оси антиклинальных складок, 13. Поисковые линии, 14. Скважины колонкового бурения, 15. Разведочные канавы, 16. Штольня.

Верховье руч. Алексеевского не разведано. Здесь в шурфе 121 (Чеха, 1984 г.) установлено золото в количестве 170 мг/м³. Зерна металла угловатые, неправильной формы в лимонитовой рубашке. В рыхлых отложениях на склонах ручья имеются шлиховые ореолы золота. По данным опытно-методических геофизических работ (Бакшт, 1976 г.) в вершине ручья установлены аномалии: ЕП , слабые магнитные и радиоактивные, связанные с горизонтом сульфидизированных углеродистых сланцев. Здесь же электроразведкой выделены низкоомные зоны (Бобыкин, 1976 г.). В верховье руч. Алексеевского в темно-серых "дырчатых" окварцованных филлитах среднеудерейской подсвиты бороздовым опробованием установлено содержание золота 0,2 г/т.

В левобережной части р. Бол. Пескиной, выше устья руч. Алексеевского, вскрыта кварцевая жила мощностью

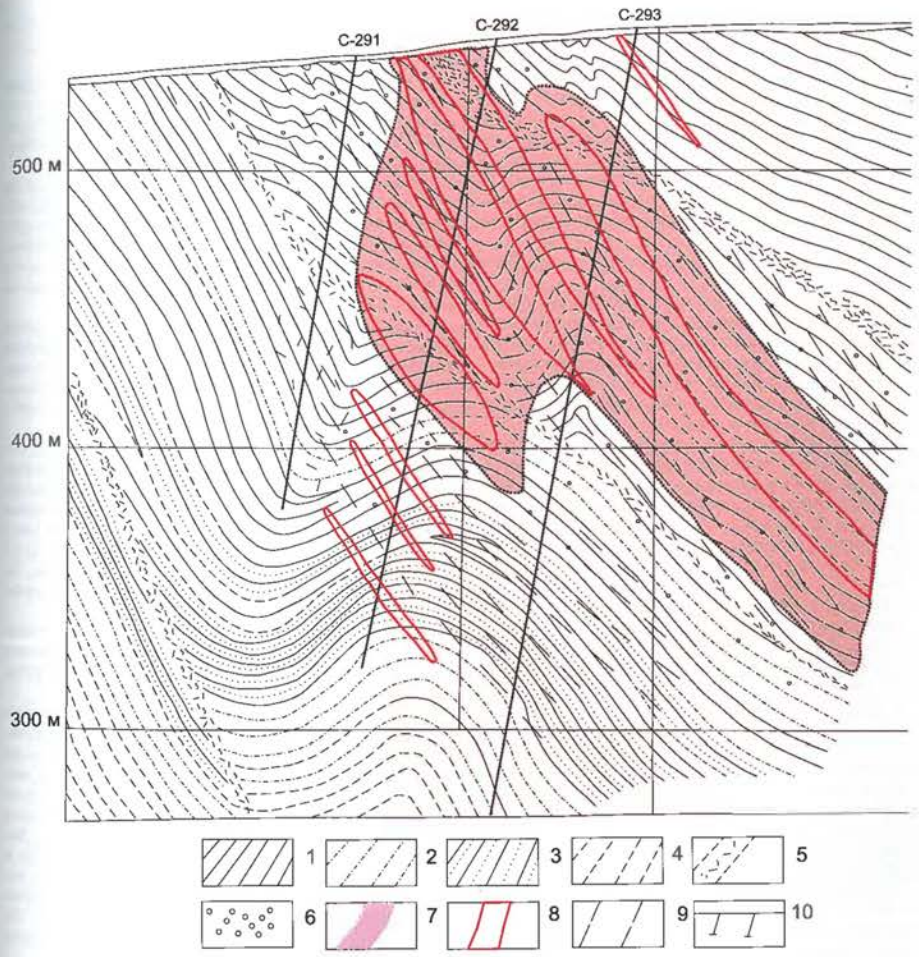


Рис. 3.77. Месторождение Бабушкина Гора. Геологический разрез по П.Л. 13,5.
Масштаб 1: 2000. (По материалам Ангарской ГРЭ)

1. Филлиты темно-серые, 2. Сланцы алеврито-глинистые, 3. Алевросланцы светло-серые, 4. Филлиты темно-серые слабо карбонатные, 5. Зоны дробления, 6. Зоны кварцевого прожилкования, 7. Контур золоторудной зоны (Au более 0,1 г/т), 8. Границы рудных тел (Au более 1 г/т), 9. Зоны интенсивного рассланцевания пород, 10. Скважины колонкового бурения.

0,2-0,4 м. Содержание золота в ней - 0,3 г/т. Здесь же в россыпи выявлены самородки золота весом 274 и 130 г.

На водоразделе рр. Бол. и Мал. Пескиной, в контурах магнитной аномалии интенсивностью до 110 нТл, в пиритизированных сланцах среднеудерейской подсвиты вскрыта серия линзовидных жил брекчированного ожелезненного кварца мощностью 0,3-1,4 м. Содержание золота в кварце 0,1-0,6 г/т (Корниенко, 1950 г.).

Протяженность Центральной рудной зоны около 6 км. Учитывая продуктивность - 17 т/км и коэффициент рудоносности 0,5, ресурсы золота по категории P_3 могут составить около 50 т.

Восточная зона расположена в породах аспидной формации приустьевой части руч. Алексеевского, на водоразделах рр. Мамон Бол. и Мал.Пескиной. Протяженность ее в пределах руч. Алексеевского 2,5 км, по водоразделам - 3 км. Породы среднеудерейской подсвиты представлены кварц-серицитовыми, углеродистыми, филлитизированными глинистыми и алевро-глинистыми сланцами иногда с интенсивной сульфидизацией (Середенко, 1979 г.).

Руч. Алексеевский является нижним левым притоком р. Бол.Пескиной. Предполагается, что восточное крыло среднеудерейской подсвиты, вмещающее золотоносную зону, прослеживается в долинах этих водотоков. Из россыпей на "голове" этого горизонта добыто в долине Р.Бол. Пескиной - 17,6 т, по руч. Алексеевскому - 2,7 т. Золотоносная зона по водоразделу Алексеевский-Мамон прослеживается на север за пределы рудного поля, где размывает-

ся р. Мамон в районе устья руч. Громкого (продуктивность россыпи резко возрастает на коротком интервале). Образования среднеудерейской подсвиты представлены кварц-серицитовыми, углеродистыми, филлитизированными глинистыми и алевро-глинистыми сланцами, иногда с интенсивной сульфидизацией (Середенко, 1979 г.). В левобережной части ручья, в береговом обнажении, в кварцевой жиле северо-восточного простирания одиночными пробами установлено содержание золота 0,3 г/т (Корниенко, 1950 г.).

В среднем течении ручья, 10-15 м над урезом воды, приводится следующий разрез рыхлых образований (Чеха, 1984 г.) (сверху вниз):

0-1,5 м. Суглинки серые с галечником и щебнем сланцев.

1,5-5,5 м Щебнисто-дресвянные образования с красноцветным алевро-глинистым заполнителем. Текстура отложений горизонтальнослоистая. Состав обломков - черные, серые выветрелые сланцы с пленками гидроокислов железа и марганца. Отмечается редкий галечник и гравий;

5,5-5,8 м Глины желтовато-серые алевритовые с разноокатанными обломками сланцев;

5,8-6,3 м Песчано-гравийно-мелкогалечные отложения с горизонтальной слоистой текстурой. Окатанность материала выше средней, нередко хорошая. Верхний и нижний контакты неровные, извилистые;

6,3-7,0 м Глины буровато-желтые песчанистые с гравийно-галечным материалом и примесью щебня, количество которого в нижней части увеличивается;

7,0-7,1 м Сланцы зеленовато-серые тонкоплитчатые трещиноватые пиритизированные.

Ниже устья руч. Алексеевского, в долине р. Бол. Пескиной, установлена зона пиритизации кварц-серицитовых сланцев шириной выхода около 500 м. Единичные анализы показали содержание золота более 2 г/т (Корниенко, 1950 г.).

В пределах участка широким развитием пользуются площадные и линейные коры выветривания мощностью свыше 30-40 м, представленные зонами окисления сульфидсодержащих углеродистых сланцев и жильно-кварцевых образований. Определенный интерес вызывают "древние галечники", которые отмечены на этой площади во многих точках. Они несут следы выветривания, покрыты пленками железо-марганцевого состава, иногда сцементированы и превращены в черные конгломерато-гравелиты, прослеживаются по руч. Алексеевскому и на водоразделе его с р. Мамон, в полосе распространения среднеудерейской подсвиты. Отмечается их слоистое строение и наклон слоев иногда до 10-15°. Возможно, что это межформационные конгломераты в разрезе удерейской свиты, вскрытые канавой 245 в левобережной части руч. Алексеевского. В составе описанных рыхлых отложений установлено золото в количестве 170 мг/м³ на мощность 1,5 м. Зерна металла угловатые, неправильной формы, в лимонитовой рубашке, что указывает на их местный источник. По долине и в вершине ручья установлены аномалии ЕП, слабые магнитные и радиоактивные аномалии, связанные с горизонтами потенциально золотоносных сульфидизированных углеродистых сланцев. Таким образом, перспективы этого участка можно связать с рудным золотом в сланцах, песчаниках, конгломератах, золотоносными корами выветривания на них и аллювиальными россыпями в речных долинах. Содержание золота по разведочным скважинам и траншеям достигает 5,5-18,7 г/м³. Верховье ручья и водораздел не изучены. Исходя из объема добытого металла - 2,7 т, протяженности отработанной полосы - 2,5 км, продуктивность золотоносной зоны на интервал мощности 10 м может составить 1,1 т/км. Прогнозные ресурсы металла по категории P_3 при коэффициенте рудоносности 0,5 составят - 1,5 т россыпного золота в коре выветривания - до глубины 10 м, 55 т рудного золота в первичных породах до глубины 200 м.

Таким образом, общая протяженность рудных подзон составляет 14,5 км. Запасы и ресурсы определены в следующих цифрах: C_2 - 19 т, P_1 - 4 т, P_2 - 62 т, P_3 -105 т. Общий ресурсный потенциал рудного поля месторождения Бабушкина Гора оценивается в 190 т.

Руды месторождения относятся к золото-кварцевому типу с незначительным содержанием сульфидов. Для переработки руды рекомендуется схема, включающая гравитацию в голове процесса с последующим цианированием хвостов гравитации, что обеспечивает извлечение 16,6% в гравитационный концентрат и 82,8% в цианистый раствор. Общее извлечение - 99,4%.

Согласно технико-экономическим соображениям (ТЭС), составленным в 1984 г., предлагался открытый способ добычи до глубины 145 м с годовой производительностью 226 тыс.т. руды и сроком существования предприятия 15 лет. Планируемые потери - 4%, разубоживание - 6%, рентабельность - 0,3%.

Гидрогеологические условия месторождения простые. На изученной площади выделяются три типа подземных вод: пластово-трещинные, трещинно-жильные, вскрываемые подземными горными выработками и скважинами на различных глубинах, и пластовые воды аллювиальных отложений рек и ручьев. Водоприток в горные выработки не превышал 70 м³/час. Приток воды в карьер может составить до 90 м³/час. По химическому составу воды гидрокарбонатно-натриево-калиево-магниевые. Воды не агрессивны.

Горно-технические условия простые. Породы литологически однородные, устойчивые. Крупные тектонические нарушения, карстовые и оползневые явления отсутствуют. Угол откосов бортов карьера может быть 60-70°.

В 2001 г. ЗАО ЗДК «Золотая звезда» в пределах месторождения получила лицензию на геологическое изучение и добычу золота № 804 (от 05.06.2001) сроком до 05.06.2008 г. На основании геологического задания, выданного комитетом "Красноярскприродресурсы", в центральной части месторождения, в пределах р.т. 1 и 4 были проведены оценочные работы. Получены запасы C_2: балансовые руды - 840,4 тыс.т. с содержанием 3,19 г/т и 2678,7 кг золота; забалансовые - руды 291,3 тыс.т с содержанием 1,73 г/т, золота 503,3 кг. Отработка месторождения проводилась методом кучного выщелачивания. За 2005 г., переработано 140,4 тыс.т. руды, получено золота в лигатуре 176,65 кг, чистого - 130,72 кг.

3.1.4.3. Золото-кварц-сурьмяная формация
Удерейское месторождение

Введение

Месторождения и рудопроявления золото-кварц-сурьмяной формации сосредоточены на Енисейском кряже в Северо-Енисейском и Мотыгинском районах. В Северо-Енисейском районе разрабатывается Олимпиадинское золоторудное месторождение (201,1 тыс.т. сурьмы), в Мотыгинском районе известны отработанное Раздолинское (на нем добыто 56,8 тыс. т сурьмы) и подготовленное к промышленному освоению Удерейское золото-сурьмяное месторождение с 39,5 тыс. т. сурьмы. Кроме этих крупных месторождений известно большое количество мелких месторождений и рудопроявлений, содержащих сурьму от промышленных скоплений до незначительной примеси (Тырадинское, Ведугинское, Попутнинское, Светлое, Большое, Угловое). Несмотря на столь большой фактический материал четкое представление об их геологическом строении и особенностях рудообразования отсутствует. Нет единого мнения и на взаимоотношение золотого и сурьмяного оруденения.

Сложность этого вопроса состоит в том, что чистых сурьмяных месторождений на Енисейском кряже нет. Все они содержат золото от незначительной примеси (Раздолинское, Юго-Западный участок Удерейского месторождения) до количеств, где золото представляет уже основной промышленный интерес (Олимпиадинское, Ново-Удерейский участок и юго-западный фланг Центрального участка Удерейского месторождения). С другой стороны, многие золоторудные месторождения содержат антимонит в количествах от редкой вкрапленности, обнаруживаемой под микроскопом, до скоплений, характерных уже для промышленных сурьмяных руд.

В современных условиях при создании минерально-сырьевой базы сурьмяной и золоторудной промышленности крайне важно осуществлять геолого-экономическую оценку подобных месторождений без дополнительных финансовых и материальных затрат на начальной стадии изучения объекта путем его сравнения с объектом-аналогом. В качестве одного из объектов-эталонов данной рудной формации рассматривается Удерейское золото-сурьмяное месторождение, как наиболее изученное и наиболее типичное для Енисейского кряжа комплексное золото-сурьмяное месторождение.

При решении этой задачи обобщены результаты многолетних геологоразведочных работ Ангарской геологоразведочной экспедиции, а также использованы тематические исследования научно-исследовательских институтов.

Изученность

Первые сведения о признаках оруденения были получены В.И. Ивановым в 1960 году на площади, примыкающей к Удерейскому месторождению с запада, проводились комплексные геолого-геофизические исследования с металлометрическим опробованием масштаба 1:25000. Пробы анализировались на 14 элементов. Установлено, что золоторудные месторождения Васильевское, Урал и Надеждинская жильная зона отчетливо фиксируются ореолами мышьяка. На самой восточной границе снимаемой площади выявлено несколько мелких (1-2 пробы) слабоконтрастных ореолов сурьмы, рекомендованных к проверке горными выработками с целью вскрытия сурьмяного оруденения.

В 1960-1962 гг. Б.В. Михеевым на территории, включающей Партизанский рудный узел, проводится геологическая съемка масштаба 1:50000, по результатам которой составлена геологическая карта, дана подробная характеристика пород, а также выявлено несколько вторичных ореолов сурьмы на площади современного рудного поля Удерейского месторождения. Ореолы были рекомендованы к проверке горными выработками, но проверены они были только в 1967 году после случайного открытия одного из участков Удерейского месторождения.

В 1966 году геологом В.З. Яковчуком было открыто Удерейское золото-сурьмяное месторождение, точнее его Северо-Восточный участок, а через некоторое время при проверке ранее выявленных вторичных ореолов сурьмы вскрыта кварц-антимонитовая жила Юго-Западного участка и, наконец, горными выработками выявлен Центральный участок. В 1967 году месторождению была дана положительная оценка (Дорофеев, Бычков, 1967 г.), а в 1973 году закончена детальная разведка Юго-Западного и Центрального участков. Изученность Северо-Восточного участка, в силу незначительных запасов сурьмяных руд, осталась на стадии предварительной разведки. На месторождении, в целом, произведен подсчет запасов сурьмяных руд, отчет с подсчетом запасов утвержден в ГКЗ СССР (Стеблева и др.,1973 г.). Месторождение отнесено в разряд средних по запасам с благоприятными для освоения инженерно-геологическими условиями.

Проведенными за этот период работами хорошо изучены структурные особенности месторождения, вещественный состав и условия локализации сурьмяного оруденения. Результаты этих работ использованы нами в максимальной степени.

Одновременно с поисково-оценочными работами на площади Удерейского месторождения были поставлены опытные геофизические исследования масштаба 1:10000 с целью поисков кварц-антимонитовых жил и рудолокализующих зон дробления, окварцевания. Работы проводились Удерейской партией СЕГФЭ (Артемьев и др., 1967 г.).

В 1971 году на этой же площади выполнена гравиметрическая съемка масштаба 1:10000 (Жураковский, 1972 г.). В магнитном поле Удерейское месторождение, в целом, и его участки, в отдельности, не нашли четкого отображения. Сопоставление геолого-поискового плана с картой интерпретации ДЭП показало совпадение участков месторождения с выделенными зонами высоких сопротивлений. Размеры последних и их количество намного превышают установленные рудные зоны, что, видимо, обусловлено тем, что методом ДЭП фиксируются все зоны окварцевания, как рудные, так и безрудные. В гравитационном поле все участки Удерейского месторождения приурочены к отрицательным аномалиям интенсивностью 0,2-0,5 мГал., обусловленных зонами разуплотнения.

Необходимо отметить, что интерпретация этих геофизических работ была направлена только на выявление сурьмяного и золото-кварцевого типа оруденения. Открытый и изученный позднее золото-сульфидный прожилково-вкрапленный оставался без внимания.

В 1974 году уже после утверждения основных запасов сурьмы и золота по рекомендации ГКЗ СССР было выполнено доопробование керна скважин и подсчет запасов золота по Пойменной зоне Центрального участка в количестве 1535,7 кг (Савельев, 1974 г.). Установлено, что оруденение здесь носит не золото-сурьмяный, а сурьмяно-золотой характер и приурочено золото к междужильным интенсивно сульфидизированным сланцам. Взаимоотношение антимонитовых жил и золотоносных вмещающих пород указывало на более раннее образование золотого и позднее - сурьмяного оруденения.

В 1974-1975 годах Партизанская партия АГРЭ проводила в пределах Удерейского рудного поля и прилегающих к нему площадях поиски золото-сурьмяных руд. В комплекс работ входили поисковые маршруты масштаба 1:25000, литогеохимическая съемка по вторичным ореолам и потокам рассеяния, гидрогеохимическое, шлиховое опробование масштабов 1:25000, проходка магистральных канав, мелких шурфов и бурение скважин.

В окончательном отчете по этим работам (Власов и др., 1976 г.) также были обработаны и приведены данные поисковых работ партии на сурьму за 1967-1975 годы, выполненных одновременно с разведочными работами на месторождении, не вошедшие ни в один отчет. Результаты поисков 1967-1975 годов сводятся к следующему. За этот период площадь Удерейского рудного поля и его окрестности были покрыты металлометрической съемкой масштабов 1:5000, 1:10000 и 1:25000. Пробы анализировались в разные годы и на различное количество элементов. Съемкой выявлено большое количество аномалий, проверка которых привела к открытию нескольких рудопроявлений сурьмы с непромышленными масштабами оруденения (Копьевский-1, Западный, Рудный). По результатам

гидрогеохимической съемки составлена карта распространения различных типов вод, карта распространения микроэлементов. Литогеохимической съемкой по потокам рассеяния, которая проводилась на всей восточной площади Партизанского рудного узла, установлено, что месторождение Бабушкина Гора фиксируется слабыми потоками мышьяка, а Васильевское – интенсивными потоками мышьяка и, отчасти, сурьмы. Удерейское золото-сурьмяное месторождение в потоках рассеяния не проявилось.

Комплексом поисковых работ, включающим маршруты, литогеохимическую съемку, гидрогеохимическое и шлиховое опробование на прилегающих к Удерейскому месторождению с севера и востока площадях выделено несколько перспективных участков на золотое и золото-сурьмяное оруденение. Перспективность некоторых из них подтверждена впоследствии комплексными геофизическими работами (Бобыкин и др., 1977 г.).

Канавами и скважинами колонкового бурения в непосредственной близости с Уде-рейским месторождением выявлены и отрицательно оценены на предмет обнаружения промышленных сурьмяных руд участки Западный, Правобережный, Бурахта, Сухой, Копьевский-2, Южный, Верхне-Безымянный, Бол. Шалакит.

Многолетние поисковые работы на сурьму позволили собрать также и обширный материал по золотоносности Удерейского рудного поля, хотя несколько и неполный, так как распространенное в то время мнение о связи золота только с кварцевыми жилами привело к тому, что на золото опробовались большей частью кварцевые жилы и не в должной мере оказались охарактеризованными зоны тонкопрожилкового окварцевания и сульфидной минерализации сланцев.

Тем не менее, в пойме р. Удерея, в 1,5 км западнее Центрального участка, скважинами №№ 160, 140, бортовой расчисткой 2, глубокими шурфами были вскрыты кварцевые жилы с вкрапленностью антимонита среди интенсивно сульфидизированных и тонкопрокварцованных сланцев. По данным пробирных анализов сульфидизированные и тонкокварцованные сланцы содержали золото в промышленных концентрациях. Это позволило после окончания поисковых работ на сурьму начать в 1977 году детальные поиски рудного золота в пределах этого участка, названного Ново-Удерейским.

В это же время Партизанская партия Ангарской ГРЭ проводила геологоразведочные работы и на других месторождениях Партизанского рудного узла, результаты которых способствовали изменению представлений о характере золотоносности Удерейского рудного поля.

На месторождении Герфед установлено, что наиболее интенсивное золотое оруденение приурочено к лежачему боку жилы Магистральной и прилегающий к ней карбонатизированным и хлоритизированным эффузивам с секущими их кварцевыми жилами. Для получения промышленных запасов золота рекомендована разведка жилы Магистральной вместе с породами лежачего бока в пределах намеченных двенадцати рудных столбов, в пределах которых авторы отчета подсчитали прогнозные ресурсы в количестве 70 т до глубины 400м (Зонов и др., 1976 г.). Следует заметить, что существенных изменений эта цифра не претерпела до настоящего времени.

В Герфедско-Николаевском рудном поле выявлены пиритизированные с кварцевыми прожилками золотоносные дайки предположительно диоритового состава. В пойме ручья Крошечного около п. Партизанский глубокими шурфами вскрыты золотоносные структурные глины коры выветривания по зоне тонкопрожилкового окварцевания (Ковшикова и др., 1977 г.).

На рудопроявлении Бабушкина Гора выявлены промышленные содержания золота не с традиционными кварцевыми жилами, являющими предметом 140-летнего изучения, а с зонами тонкопрожилкового окварцевания в глинистых и алеврито-глинистых сланцах (Ковшиков и др., 1977 г.). Это позволило в корне изменить представление о перспективности рудопроявления и продолжить на нем работы. Относительно быстро рудопроявление переведено в разряд месторождений (Белов и др., 1981 г.), а в 1983 году на нем завершились поисково-оценочные работы с проходкой тяжелых подземных горных выработок (Власов и др. , 1983 г.). На этой стадии изученности оно принято в промышленное освоение. В настоящее время началась опытно- промышленная его разработка с использованием схемы кучного выщелачивания для извлечения металла.

В 1975 году параллельно с проводимыми Партизанской партией на месторождениях геологоразведочными работами Енисейская партия СЕГФЭ начала комплексные геофизические исследования в районе Урало-Васильевского, Мамонского рудных полей (Бобыкин и др., 1976 г., 1977 г.). В комплекс работ входили прецизионная аэромагнитная съемка масштаба 1:25000 со станцией КАМ-28, дипольное двухразносное электропрофилирование, метод естественного поля и выборочно метод ВП. Комплексом наземных работ выделены и прослежены зоны рассланцевания, горизонты углеродистых сланцев, зоны сульфидной минерализации, а также выделены три участка перспективных на золотое и один на сурьмяное оруденение. Прецизионная аэромагнитная съемка северо-западнее Удерейского месторождения отметала слабоинтенсивные аномалии, обусловленные глубинными (1-2 км) объектами, предположительно телами основного состава.

В 1979 году Северо-Енисейская экспедиция в пределах Удерейского рудного поля проводила комплексные геофизические исследования (электроразведка методом ВП-ЦЭ по сети 20-40х200 м, метод естественного поля, магниторазведка по сети 20х100 м). Проведенными работами сделана попытка расшифровать пликативную и дизъюнктивную тектонику участка. Прослежен ряд сульфидоносных горизонтов, рекомендовано два участка под постановку более детальных геофизических работ (Бобыкин и др., 1980 г.).

В 1975-1979 годах на территории северной части Южно-Енисейского района было выполнено геологическое доизучение площади в масштабе 1:50 000 (Середенко и др., 1979 г.). По результатам работ составлена геологическая карта, обобщены данные по 279 месторождениям, рудопроявлениям и точкам минерализации. Выделены участки для проведения поисковых, оценочных и разведочных работ на рудное и россыпное золото, сурьму, олово, вольфрам, дается прогнозная оценка ресурсов этих металлов.

В это время Партизанская партия проводила поисковые работы на Ново-Удерейском участке Удерейского месторождения. Спектрозолотометрической съемкой масштаба 1:10000 была перекрыта площадь Удерейского месторождения (8 км²). По выявленным вторичным ореолам выделено девять перспективных участков, из них три на золотые, три на сурьмяные и три на комплексные золото-сурьмяные руды. Буровыми скважинами изучался новый для Партизанского рудного узла кварц-золото-сульфидный прожилково-вкрапленный тип оруденения, в котором золото связано не столько с кварцевыми жилами, как с сульфидизированными и тонкопрожилковыми окварцованными сланцами. На Ново-Удерейском участке в общих чертах установлена морфология золотоносной зоны, которая подчинена, в основном, не трещинной и разрывной тектонике, а пликативной складчатой структуре пород, определены масштабы оруденения и подсчитаны ресурсы Ново-

Удерейского участка (Власов и др.,1979 г.).

На основе полученных Партизанской партией материалов по новому типу оруденения Ново-Удерейского участка и условиях его золотоносности были пересмотрены структура и характер золотоносности Центрального участка, где имелись аналогичные золотые руды. В 1977 году параллельно с работами на Ново-Удерейском участке за счет недоиспользованных сметных лимитов этого проекта и других, а с 1979 года за счет собственного проекта на Центральном участке, а затем и других участках месторождения начались поисково-оценочные работы на рудное золото.

Изучение золотоносности Удерейского золото-сурьмяного месторождения завершилось в 1981 году (Власов и др., 1981 г.). Проведенными работами установлено, что основные запасы золотых руд сосредоточены на Центральном участке, где мощность золотоносной зоны составляет 30-60 м, а оконтуренная площадь 350х400 м. Золото тонкодисперсное. Подсчитанные запасы руды и металла по степени разведанности отнесены к категории C_2. В лабораторных условиях изучены технологические свойства руд.

В 1980-1983 годах в центральной и восточной частях Партизанского рудного узла проводились поиски рудного золота и оценка геофизических и геохимических аномалий. По данным литогеохимической съемки проведен подсчет прогнозных ресурсов золота и сурьмы до глубины 100 м. Авторы подтверждают перспективность флангов Васильевского и Удерейского месторождений (Скороделов и др., 1983г.).

Кроме Партизанской партии Ангарской ГРЭ изучением вещественного состава руд Удерейского месторождения занимались на договорных условиях сотрудники ИМГРЭ (Колесниченко и др., 1970 г.), ИГиГ СО АН СССР (Дистанов и др., 1973 г., 1977), Томского политехнического института (Сазонов и др.,1980), СНИИГГиМСа (Ли и др., 1971), КИЦМа (Михеев и др., 1981 г.). Значительный объем информации получен при изучении технологических проб сурьмяных руд в институте «Средазнипроцветмет» и золотых в ИРГИРЕДМЕТе и Забайкальском НИИ. Результаты этих исследований использованы в настоящей работе.

Геологическое строение

Стратиграфия и литология

Однозначного мнения о местоположении Удерейского месторождения в стратиграфическом разрезе рифейских отложений нет. При геологической съемке масштаба 1:50000 (Михеев и др., 1963 г.) породы месторождения отнесены к верхнегорбилокской подсвите, геологическим доизучением этого района (Середенко и др., 1979 г.) ко второй пачке среднеудерейской подсвиты. Мы вслед за А.Т. Стеблевой с соавторами (1973 г.), выполнявших детальную разведку месторождения, считаем, что месторождение приурочено к верхней части нижнеудерейской подсвиты среднего рифея (рис. 3.78).

Вмещающие породы месторождения характеризуются поразительной монотонностью, отсутствием каких-либо маркирующих горизонтов или пачек пород уверенно отличимых по внешним свойствам, что и привело к большим трудностям как в определении их положения в общем разрезе сухопитской серии, так и в расчленении их на более детальные пачки.

Это сложная однородная толща переслаивающихся темно-серых, иногда на поверхности с зеленоватым оттенком, слоистых или неслоистых глинистых и карбонатно-глинистых сланцев. Степень метаморфизма слабая, едва достигает зеленосланцевой фации. Основными породообразующими минералами являются серицит (30-80%), карбонат (5-65%), кварц (3-10%), хлорит (0,1-10%), в незначительных количествах присутствуют углистое вещество (до 5%), редкие зерна рутила, лейкоксена и пирита. Дистановым Э.Г. с соавторами (1977) отмечено широкое развитие альбита в породах месторождения. Нами альбит, по-видимому, из-за малых его размеров и трудной диагностики, не обнаружен.

Изменение количественного соотношения породообразующих минералов предопределяет возникновение тех или иных разновидностей пород, выделяемых, в основном, только под микроскопом: серицитовых, хлорит-серицитовых, углисто-серицитовых, кварц-серицитовых, кварц-карбонат-серицитовых сланцев. Причем, преимущественным распространением пользуются карбонат-серицитовые и кварц-серицит-карбонатные сланцы. Характерной особенностью рудовмещающих пород является постоянное присутствие карбонатного материала в количествах от первых процентов до 60-70%.

По форме проявления карбонатного и, отчасти, углистого вещества выделяется две разновидности сланцев.

Первая разновидность сланцев имеет темно-серый цвет, сравнительно однородную массивную текстуру и плохо выраженную слоистость. Под микроскопом порода состоит из основной ткани и порфиробластов карбонатов. Основная ткань представлена мелкочешуйчатыми агрегатами серицита (40-60%) и хлорита (20-30%), углистым веществом (0-5%), редкими зернами кварца (0-10%), рутилом, лейкоксеном и рудными минералами (доли %). Наличие слойков существенно серицитового и существенно хлоритового составов обуславливает слоистость породы. Углистое вещество рассеяно в основной ткани породы в виде хлопьевидных неправильных скоплений, зачастую концентрирующихся около участков повышенной сланцеватости, либо выполняет ее микросрывы. Порфиробласты сидерита, реже доломита неравномерно рассеяны по всей породе. Заметна их приуроченность также к участкам повышенной сланцеватости. Размеры порфиробластов составляют 0,05-0,2 мм, форма их чаще всего ромбовидная со сглаженными углами, овальная. Длинной своей осью они ориентированы по сланцеватости. Центральная часть порфиробластов часто замещается пиритом. Присутствие многочисленных включений карбоната (порой до 50% площади шлифа) придает породе очковую структуру под микроскопом и кристаллически-зернистый макроскопический облик. Эти сланцы разбиты (1 шт. на 1,0-1,5 м), протяженными, зачастую зияющими (1,0 см и более) трещинками. В большинстве случаев сланцы этой разновидности являются вмещающими породами для кварц-антимонитовых и антимонитовых жил. При этом жилы характеризуются значительной протяженностью (до 100 м), прямолинейными и резкими контактами, что свидетельствует об их образовании путем выполнения открытых трещин и полостей. В кварце этих прожилков отмечаются халькопирит, галенит, сфалерит, антимонит.

Вторая разновидность представлена сланцами серого, светло-серого цвета, пелитоморфными, четкослоистыми. Под микроскопом в них отмечается тот же набор минералов, в тех же количественных соотношениях. Отличием является то, что порфиробласты карбонатов в этой разновидности сланцев либо отсутствуют, либо присутствуют в незначительных количествах. Карбонат распространен, главным образом, в основной ткани породы в виде мелкозернистой (0,01-0,03 мм) вкрапленности, которая в большинстве случаев концентрируется в слойки, где содержание карбонатного материала достигает 90%. Сочетание таких слойков с существенно бескарбонатными обуславливает слоистость породы. Углистое вещество в подавляющей массе также имеет тенденцию к группировке в слойки, которые подчеркивают слоистость породы, причем на-

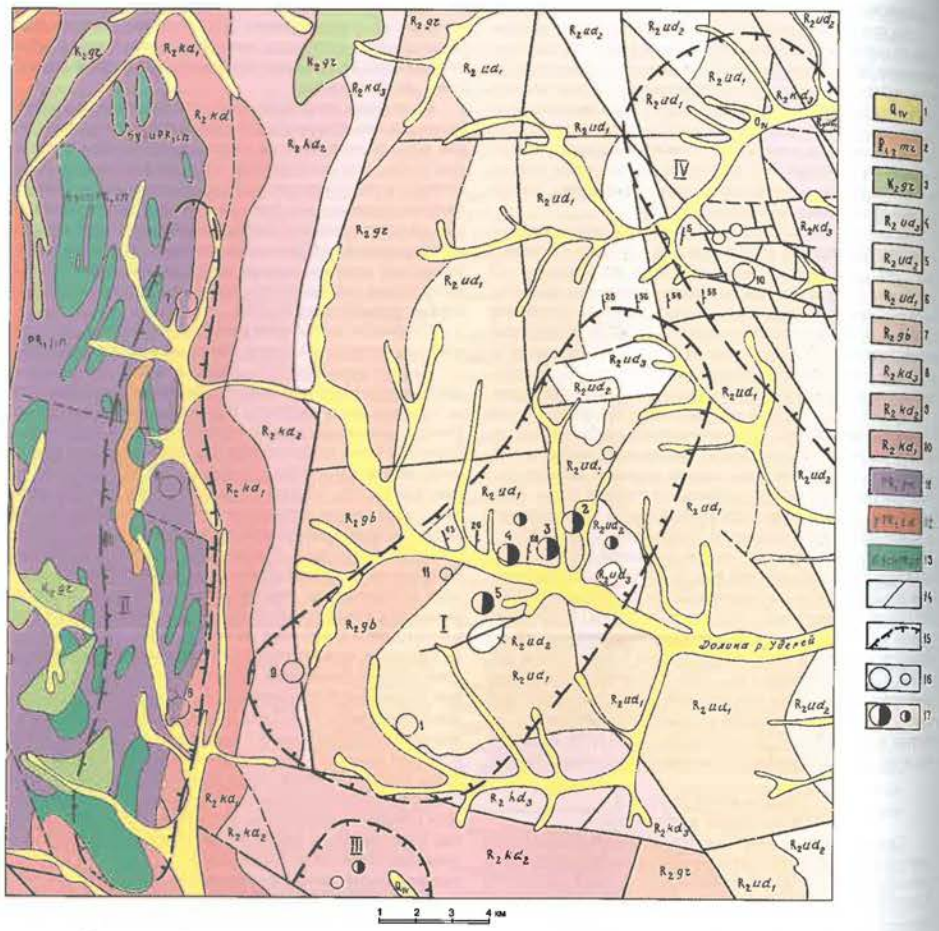


Рис. 3.78. Обзорная геологическая карта района Удерейского золото-сурьмяного месторождения

1 - аллювиальные отложения, в основном, золотоносные 2 - мурожнинская свита. Глины пестроцветные, бокситы; 3 - герфедская свита. Каолинитовые глины с прослоями песков и обломками каменистых бокситов; 4 - верхнеудерейская подсвита. Серицитовые, кварц-серицитовые сланцы темносерые с прослоями серицит-кварцевых; 5 - среднеудерейская подсвита. Серицит-кварцевые сланцы зеленовато-серые; 6 - нижнеудерейская подсвита. Кварц-серицитовые, карбонат-серицитовые сланцы темносерые; 7 - горбилокская свита. Кварц-серицит-хлоритовые, алеврито-глинистые сланцы зеленовато-серого цвета; 8 - верхнекординская подсвита. Глинистые, алеврито-глинистые сланцы темносерого цвета, кварциты, туфоалевролиты; 9 - среднекординская подсвита. Переслаивание кварц-серицитовых сланцев, песчаников, алевролитов, гравелитов; 10 - нижнекординская подсвита. Кварц-серицитовые, кварц-хлорит-серицитовые сланцы; 11 - ченчегинская свита. Известняки, кварц-амфиболовые сланцы, кварциты, песчаники; 12 - татарско-аяхтинский комплекс. Плагиограниты, гранодиориты, диориты; 13 - индыглинский комплекс. Габбро-амфиболиты; 14 - тектонические нарушения; 15 - контуры золото-рудных зон: I - Васильевско-Удерейская, II - Герфед-Николаевская, III - Сергиевская, IV - Петропавловская; 16 - месторождения и рудопроявления золоторудные; 17 - месторождения и рудопроявления золоторудные и золото-сурьмяные: 1 - Васильевское; 2 - Северо-Восточный, 3 - Центральный, 4 - Ново-Удерейский, 5 - Юго-Западный, участки Удерейского месторождения; 6 - Герфед; 7 - Николаевское; 8 - Верхне-Удерейское; 9 - Урал; 10 - Бабушкина Гора

блюдается частая приуроченность к верхним частям слойков, что придает им более четкую и темную окраску. Такой характер поведения карбонатного и углистого вещества свидетельствует о терригенно-осадочном происхождении карбоната и биогенно-осадочном - углистого вещества.

В сланцах этой разновидности в рудном поле месторождения повсеместно отмечаются прослои мощностью от нескольких миллиметров до 20 см окремненных, массивных очень плотных пород серого цвета. Под микроскопом она состоит из зерен карбоната (60-70%) размером 0,02-0,06 мм, кварца (30-40%) и незначительной примеси хлорита и серицита. Эти прослои интенсивно импрегнированы среднезернистым пиритом (до 10%) и рассечены строго перпендикулярно контактам тонкими прямолинейными линзочками и прожилками кварц-кальцитового, кварцевого составов. В зонах интенсивного смятия и рассланцевания эти прослои, особенно с малой мощностью (до 2,0 см), растрескиваются, местами происходит растаскивание этих обломков по слою и завальцевание в круглые образования, чем придается породе будинажная структура. По некоторым кварц-карбонатным будинам возникают впоследствии широко распространенные и столь характерные для Удерейского месторождения пиритовые линзы, желваки и конкреции.

Основное количество кварцевых, кварц-карбонатных жил, прожилков и, в особенности, золотоносные зоны сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания приурочены к сланцам этой разновидности. Причем жилы и прожилки характеризуются причудливой формой, многочисленными разветвлениями, раздувами и не совсем четкими контактами. С этой системой кварцевых жил и прожилков пространственно часто связана ранняя пиритовая и арсеонопиритовая минерализация, а группа поздних сульфидов (антимонит, галенит, блеклые руды) не отмечается.

Рудовмещающая толща месторождения представляет собой переслаивание обеих разновидностей, мощность прослоев каждой из которых изменяется от первых десятков сантиметров до первых десятков метров, реже первой сотни метров. В зонах особо частого и тонкого переслаивания нередко возникают промежуточные разности, которые несут черты той и другой разновидностей.

Характеристика участков, рудных зон и тел

Удерейское золото-сурьмяное месторождение представлено четырьмя обособленными участками с промышленным оруденением (Северо-Восточным, Центральным, Ново-Удерейским, Юго-Западным) и большим количеством мелких рудопроявлений (Копьевский-1, Рудный, Западный, Верхне-Безымянный, Больше-Шалакитский и т.д.).

Минеральный состав и текстурно-структурные особенности на этих участках, в основном, одинаковы. Различием является интенсивность и количественное соотношение сурьмяного и золотого оруденения, а также морфология рудных зон и тел. Это обусловлено тем, что золотые и сурьмяные руды месторождения образованы сочетанием широко развитых в пределах рудного поля следующих метаморфогенно-гидротермальных образований:

- золотоносных зон сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания;
- золотоносных кварцевых жил;
- кварц-антимонитовых, антимонитовых жил, часто с мобилизованным золотом;
- безрудных кварцевых, кварц-карбонатных жил.

В зависимости от конкретных условий происходит либо совмещение их в пространстве, как это имеет место на Центральном участке между разведочными линиями 7,5-9,5, либо они концентрируются обособленно. Например, юго-западнее линии 10,0 Центрального участка и в пределах всего Ново-Удерейского участка преимущественным распространением пользуются золотоносные зоны сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания, а сурьмяная минерализация практически отсутствует.

Золотые рудные тела в пределах зоны предварительно выделяются по интенсивной сульфидной минерализации и тонкопрожилковому окварцеванию, а окончательно устанавливаются по результатам опробования. Резких колебаний в содержаниях золота не отмечается. На фоне общей золотоносности 0,1-1,0 г/т выделяются один или несколько рудных интервалов. Максимальное содержание золота, которое отмечалось в рядовых пробах на Удерейском месторождении достигло 156,6 г/т на пробу длиной 0,05 м (скв. 317), обычно оно не превышает 15-20 г/т. Переход от рудных тел с высоким содержанием к слабозолотоносным породам рудной зоны, а также от рудной зоны к пустым вмещающим породам плавный, постепенный.

Сурьмяные рудные тела представляют собой, в большинстве случаев, жилообразные зоны, состоящие из одной или нескольких субпараллельных кварц-антимонитовых жил с оруденелыми сланцами в зальбандах и промежутках между жилами. Под оруденелыми сланцами понимаются тонкорассланцованные и перемятые породы, пронизанные серией прожилков кварц-антимонитового и антимонитового составов. Типичные кварц-антимонитовые жилы, контуры которых определяли бы и контуры рудных тел, встречаются довольно редко.

Северо-Восточный участок

Этот участок по характеру оруденения и морфологии рудных образований является наиболее сложным из всех четырех участков. Имеющиеся золотые и сурьмяные руды отнесены к забалансовым, запасы их незначительны. В общих чертах участок представлен серией различно ориентированных коротких линзообразных кварцевых, кварц-антимонитовых жил с резкими раздувами и частыми пережимами.

На участке выделено 25 мелких сурьмяных рудных тел. Несмотря на густую сеть разведочных выработок каждое из них изучено по единичным сечениям. Форма линзообразная, гнездообразная, характерны резкие раздувы (до 24,7 м), чередующиеся с быстрым выклиниванием. Простирание рудных тел северо-восточное, реже субширотное или северо-западное. Протяженность 25-35 м, в единичном случае 75 м, мощность – первые метры, в единичном случае 25,6 м, содержание сурьмы 2-7%, в единичном случае – 17,58%.

Имеющиеся многочисленные золотоносные интервалы не увязываются в какие-либо выдержанные по простиранию и падению рудные зоны, что свидетельствует о слабой золотоносности участка и преимущественном развитии золото-кварцевого типа оруденения. Более или менее уверенно выделяются две зоны в пределах разведанного контура участка и одна зона на его северо-восточном фланге. Первые две зоны оконтурены в пространстве, имеют ограниченные размеры и относительно слабую золотоносность (1,1 г/т на 37,0 м по скважине 647) и незначительные ресурсы.

Наибольший интерес представляет рудная зона, вскрытая на северо-восточном фланге участка скважинами 643, 698, 673. «Хвосты» этой зоны подсечены скважинами 643 и 698, от которых она прослеживается в северо-восточном направлении одновременно, приобретая более крутой угол падения (с 20-25° до 70-80°). В ее пределах выделяются золотоносные интервалы мощностью 5.0 м при среднем содержании золота 2.9 г/т а также два сурьмяных рудных тела мощностью 15,0 и 9,0 м при средних содержаниях сурьмы соответственно 4,79 и 3,64%. Характерной особенностью вскрытого оруденения является преобладание вкрапленного, а не послойного распределения сульфидной минерализации и относительно низкое содержание золота при интенсивной сульфидной минерализации. В северо-восточном направлении рудная зона не оконтурена. Предполагается, что она прослеживается в этом направлении на значительное расстояние с постепенной увеличением роли золото-кварцевой составляющей по сравнению с золото-сульфидной

Центральный участок

Этот участок является наиболее изученным на месторождении. На нем сосредоточено 83% всех запасов сурь-

мяных и 70% золотых руд месторождения.

На участке выделено 40 сурьмяных рудных тел. В пределах северо-западной части участка расположены 6 рудных тел, общими чертами которых являются северо-восточное простирание (30-40°), небольшие размеры (30-80 м) и сравнительно невысокое качество руд. В центральной части 21 рудное тело имеют простирание по азимуту 15-20°, по размеру и качеству руд относятся к ведущим на месторождении. Так, на долю 3 рудных тел (11, 12^{1}, 12^{11}) приходится три четверти выявленных балансовых запасов. Длина их по простиранию составляет 130-250 м, по падению 80-170 м, мощность – от 0,3 до 18.1 м, содержание сурьмы достигает 66,9%. В пойменной части ручья Безымянного между р.л. 9,0 и 10,5 сетью скважин 25 х 25 м оконтурены 13 рудных тел. Они имеют северо-восточное простирание (50-60°) и расположены в полосе шириной 170 м. Для этой части характерна высокая степень золотоносности рудных тел, в связи с чем они являются не столько сурьмяными, сколько золотыми.

Морфология золотоносной зоны Центрального участка подчинена общей складчатой структуре вмещающих пород. На поверхность она выходит в области разведочных линий 7,0-9,5, где вмещает практически все разведанные сурьмяные рудные тела (рис. 3.79-3.81). На этом участке пространственная ориентировка золотоносной зоны и сурьмяных тел совпадают, простирание северо-восточное, падение северо-западное. Южнее линии 9,5 происходит поворот золотоносной зоны, после которого она полого (25-30°) погружается в юго-западном направлении до линии 13,5 и далее. Одновременно с изменением пространственной ориентировки рудной зоны исчезают сурьмяные рудные тела. На юго-западном фланге (р.л. 10,5-12,5), где сосредоточены основные запасы золотых руд, сурьмяное оруденение практически отсутствует. По данным спектральных анализов содержание сурьмы здесь не превышает 0,008-0,01%.

Максимальная мощность золоторудной зоны в пределах Центрального участка наблюдается в плоскости разреза 10,5, где она достигает 60-80 м; в юго-западном направлении происходит уменьшение мощности зоны до 20-30 м (р.л.12,5).

Оконтуренная площадь золотоносной зоны в плане составляет 350х450 м.

Морфология золотоносной зоны Центрального участка осложнена присутствием в пределах участка золотоносных кварцевых жил с сульфидизированными зальбандами, группирующихся в крутопадающие (50-60°) пачки. Примером таких пачек являются горбовидные выступы на линии 10,5 и 11,5, а также повсеместно встречающиеся обособленные золотоносные кварцевые жилы.

На северном фланге участка в области линии 7,0-8,0 отмечается второй изгиб золотоносной зоны, в результате которого приобретает северо-западное простирание и пологое юго-западное падение.

Далее, на поисковых линиях 6 и 4 скважинами 660, 663 и 685 вскрыты две крутопадающие золотоносные зоны. Предполагается, что зона, вскрытая скважинами 660 и 663 является северо-восточным продолжением золотоносной зоны Центрального участка. Вскрытая мощность зоны по скважине 660 достигает 100,0 м, по простиранию прослежена на расстояние не менее 400,0 м. Максимальные содержания золота достигают 13,0 г/т, а среднее на интервал 31,2 м составляет 4,6 г/т. Для оруденения этой части характерны повышенная роль кварцевого материала и присутствие арсенопирит-пиритовой минерализации в виде послойных прожилков, но не вкрапленности.

В пределах восточного фланга Центрального участка скважинами 594, 606, 640 и 626 на глубине вскрыта вторая рудная зона. Залегая на 200-300 м ниже первой разведанной, она располагается субпараллельно ей, повторяя общую складчатость пород. Минеральный состав и текстурные особенности руд типичны для всего участка. В скважине 594 и 606 присутствует также сурьмяное оруденение в виде антимонитовых прожилков в сланцах или вкрапленности в кварце. В пределах зоны выделяется несколько обогащенных сурьмой интервалов, наибольший из которых имеет мощность 11,5 м и среднее содержание сурьмы 10,47%. Среднее содержание золота в скважине 594 составляет 4,7 г/т на 12,1 м. В плоскости разреза линии 8.0 золотоносная зона прослежена более, чем на 300м. В северо-восточном направлении происходит ее поднятие и она подсечена скважинами 619, 618, а юго-западное ее продолжение не оконтурено, т.к. она погружается ниже пробуренных здесь скважин.

В рудном поле Удерейского месторождения крупные кварцевые жилы (0,2 м и более) в пределах золотоносных зон, а также за их пределами, причем, независимо от того, с золотом они или безрудные, имеют северо-восточное простирание и северо-западное падение, а тонкие кварцевые прожилки, как правило, разноориентированны. Несмотря на то, что участки максимального тонкопрожилкового окварцевания часто совпадают с участками максимальной сульфидной минерализации, окварцевание является более поздним процессом, т.к. послойные пиритовые, арсенопиритовые, арсенопирит-пиритовые прожилки повсеместно секутся, смещаются и цементируются кварцевым материалом.

Ново-Удерейский участок

Сурьмяные руды на этом участке практически отсутствуют. Золотое оруденение приурочено к двум субпараллельным зонам сульфидной минерализации, интенсивного, тонкопрожилкового окварцевания карбонатно-глинистых сланцев. Простирание зон северо-восточное (35-40°), падение изменчивое – в плоскости одного разреза по поисковой линии 2 изменяется от крутого северо-западного (80°) до крутого юго-восточного (80°). По простиранию зоны прослежены на расстоянии 500-550 м, мощность составляет 20-25 м, на флангах происходит уменьшение до 5,0 м. Формы рудных зон и тел в плане и разрезе линзовидно-ленточные. Резких колебаний в содержаниях золота не наблюдается. Максимальные его значения достигают 30,0 г/т (скв.563, гл. 118,3-118,9м), вскрытая мощность золоторудного тела составляет 15,6 м при среднем содержании золота 4,2 г/т.

Юго-Западный участок

Сурьмяные руды Юго-западного участка представлены единой протяженной крутопадающей кварц-антимонитовой жилой с узкой призальбандовой полосой оруденелых сланцев. Иногда у жилы отмечаются мелкие апофизы, либо она расщепляется на несколько более мелких проводников с оруденелыми междужильными сланцами. Длина жилы по простиранию составляет 400,0 м, по падению прослежена до глубины 160,0 м, мощность изменяется от 0,2 до 1,5 м.

Золотое оруденение этого участка представлено, в основном, двумя типами.

Первый тип оруденения связан со слабой золотоносностью кварц-антимонитовой жилы и ее оруденелыми зальбандами. Содержание золота в них колеблются от «следов» до 13,2 г/т, в среднем составляя 1,0-1,5 г/т. Мощность этой рудной зоны, состоящей из кварц-антимонитовой жилы и золотоносных зальбандов, составляет 5-6 м. На горизонте штольни 3 по сравнению с поверхностью отмечается незначительное увеличение содержаний золота

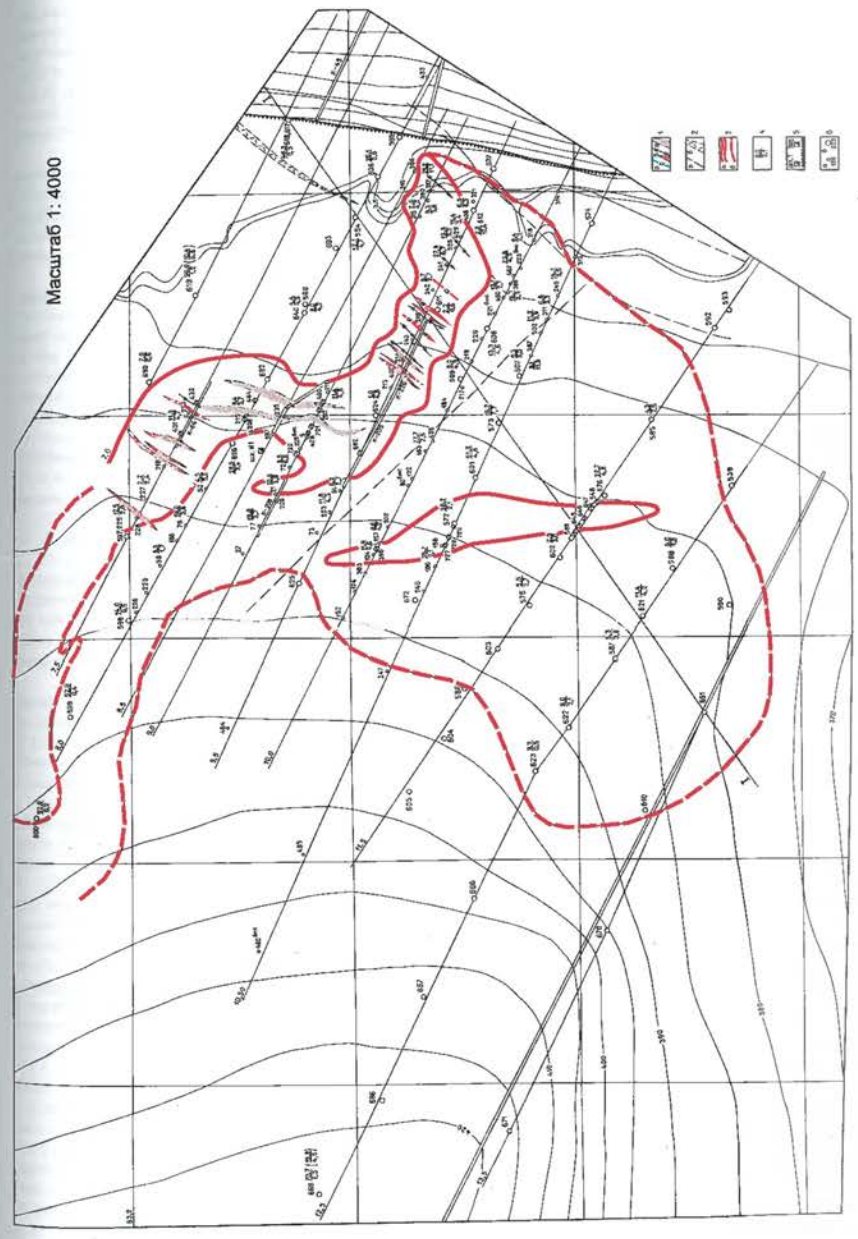


Рис. 3.79. Геологоразведочный план Центрального участка (по материалам геологоразведочных работ)
1 - кварцевые жилы (а), кварц-антимонитовые прожилки (б), сурьмяные рудные тела (в); 2 - тектонические нарушения (а), зоны дробления пород (б); 3 - контур выхода на поверхность золотоносной зоны (а) и установленный на глубине (б); 4 - в числителе мощность рудного тела в м, в знаменателе среднее содержание в г/т; 5 - горные выработки периода разведки на сурьму (шахта, шурфы, бортовая расчистка); 6 - скважины периода разведки на сурьму (а), оценочных работ на золото (б)

и мощности оруденелого интервала (рис. 3.82).

Второй тип связан со слабым проявлением сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания. Золотоносность его слабая и увеличивается по мере удаления от жилы в северо-восточном направлении.

Вещественный состав руд

На месторождении выделяются золотые и сурьмяные руды. Первые, по данным изучения технологических проб, состоят из кварца (46,2%), серицита (19,3%), карбонатов (3,5%), пирита (11%), арсенопирита (до 6,5%) и сростков этих минералов (13,5%). Сурьмяные руды представлены кварцем (59,0%), серицитом (11,0%, карбонатами (3,0%), антимонитом и бертьеритом (19,0%), пиритом (3,5%), арсенопиритом (1,5%). Под микроскопом встречаются сфалерит, галенит, блеклые руды, халькопирит и золото.

Текстуры сурьмяных руд соответствуют механизму их отложений и последующих преобразований. Преобладающим способом отложения минерального вещества при формировании сурьмяных руд было заполнение открытых полостей при ограниченном развитии метасоматоза. Среди многообразия текстурных типов руд наибольшим распространением пользуются руды массивной, брекчиевой, прожилковой и прожилково-вкрапленной текстур. Второстепенное значение имеют гнездовая, штокверковая и микродрузовая текстуры руд, развитые на месторождении локально.

Гипогенные минералы

Рудные минералы

Антимонит и бертьерит являются главными минералами собственно сурьмяных рудных тел, где выполняют мономинеральные жилы мощностью до нескольких метров, а также жилы бертьерит-антимонит-кварцевого состава. В зависимости от типа руды количество этих минералов изменяется от первых процентов в прожилково-вкрапленных рудах до 90-95% в массивных, а длина кристаллов от сотых долей миллиметра в массивных рудах до 1,0-1,5 см в прожилково-вкрапленных, причем размеры меняются в пределах одного полированного шлифа. Антимонит в отраженном свете белый, сильно анизотропен, с резким двуотражением и плеохроизмом от белого до серого цвета. Внутренние рефлексы отсутствуют. Микротвердость антимонита по 5 замерам при нагрузке 50 г равна 99 кг/мм². Бертьерит, содержание которого редко достигает 10-15%, образует агрегаты зерен неправильной, изометричной и линзовидной форм. Принадлежность зерен бертьерита подтверждена микрохимической реакцией на железо с родано-меркуриатом аммония, пленочной реакцией с КОН (20%) и рентгенометрически. Бертьерит всегда приурочен к зальбандовым частям антимонитовых жил либо участкам жил, обогащенных реликтами сланцев, что обусловлено, по-видимому, заимствованием железа из вмещающих пород для его образования при внедрении сурьмяных растворов. При замещении бертьерита антимонитом по краям зерен образуются мельчайшие кристаллы пирита, возникшие, вероятно, за счет высвободившегося железа. Между содержанием золота в руде и содержанием антимонита+бертьерита зависимость сложная. В более многочисленной выборке зависимость снивелирована. Увеличение содержаний золота происходит при постоянном «фоновом» содержании антимонита+бертьерита. В незначительной по количеству проб выборке, отобранной из совмещенного контура золотых и сурьмяных руд, устанавливается прямая зависимость между содержанием антимонита и золота: 142 г/т антимонита в породе соответствует 0,1 г/т золота, 200 г/т – 0,3 г/т, 500 г/т – 1,0 г/т и 884 г/т – 5,0 г/т золота.

Пирит является одним из наиболее распространенных минералов на месторождении. Он отмечается в сурьмяных, золотых рудах и во вмещающих породах.

В сурьмяных рудах он развит локально, главным образом, в антимонит-кварцевых прожилково-вкрапленных рудах в виде вкрапленности одиночных идиоморфных кристаллов и их агрегатов. Размер кристаллов пирита от 0,06-0,1 мм до 2,6 мм, агрегатов до 0,5x1,5 см. Очень редко пирит наблюдается в виде субмикроскопических зерен, образующихся в процессе перекристаллизации бертьерита в пирит-антимонитовый гранобластовый агрегат.

В золотых рудах пирит в количественном отношении является главным рудным минералом. Он образует рассеянную вкрапленность, эллипсоидальные и шлирообразные скопления, послойные образования. При всем многообразии форм проявления достаточно надежно выделяются три генерации пирита.

Пирит-1 представлен крупными агрегатами, сфероидально-колломорфными образованиями (конкрециями), внутренняя структура которых выявляется только при травлении. Центральная часть сфероидов, как правило, разъедается кварцем, по трещинкам замещается арсенопиритом, а по периферии образуется каемка переотложенного пирита-11 или гранобластического кварца с примесью серицита. По отношению к кварцу, карбонатам и всем рудным минералам пирит-1 является наиболее ранним образованием. Весьма вероятно, что основная масса пирита-1 возникла за счет железо-магнезиальных карбонатов вмещающих пород. В последствии пирит-1 практически полностью и повсеместно заместился арсенопиритом и пиритом-11. По времени образования пирит-11 близок к арсенопириту, т.к. отмечаются случаи накопления арсенопирита в трещинах пирита-11 и наоборот. Форма зерен пирита-11 кубическая, пентагон-додекаэдрическая, октаэдрическая. Размеры варьируют от долей 2 мм² до 1,0-1,5 см. Содержание в породе – от единичной вкрапленности до сплошных массивных образований, залегающих со слоистостью породы.

Если две первые разновидности пирита, имея явную метасоматическую природу, распространены в сланцах, то пирит-111, являясь, по-видимому, переотложенным, встречается только в кварцевых, кварц-карбонатных и антимонитовых жилах. Это правильные хорошо ограненные с ярким блеском граней кристаллы размером 0,4-0,7 см.

Между золотоносностью породы и содержанием в ней пирита отмечается прямая корреляционная связь до определенного уровня. Содержанию золота в породе 0,1 г/т соответствует 90 г/т пирита, 1,0 г/т – 600 г/т, 5 г/т – 1000 г/т пирита. дальнейшее увеличение содержания пирита увеличения концентрации золота не вызывает. Максимальными содержаниями золота характеризуется мышьяковистый пирит. содержания мышьяка в пирите по данным В.Г. Михеева (1981 г.) уменьшается от ранней генерации к поздней.

Арсенопирит, второй по значению рудный минерал, в пределах Удерейского месторождения распространен только в сланцах. Обособленная его вкрапленность непосредственно в кварце, либо антимоните отсутствует, а попадает он в жилы только находясь в реликтах сланцев. Макроскопически уверенно выделяются две его генерации. Первая, более ранняя, образует арсенопирит-пиритовые послойные прожилки. На очень раннюю кристаллизацию арсенопирита указывают редкие случаи его смятия совместно с вмещающими породами – кристаллы иногда изогнуты, образовавшиеся пустоты залечены кварцем. Арсенопирит-1 часто наблюдается в трещинках пирита-1 или замещает его до образования полных псевдоморфоз. Тесная парагенетическая связь арсенопирита с пиритом, интенсивное замещение второго первым, реликты пирита

Разрез по Р.Л. 10,0

материалам геологоразведочных работ)

ейская подсвита. Сланцы серицит-кварцевые, тонко-слоистые нат-серицитовые, углисто-серицитовые тонкозернистые ке серицитовые мелкозернистые неслоистые. 5 - тектонические онита (а), кварца (б), сеть тонкопрожилкового окварцевания (в), га, антимонита (б). 8 - контур золотоносной зоны. 9 - рудные га в г/т. 10 - контуры рудных тел. 11 - места отбора образцов ые выработки (кверштаги, восстающие, рассечки)

Разрез по Р.Л. 10,5

Разрез по Р.Л. 10,0

Продольный разрез

Разрез по Р.Л. 9,5

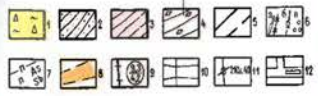


Рис. 3.80. Разрезы Удерейского месторождения (по материалам геологоразведочных работ)

1 - нижнечетвертичные отложения. Суглинки. 2 - средний рифей. Среднеудерейская подсвита. Сланцы серицит-кварцевые, тонко-слоистые зеленовато-серые. 3 - нижнеудерейская подсвита. Сланцы карбонат-серицитовые, углисто-серицитовые тонкозернистые иногда пелитоморфные, тонкослоистые.4 - сланцы карбонат-серицитовые, реже серицитовые мелкозернистые неслоистые. 5 - тектонические нарушения установленные (а) и предполагаемые (б). 6 - жилы и прожилки антимонита (а), кварца (б), сеть тонкопрожилкового окварцевания (в), 7 - послойные пиритовые прожилки (а), вкрапленность арсенопирита, пирита, антимонита (б). 8 - контур золотоносной зоны. 9 - рудные пересечения, в числителе мощность в м, в знаменателе - содержания золота в г/т. 10 - контуры рудных тел. 11 - места отбора образцов ориентированного керна, элементы залегания слоистости. 12 - подземные горные выработки (квершлаги, восстающие, рассечки)

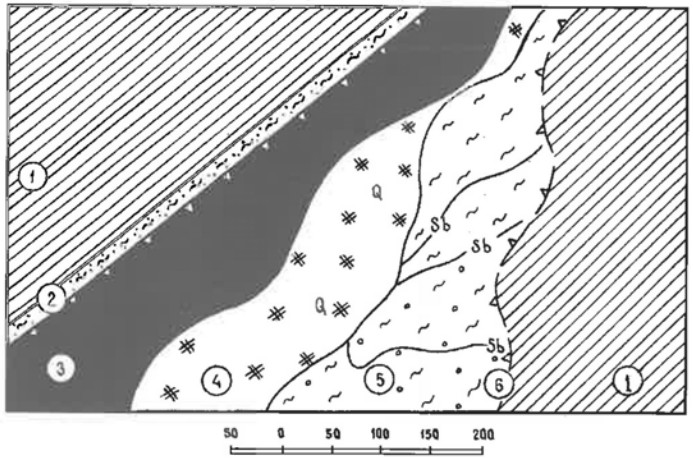


Рис. 3.81. Типичное строение сурьмяных рудных тел Центрального участка

1 - сланцы кварц-серицитовые; 2 - зона дробления представлена глиной с мелкими обломками и дресвой сланцев, кварца, антимонита№ 3 - антимонит тонкозернистый массивный либо сланцеватой текстуры. Лежачий контакт прямолинейный с бороздами и зеркалами скольжения; 4 - кварц с гнездами средне- и крупнозернистого антимонита (вкрапленная текстура); 5 - сланцы перемятые, измененные с прожилками антимонитового (прожилковая текстура) и кварц-карбонатного составов; 6 - контур сурьмяного рудного тела

внутри зерен арсенопирита свидетельствуют по мнению В.Г. Михеева (1979 г.) об образовании арсенопирита за счет железа и, вероятно, мышьяка из пиритов ранних генераций. Арсенопирит-11 образует сыпь игольчатых кристаллов в сланцах вблизи тонких кварцевых прожилков. Заметна его приуроченность к участкам с высоким содержанием углистого вещества. Следы катаклаза для этой генерации, в основном, не характерны. Общее содержание арсенопирита в породе – от единичной вкрапленности до 40-50% в сплошных арсенопирит-пиритовых скоплениях. К таким участкам приурочены максимальные содержания золота, т.к. между содержаниями арсенопирита и золота существует прямая зависимость (рис. 3.83). При содержании арсенопирита в породе 300 г/т содержание золота составляет 0,3 г/т, при 700 г/т увеличивается до 1 г/т, а при 1 кг/т уже достигает 8 г/т золота . По данным ИРГИРЕДМЕТа в самом арсенопирите содержание золота колеблется от 53,0 до 70,0 г/т, в среднем составляя 64,3 г/т, а отдельные анализы показали 600 г/т. Чем мельче кристаллы арсенопирита, тем выше в них содержание золота.

Сфалерит наблюдается как в кварцевых, так и бертьерит-антимонитовых жилах. В первом случае он образует агрегаты размером до 8 мм, состоящие из зерен неправильной формы размером 0,2-0,8 мм. Максимальные скопления отмечены на Центральном участке, где в стенке подземной выработки (р.л.10.0, квершлаг 7-сз) в мощной жиле кварца сфалерит образует шлирообразное пятно размером 0,8 м, густо насыщенное (10% площади) идиоморфными правильной огранки кристаллами размером 0,5-0,8 см. Под микроскопом видно, что сфалерит часто приурочен к границе зерен карбоната и кварца и замещается антимонитом. Оптические свойства обычные, внутренние рефлексы желто-бурые, характерные для маложелезистой разности. Вторая разновидность связана с бертьерит-антимонитовой ассоциацией, распространена меньше и образует обособления неправильной формы в срастании с халькопиритом и приурочена к границам зерен антимонита и бертьерита. Размер зерен не превышает 0,01-0,06 мм. Иногда наблюдается в виде микропрожилков, секущих агрегаты зерен бертьерита. Оптические свойства обычные, внутренние рефлексы бесцветные, возможно это клейофан.

Блеклая руда относится к редким минералам и обнаруживается только под микроскопом. Образует включения неправильной формы в срастании с халькопиритом по границам зерен бертьерита и антимонита. а также в виде единичных мелких (0,02-0,2 мм) скоплений в карбонате, реже кварце, иногда в срастаниях с пиритом. По отражательной способности , твердости, по микровдавливанию блеклые руды диагностируются как тетраэдрит.

Халькопирит под микроскопом наблюдается в тесном срастании со сфалеритом в межзерновых пространствах бертьерита и антимонита, в кварц-карбонатных прожилках в виде обособленных зерен размером до 0,05 мм, либо в срастании с тетраэдритом или мельчайших включений в сфалерите, реже пирите, иногда тончайших прожилковидных скоплений, подчиненных спайности антимонита. Часто образует срастания с галенитом, блеклой рудой и антимонитом в карбонатном материале.

Галенит образует редкие микровыделения до 0,2 мм в кварце и карбонате, тяготея к их контакту. Часто встречается совместно с тетраэдритом, замещая его, однако распространен гораздо в меньшей степени.

Золото на месторождении является тонкодисперсным и макроскопически не отмечается. Э.Г. Дистановым с сотрудниками (1977), а также В.Г. Михеевым с сотрудниками (1979 г.) отмечено под микроскопом несколько зерен золота среди арсенопиритовых включений в кварце а также в сростках с пиритом на границе зерен кварца и карбоната. Размеры золотин 0,005х0,02 мм, форма вытянутая, полуовальная. Пробность 860. Золото определялось по характерному желтому цвету, низкой твердости, высокой отражательной способности и изотропности. Два знака видимого золота размером 0,01-0,1 мм дендритовидной формы было также обнаружено в результате промывки хвостов керновых проб из сульфидизированных и тонкопрокварцованных сланцев (скв.612, инт.29,0-31,0 м). По данным пробирного анализа содержание золота в этой пробе составляло 0,4 г/т.

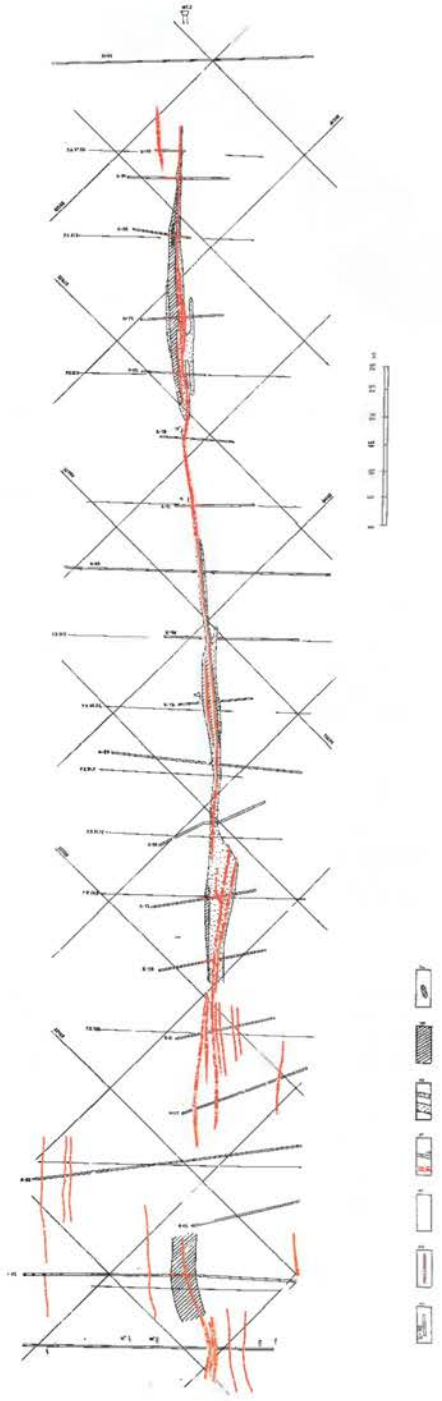


Рис. 3.82. Золотоносность кварц-антимонитовой жилы Юго-Западного участка (по материалам геологоразведочных работ)
1 - разведочные канавы; 2 - интервалы опробования; 3 - длина объединенного интервала в м (числитель), среднее содержание золота в г/т (знаменатель); 4 - кварцевые (1) жилы и с антимонитом (2). Ореолы золота с содержанием 0,1-0,9 г/т (5), 1,0-3,9 г/т (6) и 4,0-10,0 г/т (7)

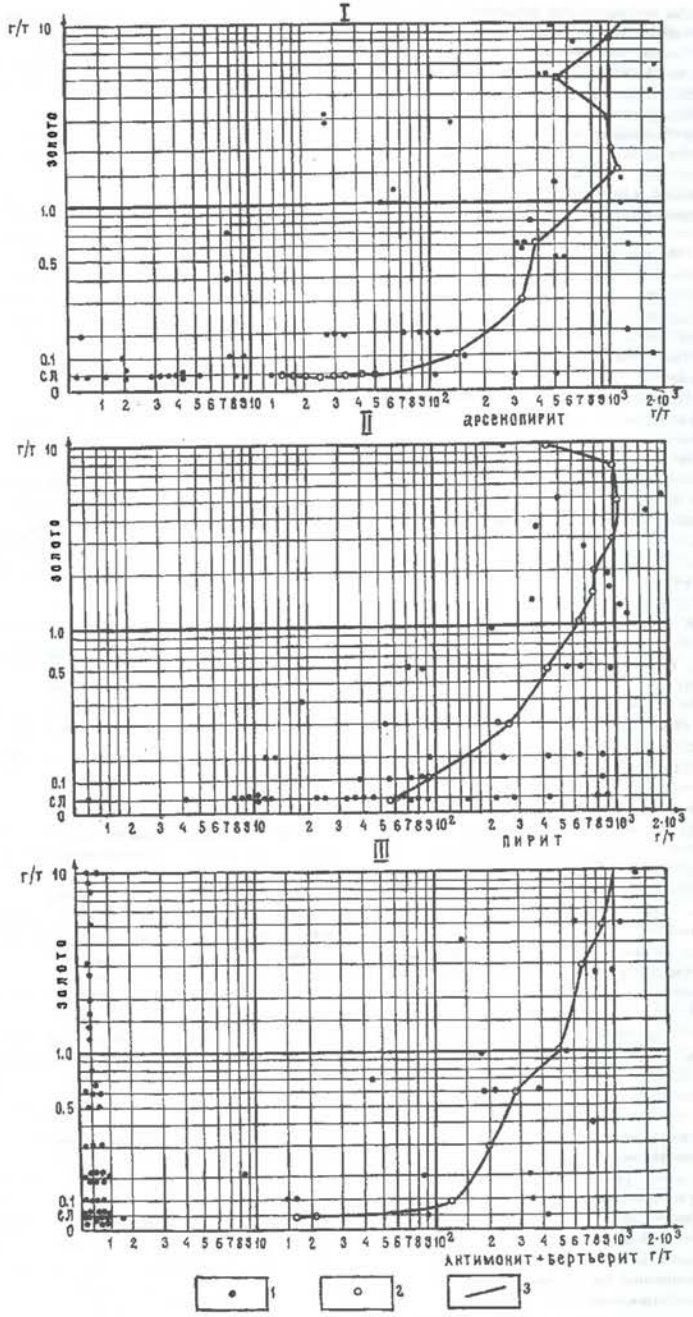


Рис. 3.83. Зависимость содержания золота от содержаний арсенопирита (I), пирита (II), антимонита+бертьерита (III)
1 - рядовые пробы; 2 - среднее по 3-м соседним выборкам; 3 - кривая средних содержаний в рудах Удерейского месторождения.

По результатам исследований технологических проб установлено, что золото на месторождении является тонкодисперсным с размерами зерен 0,007-0,01 мм, максимальные его содержания приурочены к участкам интенсивной пирит-арсенопиритовой минерализации и тонкопрожилкового окварцевания. По данным рационального анализа 44% золота связано с сульфидами, а 48% находится в кварце, обогащенном эмульсионной вкрапленностью арсенопирита. Под электронным микроскопом в арсенопирите выявлены микровключения золота гексаэдрического облика размером от 1,5 микрона и меньше.

Нерудные минералы

Кварц является основным жильным минералом сурьмяных и золотых руд месторождения. Выделяется три его генерации. Кварц-1 наблюдается очень редко в виде халцедоновидных прожилков в мелких трещинках катаклазированных сульфидов (пирит, арсенопирит). Кварц-2 на месторождении пользуется максимальной распространенностью. По морфологии жильных образований, местам преимущественного развития выделяются три его разновидности: кварц первой разновидности, по-видимому, наиболее ранний, имеет серый, светло-серый цвет, тонкопрожилковую форму проявления. Кварц второй разновидности светло-серого цвета слагает типичные жилы выполнения. В случае его наложения на золотоносные зоны сульфидной минерализации он становится золотоносным, за пределами их -- остается безрудным. Кварц третьей разновидности макроскопически не отличим от кварца второй разновидности, но жилы, выполненные им, развиты, в основном, за пределами золотоносной зоны и являются золотоносными без реликтов сульфидизированных пород. Эти жилы нами вслед за предыдущими исследователями отнесены к золото-кварцевым малосульфидным. Кварц-3 светлый, молочно-белый связан с формированием сурьмяных руд. Для него характерны различные формы проявления. Образует прожилки, гнезда или отдельные полупрозрачные кристаллы в антимонитовой массе, либо слагает жилы с многочисленными включениями карбоната в зальбандах. Ассоциирует с серицитом, сфалеритом, галенитом и другими поздними сульфидами.

В целом, кварц безрудный макроскопически довольно уверенно отличается от золотоносного кварца более светлой окраской, повышенным (до 40-50% и более) содержанием карбоната, быстро ржавеющего на воздухе, что указывает на высокую его железистость, обильной крупночешуйчатой серицитизацией реликтов сланцев, часто обнаруживаемой серовато-зеленой серицит-хлоритовой оторочкой мощностью 1,0-2,0 мм на контакте сланцев и кварца. Наличие хотя бы одного из перечисленных признаков свидетельствует о том, что пробирным анализом в этом кварце золото обнаружено не будет. В безрудных жилах и их зальбандах ранние сульфиды (пирит, арсенопирит) отсутствуют, зато часто отмечаются сульфиды поздней группы: сфалерит, галенит, халькопирит. В геохимическом отношении безрудные кварцы содержат резко повышенные значения свинца, цинка, немного меди, пониженные значения вольфрама и мышьяка.

Карбонат второй по распространенности жильный нерудный минерал. Максимальным распространением пользуется в призальбандовых частях кварцевых жил и областях их выклинивания. Подавляющая часть карбоната Удерейского месторождения по своему составу относится к сидериту, точнее к его магнезиальной разновидности – сидероплезиту (Колесниченко и др.,1970 г.). При этом устанавливается закономерность, что за пределами рудных зон состав карбоната существенно железистый, а в пределах золотоносных зон месторождения он преимущественно магнезиальный. Это обусловлено, на наш взгляд заимствованием части железа при образовании обильной сульфидной минерализации.

Серицит после кварца является вторым по распространенности минералом. Он постоянно присутствует во вмещающих породах, где слагает основную ткань, наблюдается на контактах сланцы – кварц и в тесной ассоциации с карбонатом. Зачастую в кварце он образует прожилковидные скопления, фиксируя бывшее положение практически полностью перекристаллизованных ксенолитов сланцев. Для "жильного" серицита характерны более крупные размеры чешуек и хаотичная их ориентировка.

Хлорит развит слабо, как правило, совместно с серицитом. Наличие серицит-хлоритовой оторочки у кварцевых жил на контакте со сланцами свидетельствует об отсутствии в них золота.

Гипергенные минералы

Процессами окисления золотые и сурьмяные руды затронуты весьма слабо. Гипергенные сурьмяные минералы наблюдаются, в основном, в рудных обломках элювиально-делювиальных свалов. Встречающиеся в делювии обломки чистого антимонита окружены, как правило, «рубашкой» до 1,0-2,0 см окисленных минералов. Распределение окисленных сурьмяных руд по глубине на Удерейском месторождении приведено в таблице 3.90.

Таблица 3.90

Распределение окисленных минералов

Глубина	Количество проб, шт.	% окисленной руды от общего количества
Поверхность	42	20,2
Глубина 20 м	39	14,8
Глубина 40 м	51	13,3
Глубина 50 м	55	10,0
Среднее	187	14,6

Гипергенные сурьмяные минералы представлены стибиконит-гидромеитом, кермезитом, сенамортитом, валентинитом.

Валентинит является ромбической модификацией окиси сурьмы и отмечается в пустотах антимонита и по трещинкам в бертьерите в виде розеток призматических кристаллов до 3 мм желтовато-кремового цвета. На сколах по плоскостям совершенной спайности виден сильный алмазный до перламутрового блеск, в трещинах покрывается буро-красными пленками.

Стибиконит-гидромеит среди окисленных сурьмяных минералов пользуются максимальным распространением. Встречается в виде полных и частичных псевдоморфоз по антимониту и имеет плотное, пористое или каркасное сложение. Под микроскопом изотропный. Рентгенометрически устанавливается кубическая симметрия минерала и принадлежность его к группе пирохлора.

Сенармонтит является кубической модификацией окиси сурьмы. Наблюдается в виде хорошо образованных октаэдрических кристаллов размером 0,1-0,4 мм, прозрачных, бесцветных с сероватым оттенком или белых с очень сильным алмазным блеском. Одиночные кристаллы и корочки нарастают на стенки трещин в антимоните или покрывают пустоты выщелачивания.

Гидротермально-метасоматические образования

В пределах рудного поля месторождения широким развитием пользуются процессы, которые рассматривались ранее как « гидротермальные околорудные изменения» с доставкой материала в систему извне. Работами последних лет установлено, что при всех этих изменениях существенного привноса вещества со стороны не было, а происходили они за счет материала исходной породы в результате его переработки и перегруппировки.

Наиболее интенсивно в рудном поле месторождения проявлены (по утвердившейся ранее терминологии) карбонатизация, сульфидизация, окварцевание, графитизация, серицитизация и хлоритизация.

Имеются две характерные особенности. Первая заключается в том, что проявлены только те изменения, минералы которых входят в состав вмещающих пород. Появление новых минералов не происходит. Вторая особенность состоит в том, что даже максимальные их проявления, за исключением сульфидизации, не изменяют внешний облик породы.

Карбонатизация по времени и форме проявления подразделяется на раннюю и позднюю. Ранняя карбонатизация заключается в мобилизации карбонатного вещества породы и отложений его в виде порфиробластов ромбовидной, либо полуовальной формы размером 0,05-0,2 мм. Она является важным свидетелем метаморфизма погружения (Шаров и др., 1978) и по времени либо сопряжена с образованием золото-сульфидной минерализации, либо происходит несколько ранее. Под микроскопом можно проследить все промежуточные фазы мобилизации первичного карбоната и его отложения в виде порфиробластов. Тектоническая сланцеватость способствовала этому процессу вплоть до вращения порфиробластов и образования овалоидов, чем придается породе очковая структура. При этом не исключается, что часть порфиробластов карбоната относится к «региональной карбонатизации» (Шаров, 1978), возникшей в связи с привносом в зеленосланцевые толщи из зон более высоких ступеней метаморфизма избыточных компонентов Ca, Mg, Fe. Подобная кристаллизация «синметаморфического» карбоната сопровождается, по данным В.А. Буряка (1973), равномерным рассеянием золота в зеленосланцевых породах без существенных концентраций. С кварц-антимонитовыми жилами связь карбонатных порфиробластов паратектоническая. Процесс образования порфиробластов наиболее интенсивно происходил в зонах рассланцевания и трещиноватости, которые впоследствии являлись благоприятными структурами для отложения кварц-антимонитовых жил. Поздняя карбонатизация заканчивает весь рудный процесс и выражена в образовании кварц-карбонатных и карбонатных прожилков. В первом случае карбонат выполняет призальбандовые части прожилков или области их выклинивания. С поздней прожилковой карбонатизацией связана группа поздних сульфидов: галенит, сфалерит, халькопирит, антимонит и незначительная часть довольно крупного золота.

Сульфидизация выразилась в образовании пиритовых, арсенопирит-пиритовых прожилков, линз, желваков и вкрапленности пирита и арсенопирита в виде идиоморфных кристаллов размером первые миллиметры. Сульфидные прожилки и линзы располагаются строго по слоистости породы, повторяя и подчеркивая ее складчатые формы. Мощность изменяется от 0,5 до 10,0 см и более. Контакты сульфидных образований, состоящих на 80-90% из пирита и 10-20% арсенопирита плавные, постепенные, реже четкие, контрастные. Образовались они раньше кварцевых жил и прожилков, о чем свидетельствуют многочисленные пересечения, смещения, дробление и цементация первых кварцевым материалом. При этом наблюдается переотложение мелкозернистого пирита в кварце в виде крупных кристаллов сложной формы. Послойное развитие пиритовых тел, заметная их приуроченность к ранним карбонатным слоям, частичное замещение карбоната (сидерита) пиритом свидетельствуют об образовании послойной пиритизации за счет первичного карбонатного вещества. Мнения В.Г. Михеева (1979 г.), что послойная пиритизация Удерейского месторождения возникла благодаря «...струйчатой фильтрации рудоносных растворов», а также Г.А. Середенко (1979), объяснявшего все разнообразие форм проявления пиритовой минерализации исключительно различным планом деформаций, нам кажутся ошибочными. Проведенный химический анализ вмещающих пород и пород рудной зоны показал, что они характеризуются одинаковыми содержаниями железа (9,52-9,79%), только во вмещающих породах оно представлено в закисной форме, а в рудной зоне – окисной. Это свидетельствует в пользу того, что при образовании столь распространенной на месторождении сульфидной минерализации привнос железа со стороны отсутствовал, она заимствовалась из вмещающих пород, главным образом, за счет железо-магнезиальных карбонатов, в меньшей мере, по-видимому, за счет железа хлоритов. При этом осуществлялся активный привнос серы, о чем свидетельствует выдержанный и довольно однородный изотопный состав серы сульфидов Удерейского месторождения, для которого характерно утяжеление (табл. 3.91).

Окварцевание выразилось в формировании сети кварцевых прожилков и жил мощностью от долей мм до нескольких метров. Это один из самых длительных процессов. Начался он чуть позже сульфидизации и закончился при локализации сурьмяных руд. Выделяется два типа окварцевания. Первый, наиболее ранний, представлен тонким прожилками невыдержанной мощности и морфологии с нечетким контактами с вмещающими породами. Второй тип окварцевания, более поздний, формирует прямолинейные с четкими контактами, выдержанной ориентировки прожилки, образовавшиеся путем выполнения открытых полостей и трещин. Кварц, как правило, светло-

Таблица 3.91

Изотопный состав серы сульфидов Удерейского месторождения

Место взятия	Минерал	Содержание золота, г/т	Количество определений	δS^{34} (‰) от	δS^{34} (‰) до
	Антимонит	-	14	+14,7	+9,8
	Бертьерит	-	1		+5,8
	Пирит	-	6	+6,6	+4,3
	Арсенопирит	-	1	-	+5,8
С.559, гл.118,0	Пирит	сл	1	-	+6,3
С.560, гл.187,3	Арсенопирит	2,3	1	-	+7,7
С.560, гл.203.5	Арсенопирит	2,7	1	-	+11,8
С.560, гл.225,5	Пирит	0,3	1	-	+8,6

Примечание: первые 4 результата по Э.Г. Дистанову (1977), остальные по В.С.Власову (1981 г.) и выполнены в отделе геохимии стабильных изотопов сектора металлогении ИГФМ АН УССР на масспектрометре МП-309, точность измерений d S^{34} = 0,2 ‰

серый, серый, темно-серый, в зависимости от количества включенных обломков вмещающих пород. Форма зерен кварца под микроскопом неправильная, изометричная с зазубренными контактами. Крупные зерна, как правило, катаклазированы и залечены мелкозернистым кварцем более поздних генераций.

Химические анализы вмещающих пород и пород рудной зоны показывают, что формирование рудной зоны, несмотря на присутствие кварцевых жил и широкое развитие тонкопрожилкового окварцевания, происходило без существенного привноса кремнезема, а путем его мобилизации из исходной породы.

Серицитизация пород проявляется совместно с поздней карбонатизацией в виде отдельных чешуек или чешуйчатых агрегатов в призальбандовых частях кварцевых жил, в областях их выклинивания и на контактах реликтов сланцев. От первичного серицита, слагающего под микроскопом основную ткань шлифа, этот серицит отличается более крупными размерами чешуек и хаотичной их ориентировкой. Установлено, что в рудных зонах он либо отсутствует, либо отмечается в незначительных количествах. Кварцевые жилы, которые содержат серицит, как правило, не золотоносны.

Хлоритизация развита весьма слабо. Хлорит как и серицит встречается на некотором удалении от рудных зон на контактах кварц-карбонатных жил в виде тонких (до 1-2 мм) оторочек серовато-зеленого цвета. Кварцевые жилы с подобными оторочками не золотоносны, но в них часто присутствует вкрапленность антимонита или устанавливаются повышенные содержания сурьмы.

Графитизация пород представлена в виде равномерно распределенной по площади шлифа пыли, сгустков, иногда тонких нитевидных скоплений углеродистого вещества. Последние тяготеют к границам слойков существенно кварцевого или существенно серицитового составов, тем подчеркивая слоистость породы. Подобное проявление углистого вещества исключает, по-видимому, вероятность миграционного или вторично-аллохтонного его происхождения (Волкова,1980). Некоторое повышение количества углеродистого вещества наблюдается около зонок рассланцевания. Максимальные содержания углеродистого материала достигают 3-5% площади шлифа. В этом случае здесь же отмечается арсенопирит.

Петрохимические особенности рудообразования

Обработка 154 химических анализов руд и вмещающих пород Удерейского месторождения выявила следующее.

Среднее содержание *кремнезема* в золотоносной зоне составляет 53,85%, и практически, не отличается от средних содержаний его в подстилающих (52,70%) и перекрывающих породах (54,23%), несмотря на то, что золотоносная зона, в отличие от вмещающих пород, содержит кварцевые жилы мощностью до 6,0 м. Содержание кремнезема в сульфидизированных сланцах с сетью тонких кварцевых прожилков (без мощных кварцевых жил) составляет 51,63%, что уже меньше, чем во вмещающих породах без кварцевых жил. Становится весьма вероятным, что формирование кварцевых жил и прожилков происходило без привноса кремнезема, по крайней мере, значительного количества, а путем его мобилизации из исходной породы.

Содержание *глинозема* в золотоносной зоне и в совмещенном контуре золотых и сурьмяных руд значительно меньше (14,88 и 14,99% соответственно), чем во вмещающих породах (18,32 и 18,65%). А во вмещающих породах его содержание соизмеримо с содержанием глинозема в породах за пределами месторождения (17,90%) и со средним составом отложений удерейской свиты (18,16%) по данным Э.Ф.Румянцевой (1975).

Наиболее интересным и информативным является поведение *железа* (рис. 3.84, 3.85). Содержание закисного и окисного железа в золотоносной зоне и во вмещающих ее породах и в породах за пределами месторождения одинаково и составляет 9,5± 0,2 вес. %. Близкими цифрами характеризуются и филлиты удерейской свиты в целом. Но если во вмещающих породах и породах за пределами месторождения сумма ($FeO+Fe_2O_3$) на 93% представлена FeO, то в рудной зоне она на 91% состоит из Fe_2O_3. Петрографические наблюдения, силикатный и фазовый, химический, рентгеноструктурный и термический анализы свидетельствуют о том, что FeO во вмещающих безрудных породах отражает, главным образом, содержание железистого карбоната – сидерита и в незначительных количествах железосодержащие слоистые силикаты, а Fe_2O_3, определяемая по результатам химических анализов как разность между железом валовым и железом закисным и пересчитанная в окисную форму, соответствует железу пиритному. Об этом свидетельствует интенсивная пиритизация в рудной зоне, участками доходящая до образования сплошных пиритовых скоплений, и полная согласованность кривых содержаний окисного железа, определенного силикатным химическим анализом, и железа пиритного, определенного фазовым химическим анализом. Коэффициент корреляции между Fe_2O_3 и Fe-пиритного в исследуемой выборке составляет 0,94. При этом, определение железа валового в керновых пробах с параллельным определением весового содержания сульфидов однозначно показали, что при увеличении количества сульфидов от породы к руде на три (!) порядка содержание железа валового остается постоянным на уровне 7,0 вес.%. Привнос железа со стороны для образования сульфидной минерализации практически отсутствовал. Это свидетельствует о том, что широко распространенный на месторождении пирит, являющийся основным рудным минералом золотоносных зон, образовался за счет железа карбонатов и, отчасти, железосодержащих слюд. Подтверждением тому является часто наблюдаемая приуроченность послойных пиритовых и пирит-арсенопиритовых прожилков к слойкам существенно карбонатного составов, а под микроскопом – замещение зерен карбоната пиритом. Послойная форма распределения карбонатов обусловила послойный характер развития арсенопирит-пиритовых прожилков.

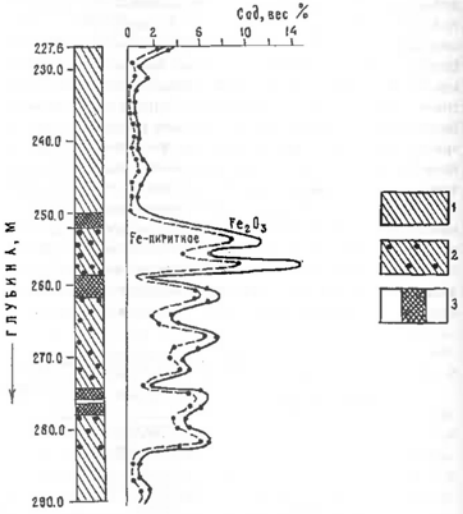


Рис. 3.84. График содержаний Fe2O3 и Fe-пиритного в золотоносной зоне по данным опробования скважины

1-сланцы карбонатно-глинистые; 2 - то же, с интенсивной сульфидизацией и тонкопрожилковым окварцеванием; 3 - кварцевые жилы.

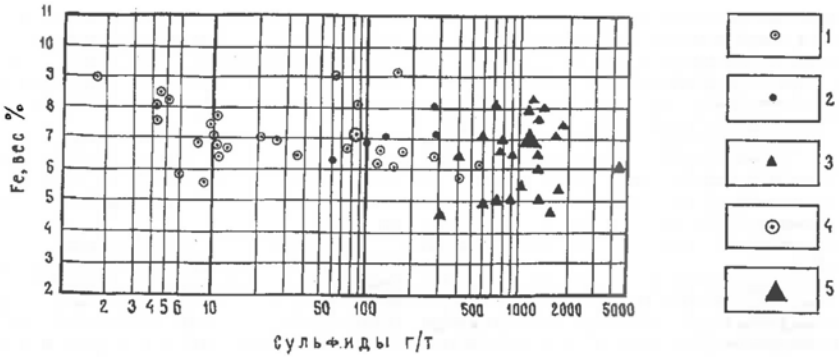


Рис. 3.85. Содержание железа валового и сульфидов (пирит, арсенопирит) во вмещающих породах и золотоносной зоне Удерейского месторождения

1-3 -породы (1 - пиритизированная, незолотоносная, 2 - пиритизированная, золотосная и 3 - с пирит-арсенопиритовой минерализацией, золотоносная); 4 - среднее по безрудной породе; 5 - среднее по породе с золото-сульфидной минерализацией (руде).

Вышеизложенный материал свидетельствует о высокой степени изохимичности поведения петрогенных компонентов при образовании золотоносных зон сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания .

Изучение поведения всех петрогенных компонентов в совокупности с другими наблюдениями, в основном, петрографического и геохимического характера, позволили сделать попытку реконструировать первичный состав пород, по которым изначально формировалась золоторудная минерализация. Наиболее благоприятными для образования золотоносной зоны были породы, относительно обедненные по отношению к выше- и нижележащим кремнеземом и магнезиально-железистыми алюмосиликатами, но обогащенные железосодержащими карбонатами. Железо карбонатов послужило основным фактором образования золото-сульфидной минерализации именно в этом, а не другом месте. А физико-механическая неоднородность сульфидизированных сланцев обусловила образование многочисленных макро- и микросрывов, способствующих впоследствии формированию тонкопрожилкового окварцевания, а еще позднее - отложению кварц-антимонитовых жил. Для последних пиритизированный горизонт явился, по-видимому, и геохимическим барьером.

Вторичные и первичные ореолы рассеяния элементов

Вторичные ореолы рассеяния

Характеристика элементов в покровных отложениях площади Удерейского рудного поля приводится по результатам литогеохимической съемки масштаба 1:10000, выполненной в 1979 году. Масштаб съемки и анализируемый круг элементов (золото, серебро, мышьяк, сурьма, ртуть, вольфрам и другие) выдвинули эту съемку в число наиболее удачных из всех выполненных.

В результате этой съемки установлено следующее.

1. Ореолы золота, мышьяка и бария относительно равномерно распространены по всей площади рудного поля. Ореолы сурьмы, свинца, меди, цинка, кобальта, никеля, бериллия, марганца, серебра, вольфрама, а также отрицательные ореолы ванадия тяготеют к северной и центральной частям рудного поля (правобережье реки Удерей), а положительные ореолы ванадия – к южной правобережной части.

2. Северо-Восточный и Центральный участки фиксируются комплексными контрастными ореолами золота, сурьмы, мышьяка, серебра, слабоконтрастными ореолами вольфрама, бериллия и отрицательными аномалиями ванадия. Ореолы кобальта, никеля и марганца развиты лишь по периферии участков, причем на Северо-Восточном участке ореолы меди приурочены к северному, цинка - к южному флангам участка, а на Центральном участке наоборот, медь к южному, а цинк к северному флангу. Свинец на обоих участках тяготеет к центральным частям.

3. Геохимическое поле Юго-Западного участка представлено слабоконтркастными ореолами сурьмы, мышьяка, мелкими единичными ореолами меди, свинца, никеля, ванадия. Все ореолы группируются, в основном, в местах выклинивания кварц-антимонитовой жилы, где распространены также и ореолы золота.

4. На основании приведенных фактов и установленного ряда зональности можно предположить уменьшение уровня эрозионного среза от Юго-Западного участка к Северо-Восточному, то есть в этом направлении повышается вероятность обнаружения собственно сурьмяных руд.

З о л о т о образует мелкие слабоконтрастные линейно-вытянутые, реже овальной формы ореолы. Развитые практически на всей площади съемки. Наиболее крупными из них являются следующие.

Ореол №1 расположен в пределах Северо-Восточного участка, размеры 400х600 м, содержание колеблется от 0,006 до 1,0 г/т при фоне «н/о», продуктивность 8200 м²г/т.

Ореол №2 приурочен к Центральному участку, размеры 170х400 м, содержание варьирует от 0,006 до 1,0 г/т, продуктивность 1440 м²•г/т. Имеет удлиненную в северо-восточном направлении форму с раздувом в центральной части.

Ореол №3 расположен на северном фланге Юго-Западного участка, форма изометричная, размеры 350х500 м, содержание колеблется от 0,006 до 1,0 г/т, продуктивность 7200 м²•г/т .

Ореол №4 приурочен к южному флангу этого же участка, имеет линейно-вытянутую, с расширением к северу форму, размеры 150х700 м, содержания от 0,006 до 1,0 г/т, продуктивность 6720 м²•г/т.

Ореол №5 трассирует Надеждинскую жильную зону, вытянут в северо-восточном направлении, имеет размеры 80х1300 м, содержания от 0,006 до 1,0 г/т, продуктивность – 4500 м² г/т. Характеризуется наибольшей протяженностью и контрастностью.

М ы ш ь я к в Удерейском рудном поле образует широко развитые ореолы площадного характера, отличающиеся один от другого контрастностью, формой, размерами.

Ореол №1 фиксирует Северо-Восточный участок, его размеры 400х600 м, содержание варьирует от 0,01 до 0,03% при фоне 0,006%, исключая северную часть, где его содержание более 0,1%. Форма неправильная, продуктивность 6600 м²%.

Ореол №2 расположен в пределах Центрального участка, имеет линейно-вытянутую в северо-восточном направлении форму, небольшие размеры 200х650 м, контрастный, содержания колеблются от 0,01 до 0,1%, продуктивность 1080 м²%.

Ореол №3 выявлен северо-западнее участка Центрального участка, имеет линейно-вытянутую в северо-восточном направлении форму, небольшие размеры 200х650 м и контрастность, содержания колеблются от 0,01 до 0,1%, продуктивность 1080 м²%.

Ореол №4 выявлен северо-западнее участка Центрального. Отличается неправильной формой, слабоконтрастен, размер 300х900 м, содержание изменяется от 0,01 до 0,03%, продуктивность 1440 м²%.

Ореол №5 фиксирует Юго-Западный участок. Имеет большие размеры (400х1800 м), вытянут в северо-восточном направлении, слабоконтрастен, содержание составляет от 0,01 до 0.03% с отдельными максимумами до 0,1% и более, продуктивность 9520 м²%.

С у р ь м а. Ореол с содержанием 0,003-0,005% занимает фактически всю заснятую площадь на левобережье реки Удерей, уходя за ее пределы., южнее р.Удерей – оконтуривают участок Юго-Западный и Надеждинскую жильную зону. Более мелкие ореолы выявлены в верховьях руч. Степановского.

Ореолы сурьмы с содержанием 0,005-0,01% и более развиты меньше и занимают небольшие по размеру площади.

Ореол №1 локализуется в пределах Северо-Западного участка, имеет неправильную форму, на востоке уходит за границы съемки. Оконтуренные размеры 500х600 м, контрастен, содержания колеблются от 0,005 до более 0,1%, продуктивность 90000м²%.

Ореол №2 фиксирует Центральный участок, имеет овальную форму, вытянут в северо-восточном направлении, размеры 250х500 м, содержание колеблется от 0,005 до 0,1%, продуктивность 1200 м²%.

Р т у т ь образует точечные слабоконтрастные ореолы, вытянутые цепочкой в различных направлениях по всей площади съемки. Содержание колеблется от 0,000006 до 0,00004% при фоновом значении «н/о». Наиболее контрастные точечные ореолы ртути вытянуты цепочкой северо-восточного простирания от верховьев руч. Степановского на юге до участка Северо-Восточного на севере. Наиболее крупный ореол ртути расположен в южной части участка Северо-Восточного.

С е р е б р о образует крупные по площади контрастные ореолы вокруг Северо-Восточного и Центрального участков и мелкие слабоконтрастные ореолы в периферийных их частях, а также в северной части площади съемки. Форма ореолов изометричная, размеры от точечных до 400х400 м, содержания от0,00001 до 0,00003% при фоновых «н/о».

В о л ь ф р а м наблюдается в виде площадных, слабоконтрастных ореолов, фиксирующих Северо-Восточный и Центральный участки и более мелкие на северо-западном фланге рудного поля. Точечные ореолы вольфрама распространены в верховьях руч. Степановского и на северном окончании Юго-Западного участка. Содержания вольфрама колеблются от 0,0006 до 0,001% при фоновом «н/о».

Первичные ореолы элементов в породах и рудах

Первичные ореолы Удерейского золото-сурьмяного месторождения начали изучаться уже после его детальной разведки на сурьму (Власов и др., 1976 г.; Сазонов и др., 1980).

Геохимическое поле месторождения имеет сложный полиформационный характер. Законы распределения микроэлементов удовлетворительно не описываются ни нормальным, ни логнормальным законами, ни законом Вейбулла. Исходным распределениям микроэлементов в наибольшей степени соответствуют логарифмы концентраций. Первичные ореолы не являются типичными ореолами привноса, либо выноса, а, в большей степени, соответствуют ореолам перераспределения.

В связи с комплексным характером месторождения в его пределах выделяются два типа геохимических поля. Первый тип связан с формированием золотоносной зоны, а второй - с внедрением кварц-антимонитовых жил среди зоны сульфидной минерализации.

Золотоносная зона сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания четко фиксируется только ореолами мышьяка. Его содержание колеблется от 0,003 до 1,0% и более, в среднем составляя 0,01-0,02%. Ореолы мышьяка с содержанием 0,005-0,008% выходят за пределы изученных участков и фиксируют, по-видимому, рудное поле месторождения в целом. Содержание мышьяка 0,01-0,1% отражает зоны повышенной золотоносности (0,1-0,9 г/т), рассеянной сульфидной арсенопирит-пиритовой минерапизации и кварцевого прожилкования, содержание 0,1-1,0% соответствует собственно золоторудным телам, а содержания мышьяка более 1,0% (до 5-6%, реже более) тяготеют к наиболее богатым золоторудным интервалам.

Марганец и ванадий всегда имеют отрицательные связи с золотом. Отрицательные ореолы этих элементов приурочены к максимально золотоносным интервалам, и наоборот. Сурьма и свинец имеют сходный характер поведения. Коэффициент корреляции между ними во всех минеральных ассоциациях очень высокий. Ореолы с максимальной концентрацией сурьмы и свинца приурочены к зонам развития золото-кварцевых малосульфидных и кварц-антимонитовых жил. Ореолы остальных элементов не дают закономерной картины, что свидетельствует об индифферентном их поведении в золоторудном процессе. Тем не менее, статистическая обработка спектральных анализов показала, что золотоносная зона по сравнению с вмещающими породами имеет повышенные содержания мышьяка в 10 раз, вольфрама в 6 раз, но обеднена марганцем в 3 раза, ванадием и сурьмой в 1,3 раза (рис. 3.86, табл. 3.92).

Перекрывающие породы, по сравнению с золотоносной зоной, и подстилающими отложениями характеризуются незначительными понижениями содержаний свинца, цинка, меди, никеля, кобальта, олова, а подстилающие – повышенными значениями свинца, кобальта, цинка, хрома, ванадия. Кварц золотоносный из золото-сульфидной зоны, макроскопически не отличимый от кварца малосульфидных золото-кварцевых жил, развитых за пределами зоны, при одинаковом содержании золота в них характеризуется повышенными значениями мышьяка в 5 раз (!), хрома в 4 раза и вольфрама в 1,6 раза. Весьма показательно, что золото-кварцевые малосульфидные жилы, развитые вне золото-сульфидной зоны, содержат повы-

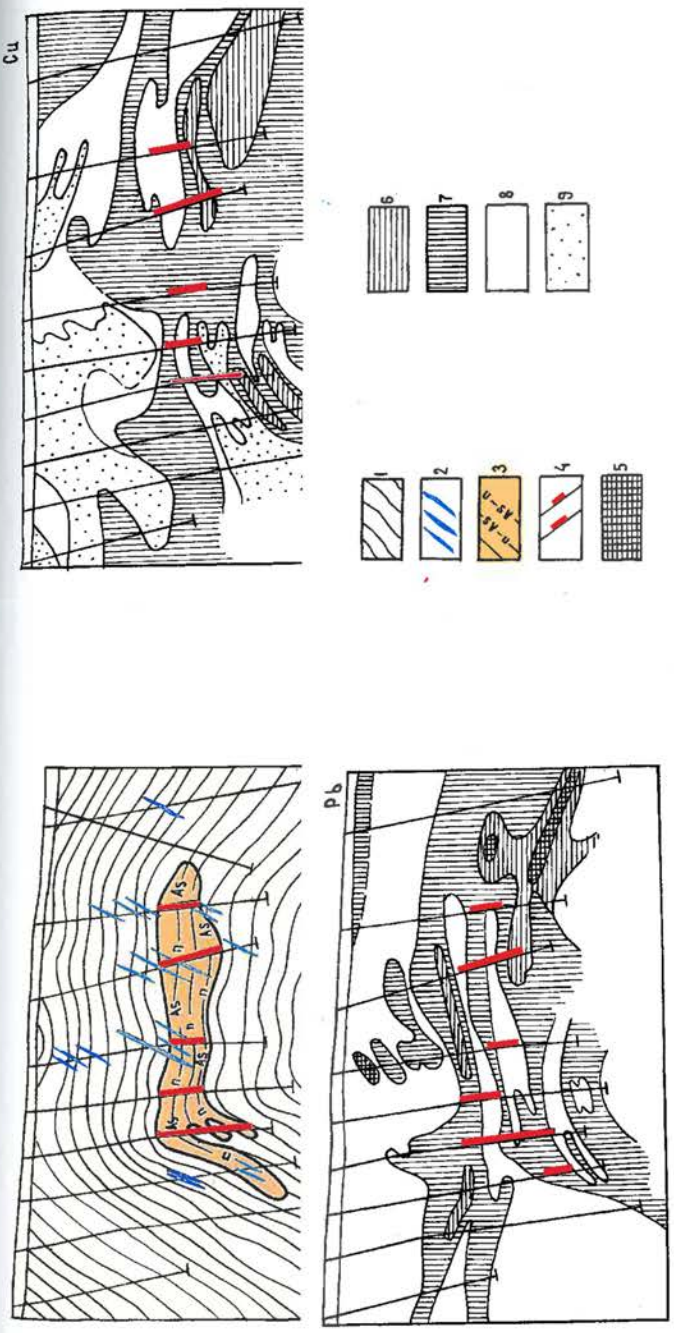


Рис. 3.86. Геологический разрез и первичные ореолы золотоносной зоны Удерейского месторождения (рл. 1.5)

1 - спанцы кварц-серицитовые, кварц-карбонат-серицитовые; 2 - кварцевые жилы; 3 - золотоносная зона сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания; 4 - скважины, утолщенной линией выделены золотоносные интервалы. Содержания элементов, %: 5 - As>0,3, Pb 0,03-0,01, W 0,008-0,05; 6 - As 0,1-0,2, Sb 0,02-0,08, Zn>0,03, Pb 0,008-0,004, Cu 0,02-0,01, W>0,003, Mn 0,08-0,06, V 0,02; 7 - As 0,08-0,03, Sb 0,015-0,008, Zn 0,02, Pb 0,003-0,002, Cu 0,008, W>0,001, Mn 0,03-0,02, V 0,01; 9 - As<0,01, Sb<0,005, Zn<0,008, Cu<0,006, Mn<0,01, V<0,01

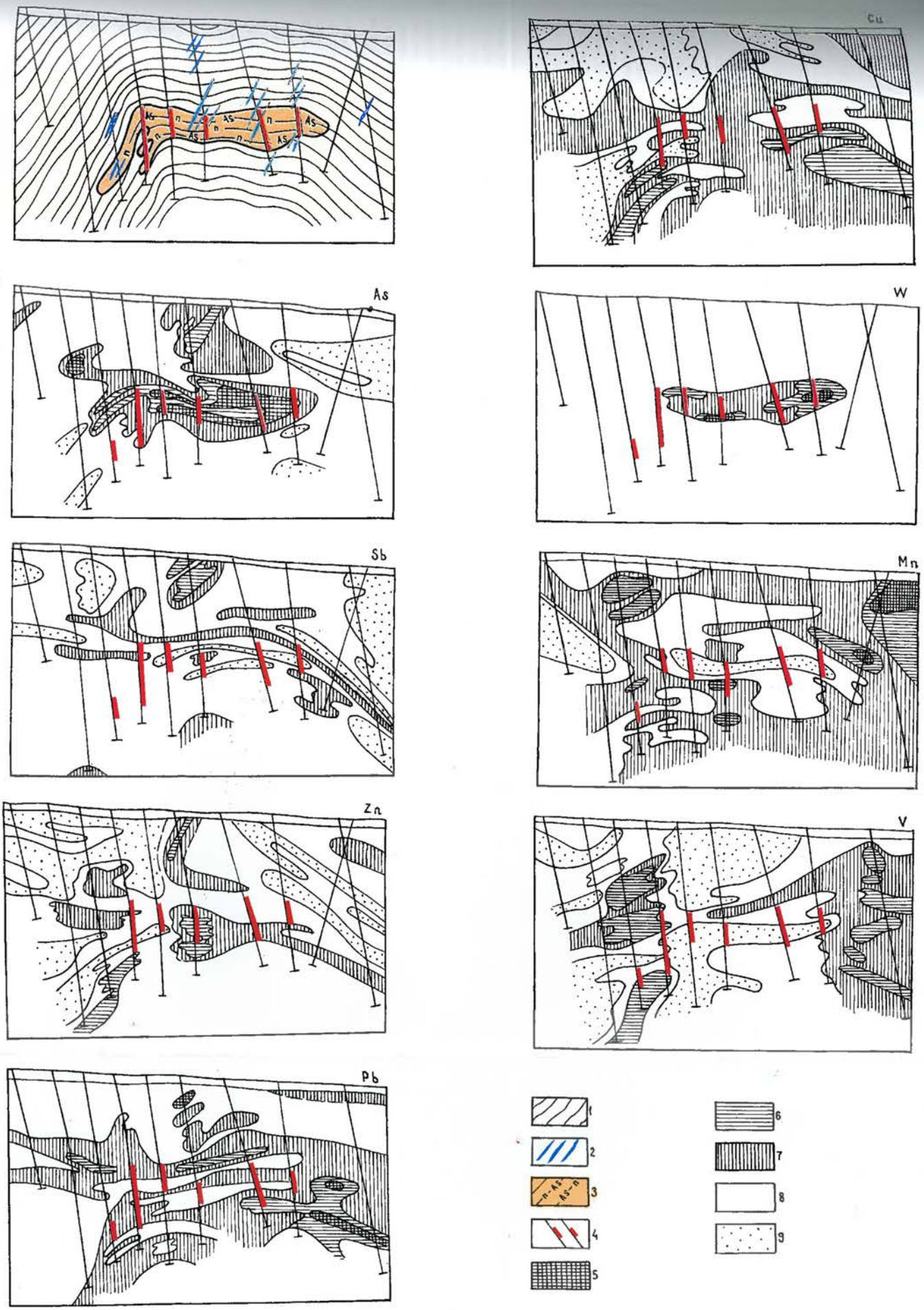


Рис. 3.86. Геологический разрез и первичные ореолы золотоносной зоны Удерейского месторождения (рл. 1.5)

1 - сланцы кварц-серицитовые, кварц-карбонат-серицитовые; 2 - кварцевые жилы; 3 - золотоносная зона сульфидной минерализации и тонкопрожилкового окварцевания; 4 - скважины, утолщенной линией выделены золотоносные интервалы. Содержания элементов, %: 5 - As>0,3, Pb 0,03-0,01, W 0,008-0,05; 6 - As 0,1-0,2, Sb 0,02-0,08, Zn>0,03, Pb 0,008-0,004, Cu 0,02-0,01, W>0,003, Mn 0,08-0,06, V 0,02; 7 - As 0,08-0,03, Sb 0,015-0,008, Zn 0,02, Pb 0,003-0,002, Cu 0,008, W>0,001, Mn 0,03-0,02, V 0,01; 9 - As<0,01, Sb<0,005, Zn<0,008, Cu<0,006, Mn<0,01, V<0,01

Таблица 3.92

Распределение микроэлементов в кварцевых жилах Удерейского месторождения

Элементы	Кварц безрудный (21)		Кварц золотоносный вне рудной зоны (6)		Кварц золотоносный из рудной зоны (16)	
	Среднее	S	Среднее	S	Среднее	S
Золото	100,6	135,7	2833,3	2657,6	4088,1	4065,3
Свинец	31,4	107,9	23,0	21,7	2,9	3,7
Цинк	46,1	103,2	10,7	9,0	10,8	6,8
Медь	11,6	13,8	9,3	6,6	6,3	2,3
Мышьяк	115,1	198,5	201,0	188,5	596,3	413,3
Никель	13,2	17,6	12,2	8,6	16,7	25,6
Кобальт	1,6	3,2	3,9	5,6	1,6	0,8
Хром	5,8	3,5	2,3	1.9	8,7	7,6
Олово	0,6	1,5	2,0	3,1	0,1	0,1
Бериллий	0,5	0,1	0,5	-	0,4	0,2
Вольфрам	0,3	0,7	0,5	1,2	0,9	0,8
Ванадий	7,1	5,2	7,3	6,8	7,6	6,3
Сурьма	29,7	108,0	129,2	196,3	4,3	2,0
Марганец	127,1	195,9	174,7	217,0	35,1	43,0

Примечание: в скобках – количество проб в выборке; золото в 10^{-3} г/т, остальные элементы в 10^{-3}%

шенные значения свинца в 10 раз (!), сурьмы в 6 раз (!), марганца в 3,5 раза, меди и никеля в 2 раза. При их образовании существенную роль играла золото-сурьмяная минерализация, в то время как у первых – золото-мышьяковая. Все незолотоносные кварцы от золотоносных отличаются резко пониженными содержаниями мышьяка, сурьмы, но повышенными марганца.

Совмещенный контур кварц-антимонитовых жил и золото-сульфидной зоны характеризуется широким развитием ореолов сурьмы, золота, мышьяка, свинца, меди, цинка, кобальта, никеля и ряда других элементов. Из перечисленных элементов только ореолы мышьяка совпадают с золоторудными интервалами, а свинца - с сурьмяными рудными телами. Остальные элементы образуют ореолы, не совпадающие ни с сурьмяными, ни с золоторудными телами. Причем, в пределах рудной зоны ореолы линейно вытянутые, узкие и высококонтрастные, в то время как за пределами зоны они имеют большую ширину и слабую контрастность. По-видимому, в рудной зоне происходило перераспределение микроэлементов.

На основании расчета коэффициентов ранговой корреляции выделяются следующие ассоциации элементов: вольфрам-мышьяковая, золото-мышьяковая, золото-свинцовая с серебром, позднесульфидная (галенит, сфалерит, блеклые руды, карбонат).

Ряд зональности выглядит следующим образом (сверху вниз): мышьяк - сурьма-золото-уран-свинец-медь-цинк-вольфрам-ванадий-кобальт-никель. В силу того, что ореолы локальны, прерывисты, и в целом, не выходят за пределы контура развития рудных тел, все элементы, за исключением сурьмы и мышьяка, являются малоинформативными при поисках подобных руд, но могут быть использованы для определения уровня эрозионного среза (Власов и др., 1976 г). В качестве надрудных и рудных элементов приняты золото, мышьяк, сурьма, и отчасти, свинец подрудных - цинк, медь, кобальт, никель.

Геофизическая исследования в скважинах

Геофизические исследования в скважинах на месторождении выполнялись при его разведке на сурьму Удерейским каротажным отрядом Южной геофизической экспедиции (Стеблева и др.,1973г) и при изучении его золотоносности Ангарской каротажной партией этой же экспедиции (Власов и др.,1981г).

Целевым назначением геофизических исследований первого периода, связанного с разведкой месторождения на сурьму, являлось решение следующих задач:

- выделение в разрезах скважин рудных пересечений, определение их мощности и глубины залегания;
- контроль технического состояния ствола скважин;
- определение мест притоков подземных вод в гидрогеологических скважинах;
- выделение в разрезах скважин радиоактивных руд (массовые поиски).

Для решения поставленных задач применялся следующий комплекс методов: метод кажущихся сопротивлений (КС), гамма-каротаж (ГК), гамма-гамма каротаж плотностный (ГГК-П), гамма-гамма-каротаж селективный (ГГК-С), кавернометрия, резистивиметрия – в наземных станциях и ГК, ГГК-П, ГГК-С, инклинометрия – в подземных скважинах.

Геофизические исследования выполнялись в масштабе 1:200 (рудные пересечения в масштабе 1:50) автоматической электронной каротажной станцией АЭКС-400 в наземных скважинах и регистратором Н-360 в наземных скважинах. Метод кажущихся сопротивлений (КС) выполнен зондами МО,5АО,16В,О1М1А. Радиоактивный каротаж выполнен радиометром ПРКС-2 и РСК-М, кавернометрия – малогабаритным каверномером КМ-1, инклинометрия – инклинометрами ИК-2 и УМП-25.

Кварц-антимонитовые жилы обладают высокими значениями кажущихся сопротивлений (6000-10000 Ом•м), тогда как вмещающие сланцы характеризуются значениями кажущихся сопротивлений порядка 1000-3000 Ом•м, что позволяет довольно уверенно выделить их по кривым КС. Руды месторождения отличаются избыточной плотностью 0,4-0,5 г/см³ от вмещающих пород, что дает возможность применить метод ГГК-П для выделения рудных интервалов в разрезах скважин. Кварц-антимонитовые жилы, как и все кварцевые жилы, зоны прожилкового окварцевания обладают низкими значениями естественной гамма-активности на фоне вмещающих пород, что позволяет выделять их методом ГК.

Геофизическими исследованиями в скважинах при изучении золотоносности месторождения предусматривалось решение следующих задач:

- выделение в разрезе скважин зон сульфидной минерализации, кварцевых жил, определение их мощности и глубины залегания;
- определение азимутальных и зенитных искривлений стволов скважин.

Для решения этих задач применялся следующий ком-

плекс геофизических методов: каротаж скользящими контактами (СК), каротаж электродных потенциалов (ЭП), гамма-каротаж (ГК), инклинометрия.

Каротажные работы выполнялись переносной каротажной установкой «Виток» с самопишущим регистратором Н-361, автоматической электронной каротажной станцией СГ-74 (фоторегистратор НО17). При регистрации использовался масштаб 1:200.

Зоны сульфидной минерализации в разрезах скважин выделялись сначала по областям с повышенной электропроводностью, а внутри этих областей - по повышенным показаниям каротажа ЭП. Кварцевые жилы и зоны интенсивного окварцевания отражались низкими значениями g-активности и электропроводности. В условиях невысокого выхода керна данные каротажа при определении мощности, строения и глубины залегания зон сульфидной минерализации, особенно при слабой ее интенсивности, не менее информативны, чем данные бурения.

Гамма-каротаж скважин осуществлялся как вспомогательный метод для выделения литологических разновидностей вмещающих пород, кварцево-жильных образований. Установлено, что гамма-активность вмещающих пород месторождения составляет 7-30 мкр/час, а кварцевых жил и прожилков не превышает 1-9 мкр/час.

На юго-западном фланге Центрального участка проведены геофизические исследования методом заряда в объеме 0,0768 км² в модификации скважина-поверхность. Питающий электрод А заземлялся в скважине № 601 на глубине 83 м. Второй питающий электрод В заземлялся на расстоянии 1,6 км от устья скважины № 601 по азимуту 38°. Измерение градиента потенциала проводилось по профилям через 40 м с шагом через 20 м. Регистрация осуществлялась поточечно электронным стрелочным компенсатором ЭСК-1. Проведенными работами определен контур сульфидных зон в проекции на дневную поверхность. Пробуренными в последствие скважины установили, что рудная зона распространена гораздо шире площади, на которой выполнены исследования методом заряда. В пределах контура золотоносной залежи выделены две аномальных зоны проводимости северо-восточного простирания, которые в первом приближении совпадают с наиболее золотоносными участками.

Технологические свойства руд

На месторождении выделяются сурьмяные и золотые руды, которые в пространстве несколько обособлены. Технологические свойства сурьмяных руд изучались во время проведения детальной разведки на сурьму в период до 1973 года, а золотые руды - во время поисково-оценочных работ на золото в 1979-1981 годах.

Характеристика сурьмяных руд

По своему качеству и технологическим свойствам сурьмяные руды месторождения делятся на два типа: богатые и рядовые. Богатые руды представлены антимонитовыми жилами с содержанием сурьмы более 30%, не требуют обогащения и являются природными концентратами. Рядовые руды сложены кварц-антимонитовыми, кварцевыми жилами с включениями антимонита и оруденелыми зальбандами.

Физические свойства сурьмяных руд

Сурьмяные руды представлены антимонитовыми, кварц-антимонитовыми жилами и оруденелыми вмещающими сланцами. Среднее содержание в рудах полезных и вредных компонентов по участкам и месторождению в целом приведены в таблице 3.93.

Таблица 3.93

Средние содержания элементов в сурьмяных рудах

	Содержание			
	Сурьма, %	Золото, г/т	Мышьяк, %	Железо, %
Центральный участок	10,19	1,3	0,73	5,33
Юго-западный участок	12,57	1,0	0,66	5,13
Среднее по месторождению	10,53	1,3	0,70	5,31

Таблица 3.94

Содержание элементов в сурьмяных рудах

Элементы	Содержание, %	
	Проба 3	Проба 4
Сурьма	5,0	11,65
Мышьяк	1,40	1,0
Сера	4,94	-
Свинец	0,06	0,13
Цинк	0,05	-
Медь	0,05	следы
Ртуть	0,0016	0,0012
Железо	6,2	7,8
Золото, г/т	1,42	0,8
Серебро, г/т	0,8	3,8

Объемный вес руды колеблется от 2,81 т/м³ для руд с низким (до 5,8%) содержанием сурьмы до 3, 87 т/м³ для руд, не требующих обогащения (более 30% сурьмы). Коэффициент разрыхления изменяется от 1,76 до 2,39 при среднем значении 1,88. Кусковатость: класс мельче 50 мм составляет 60,1% от всей руды, классы 50-100 мм, 100-200 мм и более 200 мм имеют одинаковый выход. Более крупная фракция представлена обломками кварца с антимонитом, либо штуфной рудой, в мелочи преобладают оруденелые сланцы. Влажность руд месторождения колеблется от 0,03 до 2,14% при среднем значении 0,5%.

Технологические свойства сурьмяных руд

Технологические свойства сурьмяных руд месторождения и разработка оптимальной схемы обогащения исследовались институтом «Средазниипроцветмет», а изучение вопросов металлургического передела концентратов осуществлялась на промышленном оборудовании Кадамжайского комбината.

Проба 1 отобрана из канавы 31, поэтому в ней оказалось повышенное (40%) содержание окисной сурьмы, что не является характерным для руд месторождения. Состав пробы 3 существенно сланцевый с прожилками и гнездами кварца и антимонита, а проба 4 преимущественно кварц-антимонитового состава и с более высоким содержанием сурьмы.

На основании приведенных исследований установлено, что наиболее приемлемой схемой переработки сурьмяных руд Удерейского месторождения является прямая селективная флотация при измельчении исходной руды на 80% до крупности 0,074 мм. В результате при флотации руды получается концентрат с содержанием 50% сурьмы и 10 г/т золота при их извлечении 96,5 и 50% соответственно.

Повышенное содержание мышьяка (4,23%) по сравнению с комбинированными схемами обогащения (2,2-2,5%) не являются в настоящее время препятствием. Металлургическая переработка концентратов собственно сурьмяных руд Удерейского месторождения предполагается на Кадамджайском комбинате, где технология получения сурьмы

высших марок из мышьяковистых руд, а также золота (из руд Сарылахского месторождения) решена. Золотосодержащие кеки после металлургического передела направляются на Терексайский завод для извлечения золота.

Рекомендуемая институтом «Средазниипроцветмет» схема обогащения сурьмяных руд Удерейского месторождения соответствует схеме обогащения руд Раздолинского месторождения. Руды последнего перерабатывались на местной обогатительной фабрике и металлургическом заводе в течение 30 лет и технология их переработки изучена вполне достаточно. По своему вещественному составу и структурно-текстурным особенностям руды этих двух месторождений близки.

Технологические свойства золотых руд

Технологические свойства золотых руд изучались на материале двух проб в Иркутском государственном научно-исследовательском институте редких и цветных металлов (ИРГИРЕДМЕТе) и Забайкальском комплексном научно-исследовательском институте (ЗабНИИ).

Проба №1, исследованная в ИРГИРЕДМЕТе имела вес 308,6 кг и была отобрана из керна скважин №№ 465, 466, 411, 460, 462,157, 424, 502, 387, 246, 461, 389, 412, 469, 470, 471, 317, 458, а проба №2, изучение которой проводилось в ЗабНИИ имела вес 106 кг и была взята из керна скважин 601, 608, 621.

Золотые руды месторождения состоят из кварца (47,6-65,8%), слюдисто-глинистых минералов (21,7-37,3%), карбонатов (0,7-1,2%), темноцветных и акцессорных минералов – эпидота, циркона, рутила, роговой обманки, апатита (0,5-0,9%), рудных минералов – пирита (4,1-4,8%), арсенопирита (2,3-6,0%), антимонита (0,002-1,2%), сфалерита, халькопирита, галенита, блеклой руды (0,023-0,3%), гипергенных минералов (1,6-4,0%), золота (2,9-5,8 г/т) и следов серебра.

Золото в рудах на 34,0-44,4% связано с сульфидами, а 48,4-58,1% его находится в кварце, который обогащен им за счет эмульсионной вкрапленности арсенопирита.

Для переработки руды рекомендуется схема, предусматривающая коллективную флотацию сульфидов при pH 5 (извлечение 98% золота) с последующей переработкой коллективного концентрата по схеме: обжиг при температуре 600°, щелочная обработка едким натром в течение часа, доизмельчение до 95% класса – 0,063 мм, цианирование в течение 24 часов при концентрации цианида 0,1%. Извлечение, золота из концентрата по этой схеме составило 81,2%. Сквозное извлечение золота из удерейской руды находится в пределах 80-81%. Разработанная схема, несмотря на упорный характер руд, обеспечивает получение устойчивых и достаточно высоких технологических показателей по извлечению золота в коллективный концентрат. Определенные трудности вызывает извлечение золота из самого концентрата, где оно присутствует, в основном в виде тонкой вкрапленности в арсенопирите и обуславливает относительно низкие технологические показатели. На тот период изученности проблемы представлялось, что при дальнейшей разработке технологической схемы необходимо провести уточнение режимов окислительного обжига и последующего цианирования, а также определить технико-экономическую целесообразность применения сверхтонкого помола руды и механической активации, так как поисковыми опытами показана возможность повысить извлечение золота до 92-94%.

Подсчет запасов

Подсчет запасов сурьмяных руд

При разведке месторождения на сурьмяные руды Удерейское месторождение сурьмы (Стеблева и др., 1973 г.) согласно «Инструкции ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям ртутных и сурьмяных руд (вып. 1962г)» было отнесено к месторождениям третьей группы.

Подсчет запасов выполнен по проекту постоянных кондиций, разработанному институтом «Средазниипроцветмет» для Удерейского месторождения сурьмы по двум вариантам его отработки: открытого и подземного.

Основные параметры кондиций следующие:

- минимально-промышленное содержание сурьмы 3,9% для открытой и 5,8% для подземной добычи;
- бортовое содержание 1,2% для открытой и 1,8% подземной добычи;
- минимальная мощность рудных тел 2,0 и 0,8 м соответственно;
- переводной коэффициент от золота к сурьме 0,13% за 1 г/т.

Объемный вес руды установлен на основании 375 определений. Выявлена зависимость между содержанием сурьмы в руде и ее объемным весом. Для руд с содержанием сурьмы 1,2-5,8% объемный вес составлял 2,81 т/м³; с содержанием 5,8-10% - 2,94т/м³; 10-20% - 3,1т/м³; 20-30% - 3,27т/м³; 30% - 3,87 т/м³.

Влажность руд находилась в пределах 0,47-0,57%, в связи с чем при определении объемного веса она не учитывалась.

Исходя из морфологии, пространственной ориентировки и размеров рудных тел, а также характера их разведанности, запасы Северо-Восточного и Юго-Западного участков подсчитаны методом геологических блоков, а основные запасы Центрального участка – методом вертикальных разрезов. При этом на Центральном участке подсчет запасов выполнен раздельно в контурах карьеров по кондициям для открытой отработки и ниже контура карьеров по кондициям для подземной отработки.

На Северо-Восточном участке выделено 21 рудное тело и 21 подсчетный блок, на Центральном участке 43 рудных тела и 96 блоков и Юго-Западном - 4 и 8 соответственно.

В целом, при детальной разведке на сурьму по месторождению подсчитано:

- балансовых руд по категории C_1 – 329,3 тыс. т, сурьмы – 34,6 тыс.т при среднем ее содержании в рудах 10,53%, в том числе для открытых работ запасы руды 264,3 тыс. т, сурьмы –26,7 тыс.т при среднем содержании 10,10%;
- забалансовых руд по категории C_1 - 159,6 тыс.т, сурьмы – 5,9 тыс.т при среднем содержании 3,68%, в том числе в контуре открытых работ – руды 53,6 тыс.т, сурьмы 1,5 тыс.т при среднем содержании 2,78%;
- запасы руды категории C_2 составляют 12,7 тыс.т, сурьмы 1,2 тыс.т при среднем содержании сурьмы 9,42%.

В забалансовые отнесены запасы в контурах карьеров Центрального участка и для подземной отработки с содержанием сурьмы в руде ниже минимально-промышленного и выше бортового, а также запасы всех мелких рудных тел, расположенных за пределами карьеров на Центральном участке и все запасы Северо-Восточного участка.

На Центральном участке сосредоточено 82% запасов сурьмяных руд, причем основная их часть - в 5 рудных телах (№№ 11, 12_1, 12_{11}, 37 и 38). Исходя из условий их залегания институтом «Средазниипроцветмет» наиболее рациональным принят комбинированный способ отработки Центрального участка месторождения: карьером до глубины 70 м и шахтой более глубокие горизонты. Юго-Западный участок предполагается отработать подземным способом. До горизонта +430 м – используя штольню 3, расширив ее сечение, а до горизонта + 400 м – при помощи укло-

нов. Разработка сурьмяных руд Северо-Восточного участка ввиду малого их количества не предусматривается.

Подсчет запасов золотых руд

При подсчете запасов рудного золота по завершению поисково-оценочных работ (Власов и др.,1981 г.) использованы кондиции, принятые для месторождения Эльдорадо в Северо-Енисейском районе:

1. Минимально-промышленное содержание золота – 3,4 г/т;
2. Бортовое содержание золота 1,5 г/т
3. Минимальная мощность рудных тел – 3 м
4. Максимальная мощность безрудных или некондиционных прослоев, включаемых в контур балансовых запасов – 5 м.

Согласно классификации ГКЗ (Инструкция по применению классификации запасов к коренным месторождениям золота, 1961) Удерейское месторождение относится ко второй группе.

Основные запасы золотых руд сосредоточены на Центральном участке, в меньшей мере – на Ново-Удерейском.

Золотоносная зона Центрального участка представлена интенсивно сульфидизированными и прожилково-окварцованными сланцами. Контуры промышленного оруденения выделяются по данным опробования. Форма рудных тел относительно простая – линзовидная, ленточная с раздувами и пережимами.

Всего на Центральном участке выделено 11 рудных тел, подсчет запасов произведен по 8 рудным телам. Практически все балансовые запасы (93% или 14013 кг металла) сосредоточены в рудном теле 1. Оконтуренная площадь его в плане составляет 350 х 450 м, мощность изменяется от 3 до 50 м, составляя в среднем около 15 м. В пределах рудного тела 1 выделено 19 блоков с балансовыми запасами и более 14 блоков с забалансовыми. Результаты подсчета запасов отражены в таблице 3.95.

Таблица 3.95

Результаты подсчета запасов рудного золота по рудным телам Центрального участка

Рудные тела и их номера	Балансовые запасы категории C_2			Забалансовые запасы категории C_2		
	Руды, тыс.т	Ср.сод. золота, г/т	Запасы золота, кг	Руды, тыс.т	Ср.сод. золота, г/т	Запасы золота, кг
Рт 1	3054	4,6	14013	1038	2,4	2522
Рт 3	64	3,6	230	238	2,4	563
Рт 4	134	3,8	509	123	2,0	242
Рт 7	--	--	--	37	3,1	116
Рт 7[а]	6	3,4	20	5	2,3	12
Рт 7[б]	36	7,8	284	137	1,9	261
Рт 8	--	--	--	6	2,6	16
Рт 9	--	--	--	47	2,6	121
Рт 10	9	4,5	39	--	--	--
Рт 11	8	4,2	36	--	--	--
Всего	3311	4,6	15131	1631	2,4	3853
в т.ч. запасы стоящие на балансе			445,2			

Общее количество балансовых запасов составляют: руда 3311 тыс. т, металл 15131 кг при среднем содержании 4,7 г/т. Были выявлены четыре пробы с «ураганным» содержанием металла. После их замены запасы снизились на 280 кг металла, а среднее содержание составило 4,6 г/т.

Следует отметить, что 75% балансовых запасов (11528 кг) сосредоточено до глубины 150 м, что определяет возможность отработки участка открытым способом, а 61,4% балансовых запасов золота расположено юго-западнее линии 10,0, где сурьмяные рудные тела уже отсутствуют. Это дает возможность при необходимости отработать 9462,4 кг золота, не вовлекая в эксплуатацию сурьмяные рудные тела.

Степень разведанности золотых руд, изученности вещественного состава, гидрогеологических и горно-технических условий их отработки позволили при оценке месторождения классифицировать подсчитанные запасы по категории C_2. Но по технологическим свойствам руды относятся к упорному золото-сульфидно-кварцевому сырью, переработка которых сложнее, а извлечение металла несколько ниже, чем у традиционных золото-кварцевых руд. В этой связи подсчитанные на месторождении запасы категории C_2 позднее стали квалифицировать как прогнозные ресурсы категории P_1 на Центральном и P_2 на Ново-Удерейском участках.

Гидрогеологические и горно-технические условия отработки

Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия месторождения изучались, в основном, во время проведения его детальной разведки на сурьму (Стеблева и др., 1973 г.).

По гидрогеологическому районированию район месторождения находится в центре Больше-Питского гидрогеологического массива Енисейской складчатой области.

Удерейское месторождение расположено в долине реки Удерей, в месте впадения в нее ручья Безымянного. Для обоих этих водотоков характерны исключительно высокие модули стоков в среднегодовом разрезе. В реку Удерей стекает до 66%, а в ручей Безымянный до 76% всех выпадающих осадков. В паводковый период эти показатели возрастают соответственно до 84 и 92%. Среднегодовое количество осадков составляет 754 мм, большая половина из которых выпадает в жидком виде. Максимум приходится на август-октябрь, минимум на февраль-март. Количество дней с осадками достигает 203. Преобладает тонкий моросящий дождь. Ливневые осадки редки. Максимум суточных осадков достигает 91 мм (1969 г.). Район отличается высокой относительной (73%) и низкой абсолютной (4,5 г/м³) влажностью.

В пределах месторождения выделяются водоносные горизонты делювиально-элювиальных отложений, современных аллювиальных отложений и подземные воды зоны открытой трещиноватости в сланцах удерейской свиты. Опыт разведки месторождения на сурьму и целенаправленные гидрогеологические исследования показывают, что запасы вод этих горизонтов при проходке подземных выработок быстро срабатываются и с увеличением глубины подземных выработок существенного увеличения водопритока не происходит. Наиболее обводнены породы до глубины 25 м, дающие около 70% водопритоков в карьеры. Также установлено, что воды зоны открытой трещиноватости имеют гидравлическую связь с поверхностным водотоком – ручьем Безымянный. Около 60% поступавшей воды в шахту при разведке месторождения на сурьму приходились на короткий северо-восточный штрек, но направленный в сторону поймы руч. Безымянный.

Основным мероприятием по уменьшению водопритоков в карьеры Центрального участка, будет изоляция вод ручья Безымянного в зоне подземного водосбора рудника. С этой целью ручей Безымянный необходимо взять в лотки на территории предполагаемой депрессионной воронки, то есть на протяжении 2,8 км от устья ручья вверх. Длина этого ручья 14 км, ширина 1,5-3,0 м, площадь водосбора 15 км², меженный расход 0,009 м³/сек, а во время весенних паводков – 2,5 м³/сек. В эти же лотки предполагается направить сток рудничных вод.

Расчеты показывают, что в случае изоляции ручья Безымянного при отработке Центрального участка среднегодовой приток в карьеры 1, 2 и в ствол шахты составит 225 м³/час, при этом в паводок он будет в 2 раза больше, чем в межень. На Юго-Западном участке среднегодовой приток в добычную штольню будет равен 5 м³/час, а максимально-возможный приток атмосферных (ливневых) вод достигнет 100 м³/час,

Химический состав подземных вод характеризуется постоянством. Они относятся к ультрапресным гидрокарбонатным магниевым или натриевым, реже к смешанным гидрокарбонатно-сульфатным водам с минерализацией, не превышающей 0,1 г/л. По водородному показателю они относятся к слабокислым (pH = 5,8-6,8). Общая жесткость находится в пределах 0,3-0,8 мг*экв., что позволяет отнести их к чрезвычайно мягким водам. По содержанию гидрокарбонат-иона воды считаются агрессивными по отношению к обычному портланд-цементу, а встречающиеся воды с содержанием свободной углекислоты (до 90 мг/л), обладают углекислотной агрессией. Содержание токсичных элементов (меди, свинца, мышьяка, цинка) находится по данным спектральных анализов в пределах требований ГОСТа 2874-54.

По физическим свойствам подземные и поверхностные воды являются чистыми, без вкуса и запаха, с температурой 3-7°С. В целом, химический состав и физические свойства вод позволяют считать их вполне пригодными для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения. Исключением являются поверхностные воды реки Удерей, которые не пригодны для хозяйственно-питьевого использования из-за интенсивных разработок россыпных месторождений золота в его верховьях. В связи с этим, водоснабжение будущего горнорудного предприятия институтом «Средазниипроцветмет» рекомендуется организовать за счет поверхностных вод ручья Безымянного, а также устройства подземных водозаборов в долинах этого ручья и реки Удерей. Минимальный меженный расход руч. Безымянного - 32 м³/час. Вода в ручье ультрапресная (минерализация менее 0,03 г/л) гидрокарбонатного кальциевого состава, не содержит токсических элементов.

Все вышесказанное относится для условий отработки сурьмяных руд месторождения. Институтом «Средазниипроцветмет» отработка сурьмяных руд на Центральном участке предусматриваются первые 7 лет двумя обособленными карьерами с последующей завершающей подземной (шахтной) отработкой. Карьеры 1 и 2 разрабатываются одновременно с продвижением фронта работ с северо-востока на юго-запад. В связи с незначительным удалением карьеров друг от друга на участке возможна организация единого карьерного хозяйства. После отработки собственно сурьмяных руд они соединяются в единый карьер, но уже по добыче золотых руд, который также развивается в юго-западном направлении. На Юго-западном участке предусматривается реконструкция штольни 3 сечением 7,2 м² на горизонте +430 м и проходка уклона до горизонта +405 м и горизонтальных выработок из него протяженностью около 400 м.

Золотые руды, как уже отмечалось, на поверхность выходят в области развития сурьмяных руд и, следовательно, в поле карьеров 1 и 2 и погружаются от них в юго-западном направлении. Наиболее эффективным способом их отработки будет дальнейшее развитие «сурьмяных» карьеров путем слияния их в единый с дальнейшим развитием его в юго-западном направлении. Глубина карьера определится экономическим расчетами. По нашему мнению она составит порядка 150 м, что позволит отработать 75% балансовых руд золотых руд (11528 кг металла) Центрального участка. Учитывая, что основной водопритоки на месторождении создают породы до глубины 25 м и поверхностные воды ручья Безымянного, то при дополнительной отработке золотых руд, предположительно до глубины 150 м, существенного дополнительного водопритока не ожидается. Предполагается, что эта цифра не будет превышать 250 м³/час.

Гидрогеологические условия Ново-Удерейского участка, занимающего по ресурсам золота второе место после Центрального, определяются положением большей части рудной зоны в пойме реки Удерей. Ширина ее долины в пределах участка 0,9 км, ширина русла 8-12 м. Среднегодовой расход воды – 2,1 м³/сек, максимальный – 33,2 м³/сек. Опыт разработки Раздолинского месторождения, находящегося в аналогичных гидрогеологических условиях, свидетельствует о том, что при отработке Ново-Удерейского участка подземным способом максимальный водоприток в выработки составит 200-250 м³/час. Эта цифра значительно уменьшится при отводе русла р.Удерей в пределах участка к правому борту долины.

Горно-технические условия

Горные породы относятся, в основном, к полускальным грунтам. Их основные физико-химические свойства определяются глубиной залегания и степенью тектонической переработки. Объемный вес сланцев (часто с сульфидами) изменяется от 2,66 до 3,24 г/см³, удельный вес от 2,72 до 3,36 г/см³, коэффициент разрыхления составляет 1,98, естественная влажность изменяется от 0,5-0,8 до 4,8-7,2%, водопоглощение от 0,57 до 1,65%, пористость от1,53 до 13,63%, механическая прочность на сжа-

Таблица 3.96

Распределение запасов рудного золота между разведочными линиями в пределах Центрального участка

Номера разведочных линий	Запасы руды, тыс.т	Среднее содержание золота, г/т	Запасы золота, кг	в % к общим запасам
7,5 – 8,0	125541	3,7	465	3,0
8,0 – 9,0	342154	4,1	1412	9,2
9,0 – 9,5	336889	4,8	1621	10,5
9,5 – 10,0	571414	4,2	2451	15,9
10,0 – 10,5	673068	4,6	3098	20,1
10,5 – 11,5	959186	5,2	5016	32,5
11,5 – 12,5	269707	4,5	1214	7,9
12,5 – 13,5	33555	4,0	134	0,9
Всего	3311514	4,7	15411	100,0

тие от 253 до 568 кг/см², средняя категория по буримости 7,8-8,2 (табл. 3.97).

Среди связных и сыпучих грунтов (суглинки со щебнем сланцев) преобладают разновидности с высокой пористостью (37-59%), характерной для слабоуплотненных пород, что обусловливает их высокую степень размокаемости при погружении в воду (полный распад образца через 0,5-4,0 минуты). Малые величины сил сцепления пород и их высокие модули характеризуют грунты как слабо уплотненные образования с преобладанием сил трения над сцеплением, что вместе с повышенной пористостью и слабой водостойкостью пород при замачивании может служить причиной вывалов породы из бортов карьера.

В целом инженерно-геологические условия освоения месторождения являются простыми и не требуют особых мероприятий по сохранению устойчивости бортов карьера.

Поисковые критерии и признаки оруденения

При проведении геологопоисковых работ в пределах Урало-Васильевского рудного поля, учитывая его комплексный характер встречаемых здесь руд, на вооружение должны быть приняты общие признаки и критерии, которые приемлемы для всех типов оруденения: золото-кварцевого, золото-сульфидного и кварц-антимонитового.

Наиболее информативными критериями и признаками, непосредственно влияющими на методику проводимых работ, были следующие:

- приуроченность всех участков месторождения к зоне рассланцевания и повышенной трещиноватости, совпадающей с ядром Васильевской синклинали. Эта зона контролирует пространственное размещение и ориентировку кварцевых жил, несущих сурьмяное и золотое оруденение. Поисково-разведочные линии должны ориентироваться вкрест этой зоны и располагаться в поле ее развития;
- в пределах вышеотмеченной зоны рассланцевания наиболее перспективными являются участки, тяготеющие в плане к контакту глинистых и карбонатно-глинистых сланцев нижнеудерейской подсвиты. В структурном отношении это участки максимального погружения ундулирующего шарнира Васильевской синклинали.

К признакам оруденения, влияющим на размещение мест заложения поисково-разведочных выработок, относились:

- наличие выявленных при ранее проведенных работах золотосодержащих проб;
- присутствие сульфидной минерализации (пирит, арсенопирит, антимонит) в кварце и сланцах;
- поля развития кварцевых жил, обломков кварца в делювии;
- наличие вторичных ореолов и потоков мышьяка, в меньшей степени золота и сурьмы; наиболее перспективными участками являются места их совпадения;
- понижения магнитного поля ΔTa, в случае их приуроченности к аномалиям h_s, высокоомным аномалиям r_k, слабоинтенсивным аномалиям Ups. .

Геолого-структурная модель

Геолого-структурная модель Удерейского золото-сурьмяного месторождения представляет собой сложное сочетание золотоносных зон сульфидной минерализации, золото-кварцевых малосульфидных и кварц-антимонитовых жил, положение в пространстве, морфология и особенности состава которых находятся в тесной связи с морфологией Васильевской синклинали, а точнее вещественным составом отложений, слагающих ее.

Васильевская синклиналь со всеми своими формами проявления (морфологией, вещественным составом) является главной рудоконтролирующей структурой не только Удерейского месторождения, но и расположенного юго-западнее Васильевского золоторудного месторождения. Васильевская синклиналь имеет две важные особенности: закономерное изменение вещественного состава вмещающих пород и ундулирующий шарнир.

В пределах западного крыла и юго-западного центриклинального замыкания Васильевской синклинали на площади месторождения Урал и Васильевского золоторудного месторождения (верховья руч. Архангельский, Степановский, Васильевский и Бол. Шаулкон) в отложениях, относимых к наиболее низким стратиграфическим уровням (от верхнекординской до нижнеудерейской подсвит), существенную роль играют алевролито-глинистые сланцы, алевролиты и даже песчаники. В северо-восточном направлении, то есть стратиграфически выше по разрезу их количество уменьшается, но увеличивается роль глинистых сланцев серицитового и карбонат-серицитового составов, исчезают альбитсодержащие прослои, уменьшается зернистость породы. В этом же направлении происходит уменьшение крупности зерен арсенопирита, полное его исчезновение в кварцевых жилах с одновременным переходом в сланцы, увеличение количества антимонита на фоне уменьшения роли блеклых руд, халькопирита, сфалерита, галенита, видимого золота. В районе Центрального участка Удерейского месторождения эта тенденция достигает своего максимального проявления и далее в северо-восточном направлении изменения происходят в обратной последовательности.

Горизонтальная зональность является отражением вертикальной. Как следствие изменения вещественного состава вмещающих пород происходит закономерное изменение рудных образований. В пределах Васильевского месторождения, где велика роль прослоев алевролитов и песчаников, преобладает золото-кварцевый малосульфидный тип оруденения, в районе Ново-Удерейского и Центрального участков Удерейского месторождения преимущественно развито золото-сульфидное оруденение и даже кварц-антимонитовые жилы. При этом на Васильевском месторождении кварцевые жилы протяженные, выдержанные по простиранию и падению, на Удерейском – короткие, ветвящиеся, невыдержанные в пространстве. Другими словами, пространственная ориентировка и состав рудных объектов рассматриваемой территории находится в полной взаимосвязи со структурой и вещественным составом Васильевской синклинали. По мере удаления от Удерейского месторождения в северо-восточном направлении в верховьях руч. Безымянный и Бол.Шалакит мы предполагаем , исходя из брахиформного строения синклинали, появление оруденения, аналогичного Васильевскому месторождению.

Таблица 3.97

Физико-химические свойства пород Удерейского месторождения

Свойства пород	1	2	3	4	5	6	7	8
Водопоглощение, %	1,37	1,65	0,71	0,44	0,98	0,57	1,23	0,62
Объемный вес, г/см3		2,72	2,69	2,81	2,66	3,24	3,03	2,86
Удельный вес, г/см3		3,15	2,77	2,86	2,72	3,29	3,36	3,02
Пористость, %	0,21	13,6	2,89	1,75	2,20	1,53	9,83	5,30
Прочность на сжатие, кг/см²	142	253	430	515		485	488	568

Примечание: 1- 5 – сланцы глинистые; 6-8 – сланцы глинистые окварцованные, с арсенопиритом и пиритом

Шарнир Васильевской синклинали ундулирующий. Места максимального его погружения фиксируются по выходам наиболее молодых для нее отложений среднеудерейской подсвиты. Последние картируются на водоразделе руч. Степановский и Счастливый, на левобережье руч. Рудного и, возможно, в верховьях руч. Безымянного. К местам максимального погружения приурочены все известные участки с промышленным оруденением Удерейского месторождения и рудопроявления. Округлая форма выхода этих отложений на левобережье руч. Безымянного определяет концентрическое расположение вокруг него Центрального, Северо-Восточного участков, рудопроявлений Рудное и Копьевский-1. Это позволяет предположить, что под этим «экраном» пород возможно не выходящее на поверхность золотое, либо сурьмяное оруденение. Наиболее эффективным способом проверки этого предположения является бурение нескольких скважин глубиной 300-400 м в русле ручья Рудного, где по данным геолого-структурных построений наименьшая мощность отложений среднеудерейской подсвиты.

На Северо-Восточном и Центральном участках сурьмяные рудные тела и золоторудные зоны, в том числе вскрытые на глубинах более 300 м, имеют, в целом, юго-западное склонение по углом 30°. Золотоносные зоны Ново-Удерейского и кварц-антимонитовая жила Юго-Западного участков характеризуются субвертикальным падением. На Васильевском месторождении кварцево-жильные зоны, рудные тела и золоторудная минерализация имеют северо-восточное склонение. Гипотетический центр, где сошлись бы все известные рудные зоны и тела, в случае их предполагаемого продолжения, расположен под Юго-Западным участком Удерейского месторождения на глубине около 1,5 км. Этой цифрой, по-видимому, ограничивается вертикальный размах оруденения на Удерейском месторождении. В стратиграфическом отношении эта глубина соответствует границе отложений сухопитской (кординская свита) и тейской (пенченгинская свита) серий. Эта цифра также согласуется с вертикальным размахом золотого оруденения, прогнозируемом на Васильевском месторождении – 1200 м (Сердюк и др., 2003).

Таким образом, наметившаяся связь и зональность оруденения с вещественным составом Васильевской синклинали дает основание предположить следующее, исходя из особенностей ее брахиформного строения. Сурьмяные руды (кварц-антимонитовые жилы) можно ожидать в наиболее верхней части отложений нижнеудерейской подсвиты в непосредственной близости с перекрывающими породами среднеудерейской подсвиты, в том числе, и под этими породами. Более глубокие стратиграфические срезы, а в плане это более удаленные территории, предпочитает золото-сульфидное прожилково-вкрапленное оруденение. По периферии рудного поля, что соответствует наиболее глубоким частям стратиграфического разреза, развиты золото-кварцевые малосульфидные жилы (Власов, Сердюк, 2003).

Генезис месторождения и его формационная принадлежность

Вопрос генезиса Удерейского месторождения необходимо рассматривать в рамках сложной проблемы взаимоотношения золотого и сурьмяного оруденения на Енисейском кряже. Учитывая особую важность правильного понимания этой проблемы при создании как сурьмяной так и золоторудной минерально-сырьевой базы, рассмотрим ее подробнее.

Многие золоторудные месторождения Енисейского кряжа, в первую очередь, золото-сульфидной формации, содержат сурьму от незначительной примеси до содержаний, представляющих промышленный интерес. С другой стороны, чистых сурьмяных месторождений на Енисейском кряже нет, практически все они содержат золото в тех или иных количествах. Это предопределило сложный, дискуссионный и пока еще окончательно не решенный вопрос взаимоотношения золотого и сурьмяного оруденения, хотя сурьма и золото являются единственными рудными полезными ископаемыми на Енисейском кряже, которые имеют уже отработанные месторождения (Раздолинское, Советское).

Изучая одни и те же месторождения, разные авторы приходили к различным выводам: от полной уверенности в генетическом родстве и единстве рудообразующих золото-сурьмяных флюидов до представления о формировании этих месторождений самостоятельными генетически не связанными и разорванными во времени этапами.

В качестве варианта, не входящего в сильное противоречие с другими представлениями, мы все известные на кряже золото-сурьмяные месторождения и проявления относим к двум рудным формациям: золото-сульфидной и золото-кварц-сульфидной.

Золото-сульфидная (сурьмусодержащая золото-сульфидная) формация на Енисейском кряже является наименее изученной. Для месторождений этой формации является характерным:

- относительно низкие содержания сурьмы в рудах (не более 1,0-2,0%) при огромных иногда запасах;
- главную промышленную ценность представляет золото, а рентабельная добыча сурьмы возможна только как попутного компонента;
- рудные тела (золотые и сурьмяные), как правило, пространственно разобщены, имеют расплывчатые контакты и окончательно устанавливаются по данным опробования;
- часто выявляется положительная корреляционная связь сурьмы и золота;
- пространственная ориентировка рудных зон подчинена, большей частью, пликативным формам вмещающих пород.

К этой формации относятся месторождения и проявления Верхне-Енашиминского рудного узла (Олимпиадинское, Тырадинское, Оленье и др.), месторождение Ведугинское, Раздолинского рудного узла (Попутнинское, Светлое, Перевальнинское) и ряд мелких слабоизученных проявлений в Приенисейской металлогенической зоне (Большое, Угловое).

Золото-кварц-сульфидная (антимонит-кварцевая) формация характеризуется следующими отличительными признаками:

- антимонит-кварцевый состав руд;
- относительно высокие содержания сурьмы (среднее 8 – 10 %, а в богатых рудах 30 –35%, иногда до 70%), но более скромные запасы (35–60 тыс.т);
- низкие концентрации золота (до 1-2 г/т) и незначительные запасы (первые сотни кг), что делает рентабельной только попутную его добычу;
- резкие контакты руд с вмещающими породами, свидетельствующие о преобладающей роли процессов выполнения открытых полостей и трещин;
- отсутствие визуально видимых околорудных изменений, так как даже максимальные их проявления не изменяют внешний облик породы, что является характерным для рудоносных растворов с низкой температурой и химически не контрастных с вмещающими породами;

- морфология рудных зон и тел подчинена разрывной тектонике (зонам трещиноватости, рассланцевания и т.д.)

Основными представителями золото-кварц-сурьмяной формации являются уже отработанное Раздолинское сурьмяное месторождение и подготовленные к промышленному освоению сурьмяные руды Удерейского золото-сурьмяного месторождения.

На взаимоотношение золотого и сурьмяного оруденения собственно Удерейского золото-сурьмяного месторождения также единого мнения нет. Л.В. Ли, В.Г. Михеев, Н.П. Дорофеев, А.Т. Бычков (1971), А.М.Сазонов, А.А Ананьев, С.С. Ильенок (1980) считают, что золотые и сурьмяные руды месторождения образовались в рамках единого многостадийного процесса рудообразования. Н.В. Петровская (1956) утверждает, что на Енисейском кряже ранняя кварц-золоторудная минерализация и поздняя кварц-антимонитовая разорваны во времени и сформированы самостоятельными этапами рудообразования. Э.Г. Дистанов, А.А. Оболенский, К.В. Кочеткова, А.С. Борисенко (1977), изучая непосредственно сурьмяные руды месторождения (основные запасы золотых руд еще не были выявлены), пришли к выводу, что месторождение относится к кварц-антимонитовой рудной формации, а присутствие в его рудах элементов ассоциации малосульфидных кварцевых жил рассматривают как результат наложения сурьмяной минерализации на кварцевые жилы малосульфидной формации. В.М. Даценко и В.Г.Прохоров (1981) предположили, что сурьма и золото на изучаемом месторождении связаны только пространственно, а месторождение сформировалось при совмещении трех факторов: 1) доскладчатых пиритов; 2) складчатой золото-арсенопиритовой минерализации, осажденной на пиритах и 3) послескладчатой кварц-антимонитовой минерализации. По нашему мнению Удерейское месторождение образовано тремя самостоятельными пространственно совмещенными одностадийными этапами рудообразования, в результате которых возникли: 1) золото-сульфидное прожилково-вкрапленное метаморфогенно-метасоматическое оруденение; 2) золото-кварцевое малосульфидное метаморфогенно-жильное и 3) золото-кварц-антимонитовое жильное гидротермальное.

Исследования газово-жидких включений ранних доантимонитовых жил месторождения (Дистанов и др.,1977) показали, что жилы отлагались из кислых углекислых растворов при температурах 350-180° С и давлении 1100-300 атм. Характерной особенностью включений является высокое, до 60 вес. % содержание в них CO_2. Такой состав растворов и термодинамические условия образования жил характерны для метаморфических процессов дозеленосланцевой ступени (Добрецов и др.,1970), что позволяет нам вслед за Э.Г. Дистановым с соавторами (1977) предположить метаморфогенно-мобилизационное происхождение ранних доантимонитовых кварцевых жил. Поздние кварц-антимонитовые жилы образовались из высококонцентрированных сернисто-хлоридных растворов при температурах 180-120°. Основным выполнением включений в этих жилах является хлористый натрий, а в качестве примесей – хлористый кальций и хлористый магний.

Весьма примечательно, что все кварцы жил, распространенных среди филлитов удерейской свиты Енисейского кряжа, в первичных включениях содержат исключительно жидкую кислоту до 20-31 вес.%, а полная их гомогенизация происходит при температурах 35-180° (Зозуленко и др.,1974). Подобным составом включений характеризуются кварцы всех жил отложений сухопитской серии. Принципиальных различий в характере растворов, образующих золотоносные кварцы и безрудные, не установлено. В вышележащих отложениях тунгусикской серии первичные включения в кварцах жил содержат, главным образом, хлористый натрий (до 13 вес.%), в меньшей мере CO_2 (2-4 вес.%) и в качестве примеси – хлористый кальций и хлористый магний. Температура гомогенизации составила 250-200° и давление 200 атм. Среди кварцев из сухопитской серии такой состав характерен только для вторичных включений по залеченным трещинам и для первичных, развитых в карбонате, наложенном на кварц.

Сравнение включений кварцев Удерейского месторождения с включениями всех кварцев жил рифейских отложений Енисейского кряжа показывает полную идентичность по составу и термодинамическим условиям образования кварца, слагающего золотые руды месторождения и кварца всех жил отложений сухопитской серии, а также большую схожесть кварца сурьмяных руд и кварца отложений тунгусикской серии. По-видимому, ранние доантимонитовые кварцевые жилы месторождения, в том числе и золотоносные, находятся в генетическом родстве со всеми кварцевыми жилами отложений сухопитской серии, а растворы, образовавшие их, возникли в результате метаморфизма отложений сухопитской серии. При формировании растворов, отложивших сурьмяные руды, происходило, вероятно, смешивание растворов, возникших при метаморфизме отложений тунгусикской серии с растворами из более глубоких мантийных источников. Полигенное происхождение растворов, образовавших сурьмяные руды, предполагают и Э.Г. Дистанов с соавторами (1977). По их мнению растворы сформировались в результате смешения ювенильных сурьмяносодержащих растворов с реликтовыми водами глубокой циркуляции.

В пользу такого происхождения растворов, образовавших золотые и сурьмяные руды, свидетельствуют и определения абсолютного возраста на месторождении. Калий-аргоновым методом по гидрослюде из околожильных сланцев установлено два временных интервала: 1046-1106 млн. лет и 605-652 млн. лет (Колесниченко и др., 1970 г.; Дистанов и др., 1977; Сазонов и др., 1980). Анализ минеральных ассоциаций, по которым определялся возраст, места отбора образцов свидетельствуют, несмотря на известную вольность этого вида анализа, о том, что возраст 1046-1106 млн. лет соответствует времени образования золотых руд. Это хорошо согласуется с возрастом метаморфизма погружения отложений сухопитской серии, так как верхний предел его имеет 990 млн. лет (Волобуев и др.,1968). В это время закончились диагенетические преобразования отложений с мобилизацией в растворы из вмещающих пород железа, кальция, золота, мышьяка и других тяжелых элементов, а также обогащение раствора летучими компонентами: углекислым газом, серой. В восстановительный этап преобразований началось формирование вкрапленной и послойной сульфидной минерализации по существенно карбонатным слойкам с сопряженным выпадением золота. Наиболее широко этот процесс проявился при катагенезе и метагенезе. Допускается миграция золота как в самородной форме, так и в виде тиоауритов, золото-гидросульфидных и серно-мышьяковых комплексов. Последняя при метасоматическом образовании сульфидов и нахождении золота в арсенопирите, по-видимому, наиболее вероятна (Сорокин, 1973).

Первые выделения кремнезема связаны с ранним этапом инверсионного периода. При этом в стесненной обстановке, при большой роли метасоматических явлений и признаках вязкого состояния раствора образовывались, преимущественно, зоны тонкопрожилкового окварцевания. В случае совпадения их с зонами золото-сульфидной минерализации в результате перераспределения золота возникли собственно золоторудные тела.

С более поздними этапами инверсии, а также сопряженного складкообразования и гранитизации связано формирование относительно крупных и протяженных кварцевых жил месторождения и района, возникших из кислых углекислых растворов метаморфогенного происхождения (Зозуленко и др., 1974; Дистанов и др.,1977). При их наложении на золото-сульфидные зоны в результате захвата золотоносных сульфидизированных вмещающих пород они становились золотоносными, за пределами таких зон они оставались безрудными. Исключением являются жилы, относимые к золото-кварцевым малосульфидным. Растворы, образовавшие их, испытали миграцию от мест, где обогатились золотом, по-видимому, на значительное расстояние. При этом, в них увеличился и изменился набор минералов, укрупнилось золото. Не исключается, что источниками растворов, образовавших золото-кварцевые малосульфидные жилы, могли быть и более глубокие сечения земной коры. Формирование всех кварцевых жил сопровождалось различной интенсивности перекристаллизацией в зальбандах породообразующих минералов: серицита, хлорита и сульфидов.

Возраст 605-652 млн. лет отражает время образования кварц-антимонитовых жил и параллелизуется с заключительными фазами метаморфизма отложений тунгусикской серии, либо даже с более поздними этапами тектоно-метаморфической активизации байкалид Енисейского кряжа.

Пространственное совмещение золотых и сурьмяных руд обусловлено, по крайней мере, двумя факторами. Во-первых, физико-механическая неоднородность сульфидизированных сланцев способствовала образованию многочисленных трещин и пустот, особенно, в ядре куполовидной структуры, явившихся необходимым условием для отложения кварц-антимонитовых жил. Во-вторых, пиритизированные сланцы послужили геохимическим барьером кварц-антимонитовых жил. Не исключено, что часть серы и железа пирита пошло на образование антимонита и бертьерита (Прохоров, 1975; Бергер, 1978), так как вблизи антимонитовых жил пиритизация, как правило, отсутствует (Власов и др., 1981г.).

О присутствии на месторождении золото-сульфидного прожилково-вкрапленного оруденения вообще и необходимости выделения его в самостоятельный этап рудообразования свидетельствуют следующие факты: 1) существенно сульфидный характер руд. Среднее содержание пирита и арсенопирита по данным изучения валовых проб составляет 15-20 %, 2) золото тонкодисперсное и связано, главным образом, с арсенопиритом, 3) в геохимическом отношении для золото-сульфидной зоны характерна золото-мышьяковая ассоциация, а для золото-кварцевых малосульфидных жил – золото-свинцово-сурьмяная, 4) золото-сульфидная минерализация образовалась в результате избирательного метасоматоза по карбонат-содержащим сланцам, а золото-кварцевые малосульфидные жилы – путем выполнения открытых полостей и трещин, 5) разорванность во времени.

Прогнозная оценка и перспективы месторождения

На Удерейском месторождении выполнена детальная разведка на сурьму и поисково-оценочные работы на золото. Фланги изучены детальными поисками масштаба 1:5000-1:10000. В результате проведенных работ на месторождении подсчитаны запасы сурьмы и золота (таблица). Из-за вопросов технологического плана запасы рудного золота категории C_2 переквалифицированы, по-видимому, без должного обоснования в прогнозные ресурсы категории P_1. Каких-либо специализированных работ по прогнозной оценке месторождения и рудного поля не было. Тем не менее, прогнозные ресурсы в пределах Удерейского рудного поля (северо-восточной его части) оцениваются по категории P_2 в количестве 25 тыс. т (Чижова и др., 2000 г.). Ресурсный потенциал рудного золота Удерейского рудного поля (вместе с разведанными запасами) до глубины 200-250 м оцениваются в 75,1 т металла (Лисин, Мазур, 2000: Чижова и др., 2000 г.), в том числе по категории P_1 – 19,3 т, P_2 – 20,8 т, P_3 – 35,0 т.

Не касаясь количественных показателей прогнозных оценок, которые в целом отражают, по-видимому, реальную картину, остановимся на качественной стороне этой проблемы.

Геолого-структурная модель Удерейского месторождения, в основе которой лежит наметившаяся связь вещественного состава Васильевской синклинали с рудными образованиями месторождения дает основание предположить следующую закономерность пространственного размещения различных типов оруденения в пределах рудного поля и его окрестностей. Сурьмяные руды (кварц-антимонитовые жилы) можно ожидать в наиболее верхней части отложений нижнеудерейской подсвиты в непосредственной близости с перекрывающими породами среднеудерейской подсвиты, в том числе и под этими породами. Концентрическое расположение сурьмяного оруденения вокруг отложений среднеудерейской подсвиты на левобережье руч. Безымянный (Центральный, Северо-Восточный участки, рудопроявления Рудное, Копьевское-1) позволяет предположить, что под этим «экраном» пород возможно не выходящее на поверхность золотое, либо сурьмяное оруденение. Более глубокие стратиграфические срезы, а в плане это более удаленные территории, скорее всего вмещают золото-сульфидное прожилково-вкрапленное оруденение. По периферии рудного поля, что соответствует наиболее глубоким частям стратиграфического разреза, развиты золото-кварцевые малосульфидные жилы.

Конкретно по промышленным участкам перспективы месторождения выглядят следующим образом.

Центральный участок

Дальнейший прирост запасов золота Центрального участка возможен, в основном, за счет детализации его северного фланга, где редкой (200х100 м) сетью скважин (№№ 599, 600, 660, 663) вскрыта золотоносная зона предположительно северо-восточного простирания и с высоким содержанием золота. Для нее характерно увеличение роли кварцевого материала и присутствие арсенопирит-пиритовой минерализации в виде послойных прожилков.

Несомненно, значительными перспективами обладает также оруденение (золотое и сурьмяное), вскрытое скважинами 640, 594, 606, хотя значительная глубина ее залегания (около 300 м) затрудняет ее изучение. Предполагается, что на пл. 7.0 (скв. 618, 619) и пл. 6,0 (скв. 651, 650, 620) вскрыто ее северо-восточное продолжение. Малое количество пересечений по этой зоне, а также неоконтуренные юго-восточный и юго-западный фланги не позволяют определить истинные масштабы ни золотого, ни сурьмяного оруденения, но уже сам факт их наличия на глубине свыше 300 м свидетельствует о возможной этажности оруденения на месторождении, по крайней мере, в пределах Центрального участка, что значительно расширяет его перспективы.

Вызывает интерес золотое оруденение установленное скважиной 669 (рл. 12.5). Среднее содержание золота составляет 4,5 г/т на 19,8 м, а глубина залегания зоны 300,3-371,0 м. Практически со всех сторон оно не оконтурено.

Северо-Восточный участок

Перспективы этого участка связаны с рудной зоной,

вскрытой на северо-восточном фланге участка канавами 91, 208 и скважиной 673. Это оруденение находится за пределами изученного контура участка, залегает на небольшой глубине (112,5-158,0 м), имеет высокие содержания сурьмы (4,79% и 3,64%) и большие мощности (15,0 м и 9,0 м соответственно). Для этой зоны характерна, в основном, вкрапленная, а не послойная сульфидная минерализация и наличие сурьмяного оруденения в виде антимонитовых прожилков и вкрапленности антимонита в кварце. С северо-востока зона не оконтурена, хотя все предпосылки указывают на ее продолжение в этом направлении. Предполагается северо-восточное простирание зоны и смена в этом же направлении золото-сульфидного и сурьмяного оруденения на золото-кварцевое малосульфидное.

Ново-Удерейский участок

В области пл. 6 и 7 вскрыты разобщенные зоны окварцевания и сульфидной минерализации мощностью до 60.0 м при среднем содержании золота 1,0 г/т (скважина 632). В пределах зоны выделяются обогащенные интервалы длиной 4.2 м с содержанием 8,6 г/т золота. В северном направлении эта зона не оконтурена и, по-видимому, прослеживается на значительное расстояние под дражными отвалами р. Удерей.

Юго-Западный участок

Несмотря на значительное количество пройденных здесь выработок перспективы участка остались неясными. Наибольший интерес представляют площади в местах выклинивания и продолжения кварц-антимонитовой жилы, характеризующиеся повышенной золотоносностью в виде золотоносных кварцевых жил, зон окварцевания, развитием вторичных ореолов золота, мышьяка и сурьмы.

Заключение

Приведенный материал по комплексному Удерейскому золото-сурьмяному месторождению позволяет сделать вывод о сложной и длительной истории его образования. Оно сформировано тремя этапами рудообразования, в результате которых возникли: 1) золото-сульфидное прожилково-вкрапленное метаморфогенно-метасоматическое оруденение; 2) золото-кварцевое малосульфидное метаморфогенно-жильное и 3) кварц-антимонитовое золотосодержащее жильное гидротермальное. Этапы рудообразования находятся в тесной связи с тектоно-метаморфическими этапами развития миогеосинклинальной зоны Енисейского кряжа. Возникновение золото-сульфидных руд, относящихся к арсенопирит-пиритовому минералогическому типу, связано с прогрессивным метаморфизмом погружения, золото-кварцевые малосульфидные жилы возникли под воздействием регрессивного метаморфизма воздымания, а кварц-антимонитовые жилы – в этап активизации консолидированной после инверсии геосинклинальной системы. Генезис месторождения гтдротермально-метасоматический, определяемый интенсивностью замещения в железистом карбонате CO_2 серой. Особенности образования и пространственное положение золотоносной зоны относительно структуры осадочно-метаморфического комплекса дает основание определить ее морфологический тип как стратиформную залежь. В формировании последующих кварцевых жил главная роль принадлежала процессам перераспределения и перекристаллизации. Пространственное наложение кварц-антимонитовых жил на золотые руды обусловлено, с одной стороны, физико-механической неоднородностью золото-сульфидного "горизонта", способствующей интенсивному трещинообразованию, а с другой – пиритизированный горизонт явился геохимическим барьером и, по-видимому, дополнительным источником таких элементов, как сера и железо.

Пространственное положение рудных образований и их морфогенетические особенности находятся в тесной зависимости от состава и структуры Васильевской синклинали.

В зависимости от конкретных условий происходит либо совмещение их в пространстве, либо они концентрируются обособленно.

Наиболее верхние уровни стратиграфического разреза Васильевской синклинали занимают кварц-антимонитовые золотосодержащие жилы. На одном уровне, либо чуть ниже, залегают золотоносные зоны сульфидной минерализации и к наиболее нижним срезам, существенно алевритистого состава, приурочены золото-кварцевые малосульфидные жилы. Вертикальная смена типа оруденения находит свое отражение в горизонтальной зональности. В центральной части Васильевской синклинали, вблизи выходов отложений среднеудерейской подсвиты, наиболее развиты кварц-антимонитовые жилы, по мере удаления от них – золото-сульфидные зоны и по периферии рудного поля – золото-кварцевые малосульфидные жилы.

Основные сурьмяные рудные тела Центрального участка развиты до глубины 150 м, золото-сульфидные руды до глубины 300-350 м и, возможно, более, единичные зерна антимонита отмечены на глубине 585,2 м, а содержания золота от «следов» до 0,2 г/т - на глубине 600 м при максимальной глубине скважины – 663 м. Кроме основной рудной зоны в пределах Центрального участка дополнительно вскрыты еще несколько рудных зон. Несмотря на то, что их размеры меньше, а интенсивность оруденения слабее, тем не менее, в их пределах имеются участки с промышленными концентрациями золота и сурьмы, достойные для детализации с целью прироста запасов, а с другой стороны, они свидетельствуют об этажности оруденения на месторождении и, как следствие этого, о далеко не полном раскрытии его рудного потенциала.

3.1.4.4. Формация золотоносных кор выветривания
Месторождение Самсон

Введение

Золотоносные коры выветривания по зонам кварц-сульфидной минерализации в метаэффузивах ченчегинской свиты (самсоновский тип) выявлены в поле пород данной свиты и в призальбандовых частях жилы Магистральной месторождения Герфед. Один из таких участков встречен в районе ж. Старой, вскрытой ортом 201 на горизонте +410 м штольни №3. Его размеры 15,0х55,0 м. Здесь, в лежачем боку ж. Магистральной наблюдаются выветрелые до каолинитовой структурной глины апобазальтоидные карбонатные метасоматиты, аналогичные породам Центрального и Озерного участков Самсоновского месторождения. На желто-буром фоне каолинитовых структурных глин хорошо выделяются темно-бурые гидрогетит-кремнистые натечные плотные образования, фиксирующие пути просачивания грунтовых вод, разлагающих в зоне окисления сульфидные минералы в прожилках и тонкой вкрапленности и переотлагающие кремнисто-железистый гель по трещинам в породе. Жила Старая прослежена ортом на протяжении 28 м, мощность ее составляет от 0,3 до 0,7 м. Содержание золота в жиле достигает 295,8 г/т, в единичных пробах до 953,8 г/т, во вмещающих глинистых породах до 40-50 г/т (Смирнов, 1986 г.).

Остальные участки с корами выветривания по метаэффузивам зафиксированы только документально и на золотоносность не изучались.

Геологическое строение

Месторождение Самсон представляет собой самсоновский тип формации золотоносных кор выветривания.

Первые достоверные сведения о коренной золотоносности района месторождения Самсон были получены в 1949 г., когда в истоках ручья Самсоновского двумя скважинами Кийстон в коре выветривания коренных пород была вскрыта элювиальная россыпь золота с содержанием на пласт 952-1026 мг/м³ при мощности 2,0-4,4 м. Проверка этой заявки в 1950 г канавами и глубокими шурфами дала отрицательный результат. Поисковые работы на участке были возобновлены в 1982 г. Ангарской ГРЭ. По результатам поисков путем оценки геохимических аномалий выявлено Самсоновское месторождение золотоносных кор выветривания, развитых по зонам золото-кварц-сульфидной минерализации в метаэффузивах ченчегинской свиты.

Самсоновское месторождение состоит из 5 участков: Центральный (прежнее название Самсон), Озерный, Верхне-Таловский, Нижне-Таловский и Ильинский.

По данным ряда исследователей, изучавших Самсоновское месторождение (Смирнов и др., 1980 г.; Власов, 1986 г.) оно приурочено к юго-восточному замыканию Татарской антиклинали и располагается в поле развития метаморфизованных отложений ченчегинской свиты протерозоя, с развитыми по ним корами выветривания (палеоген), в юго-восточном обрамлении Татарского гранитоидного массива. Разрез ченчегинской свиты представлен чередованием метавулканитов среднего и основного состава, мраморизованых известняков, слюдистых, углеродистых сланцев. В.С. Власовым (1986 г.) и М.С. Смирновым (1986 г.) на месторождении ченчегинская свита расчленена на три толщи (осадочная, вулканогенно-осадочная, вулканогенная), состоящие из 12 пачек (рис. 3.87-3.90) (снизу вверх).

Ченчегинская свита (PR_1cn)

Осадочная толща.

Осадочная толща состоит из трех пачек (снизу вверх): существенно сланцевой, карбонатной и известково-углеродисто-глинистой.

1. Существенно сланцевая пачка. Филлитовидные глинистые сланцы с единичными проявлениями алевролитов. Мощность до 150 м.

2. Карбонатная пачка. Известняки мраморизованные и песчанистые. В верхней части пачки отмечаются силлы амфиболитов. Кровля пачки является границей между нижне- и верхнеченчегинской подсвитами. Геохимический фон пачки характеризуется низким содержанием рудных элементов за исключением стронция, бария и марганца. Золото не обнаружено. Мощность пачки до 200 м.

3. Известково-углеродисто-глинистая пачка. Представлена флишевым чередованием глинистых, углеродисто-глинистых и углеродисто-известково-глинистых сланцев. Геохимический фон пачки характеризуется повышенным содержанием серебра, свинца, бария и марганца, а на Верхне-Таловском участке - мышьяка, цинка, никеля и фосфора. В пачке присутствует вкрапленность, прожилки и агрегатные гнезда пирита, пирротина и халькопирита. Уровень пиритизации наиболее высокий из всех пород Самсоновского рудного поля - первые килограммы - десятки килограммов на тонну породы, содержание серы достигает 1,3%. Выделяются рудные ассоциации: свинец, мышьяк, серебро (цинк) и никель, хром, медь. Золотоносность пачки низкая (несколько проб - 0,2-0,3 г/т), в протолочках отмечается до 20 золотин на пробу. Мощность пачки до 90 м.

Вулканогенно-осадочная толща.

Вулканогенно-осадочная толща состоит из шести пачек.

1. Метаэффузивная пачка. Представлена метаэффузивами основного-среднего состава, апобазальтоидными карбонатными метасоматитами (карбонат-хлорит-альбитовые породы), щелочно-карбонатными метасоматитами (хлорит-кварц-карбонат-альбитовые породы, анкеритовые карбонатиты) и карбонатизированными разновидностями (Центральный участок).

2. Песчано-алеврито-глинистая пачка. Сложена глинистыми, алеврито-глинистыми сланцами (филлитами) с прослоями песчаников, кварцитов и углеродисто-глинистых сланцев микроритмичного строения. Микроритмы сложены кварц-серицитовыми, кварц-хлорит-серицитовыми и серицит-кварцевыми разновидностями.

Геохимический фон пачки характеризуется повышенным содержанием серебра и фосфора. Четко выделяется рудная ассоциация: хром-медь-никель-кобальт-цинк. Золотоносность пород пачки на уровне следов. Мощность пачки до 200 м.

3. Метаэффузивная пачка, вмещающая Самсоновское месторождение. Пачка представлена метаэффузивами основного-среднего состава и их карбонатизированными разновидностями - апобазальтоидными карбонатными метасоматитами.

Геохимический фон пород характеризуется повышенным содержанием меди в ассоциации с серебром, кобальтом и цинком. Золотоносность вулканогенной пачки наиболее низкая из всех вулканогенных образований, что вступает в противоречие с нахождением в ней рудных залежей Самсона. Это противоречие интерпретировано М.С. Смирновым (1986 г.) как отражение распределения рудных элементах, в т. ч. золота в структурных неоднородностях антиклинали: обогащения рудными элементами присводовой части складки, при сопряженном обеднении ими ее крыльев . Мощность пачки до 250 м.

4. Углеродисто-глинисто-сланцевая пачка. Состав: углеродисто-глинистые сланцы, филлиты иногда с прослоями песчанистых известняков . Геохимический фон пачки характеризуется повышенными содержаниями мышьяка, меди и никеля. В протолочках филлитов отмечено самородное золото. Мощность - 15-70 м.

5. Метаэффузивная пачка. Представлена метасоматитами по метаэффузивам основного состава, местами ортоамфиболитами. Метасоматиты представлены: апобазальтоидными карбонатными метасоматитами - 80-90%, щелочно-карбонатными метасоматитами (анкеритовыми карбонатитами) - 10-20%. Для пород пачки типичен высокий уровень содержаний золота, серебра, мышьяка, кобальта и вольфрама. В протолочках установлено высокое содержание пирита (до 14 кг/т) , арсенопирита (1-10 кг/т), пирротина (до 7,7 кг/т), ильменита (до 7,2 кг/т), кобальтина (до 44 г/т).Постоянно отмечаются знаки пирохлора и золота .Мощность - 250-500 м.

6. Глинисто-сланцевая пачка. Состав: глинистые сланцы, углеродистые филлиты с пиритом и пирротином. Геохимический фон пачки характеризуется высокими содержаниями: на Озерном участке - свинца, фосфора, марганца и олова; на Верхне-Таловском участке - серебра, свинца, цинка, фосфора, вольфрама. Свинец образует ассоциацию с серебром и марганцем. Вторая типовая ассоциация: кобальт, медь, никель, хром. Из рудных минералов в пачке преобладает пирит, в весовых количествах присутствует ильменит, кобальтин, в знаковых количествах: пирротин, магнетит, арсенопирит. В протолочках обычно отмечается золото в количестве от 1 до 5 знаков, дающих в пересчете содержание 0,04-0,08 г/т. Мощность пачки 20-25 м.

Вулканогенная толща.

Вулканогенная толща представлена тремя пачками (снизу вверх).

1. Метаэффузивная пачка. Является рудовмещающей

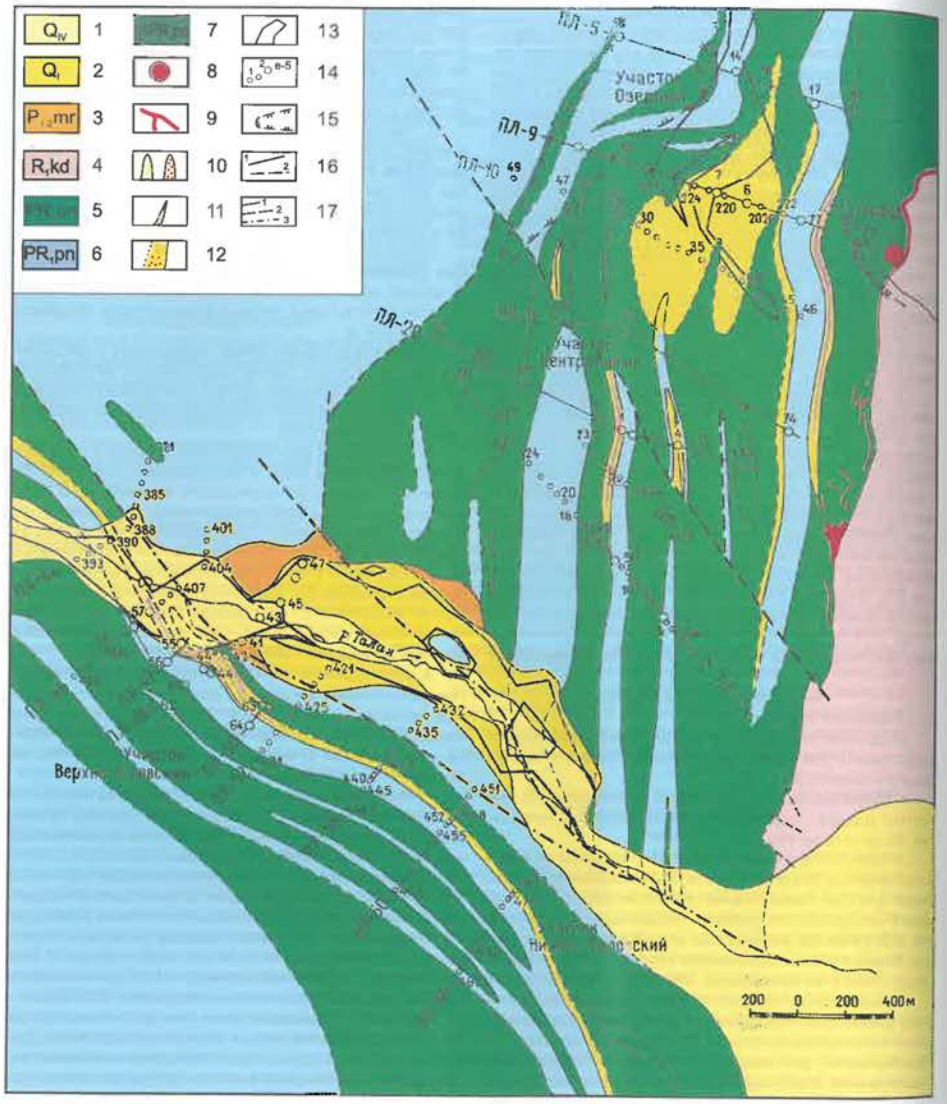
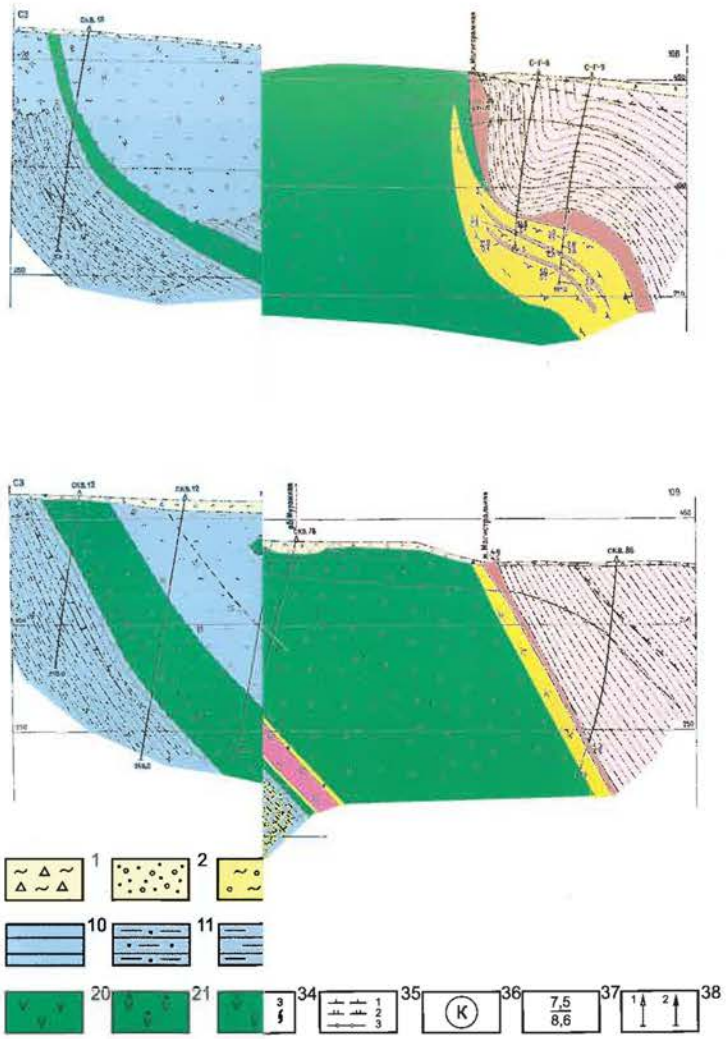


Рис. 3.87. Геологическая карта Самсоновского золоторудного поля (по материалам ПГО Красноярскгеология, ГП Сибзолоторазведка)

1 - четвертичные отложения - глины с гравием, супеси, пески, песчано-гравийные смеси; 2 - нижнечетвертичные отложения - глины песчанистые с обломками, гравийно-галечным материалом кварца, коренных пород, с прослоями перемытых глин с обломками бокситов; 3 -мурожнинская свита, палеоген - глины каолинитовые пестроцветные, песчанистые, бокситы, глины углистые, бурые железняки, пески с обломками и галькой кварца; 4 - кординская свита, нижний рифей - филлиты, углистые филлиты, кварц-хлоритовые, карбонатно-глинистые сланцы, песчаники; 5-6 - пенченгинская свита, нижний протерозой : 5- метаэффузивы основного - среднего состава; 6 - сланцы глинистые, алевролито-глинистые, песчаники, известняки, прослои метаэффузивов; 7 - индыглинский комплекс, нижний протерозой -мегагаббро, метагаббро-диабазы, метадиабазы; 8 - золоторудное месторождение - Герфед; 9 -кварцевые жилы; 10 - выявленные АГРЭ рудные зоны в структурном элювии (1) и неизмененных метаэффузивах (2); 11 - рудные тела в структурном элювии и неизмененных метаэффузивах; 12 -оконтуренная КНИИГиМС рудная зона золото-сульфидного типа в лежачем боку Герфедского месторождения; 13 - контуры запасов россыпного золота; 14 - номера линий и скважин мелкого (1) и глубокого (2) бурения на рудное золото; 15 - граница развития бесструктурных глин; 16 -геологические границы установленные (1) и предполагаемые (2); 17 - тектонические нарушения установленные (1), предполагаемые (2) и под рыхлыми отложениями (3)



бзолоторазведка)

1-2 - четвертичные отложения: 1 тложения: 3 - аллювиальные песчано-гравийные смеси, галечники, глины, пески, 4 - аллювиальные пестроцветнмонита, коренных пород, 6 - глины алевритистые светлоокрашенные без обломков, 7 - глины пестроокрашенных пород; 9 - кординская свита (нижний рифей), углистые алевролиты и филлиты; 10-18 - пенченгинская свитистые, 15 - известняки кристаллические, участки песчанистые, 16 - сланцы глинистые, серого цвета с пониженнметаэффузивов; 19-24 - пенченгинская свита (нижний протерозой): 19 - метаэффузивы основного состава, рельбит-карбонатного состава по метаэффузивам (апобазальтоидные), 24 - структурные глины по метаэффузивадиабазам; 27 - контуры зон, выделенные АГРЭ с установленной (1) и предполагаемой (2) золотоносностьюэлювии (1) и неизмененных метаэффузивах (2); 30 - кварцевые жилы (1) и обломки кварца в глине (2); 31 - зоны дние (1), омарганцевание (2), прожилки кварц-карбонатного и карбонатного состава (3), 35 - границы развития стробирного анализа: числитель - мощность интервала, в м, знаменатель - среднее содержание золота, в г/т; 38 - (

Линия 5 - 9,5

Линия 9 - 7

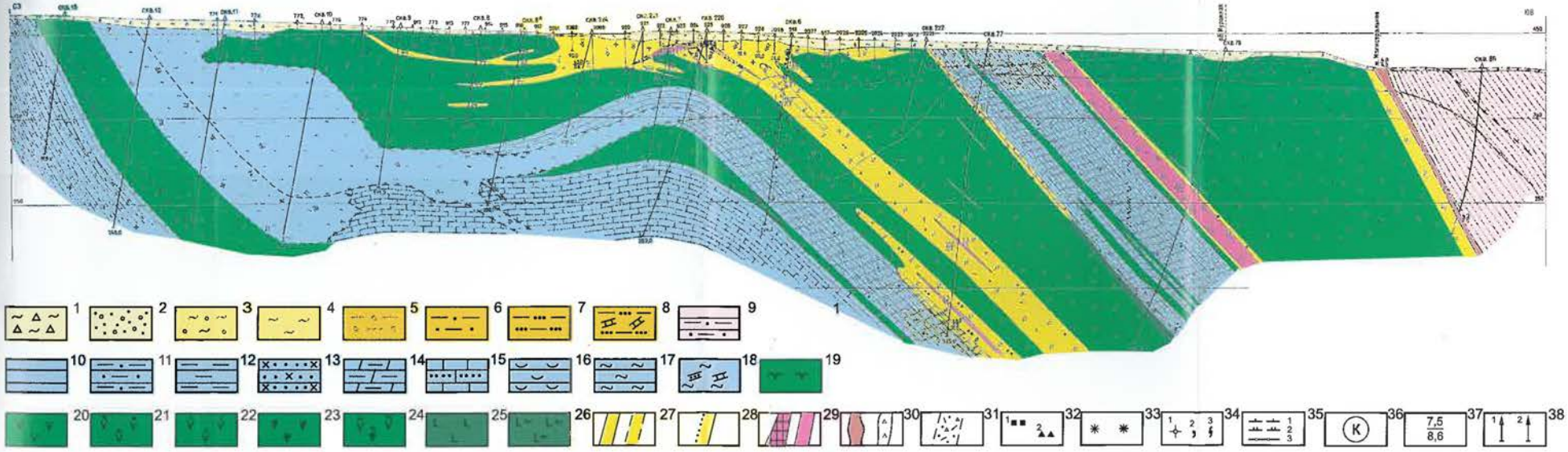


Рис. 3.88. Геологические разрезы рудных полей Самсон (участок Озерный) и Герфед (по материалам ПГО Красноярскгеология, ГП Сибзолоторазведка)

1-2 - четвертичные отложения: 1 - делювиальные глины с обломками и щебнем коренных пород, 2 - аллювиальные гравийно-галечные отложения с песчано-глинистым заполнителем; 3-4 - нижнечетвертичные отложения: 3 - аллювиальные песчано-гравийные смеси, галечники, глины, пески, 4 - аллювиальные пестроцветные глины с прослоями перемытых бокситовых глин, с обломками и галькой кварца; 5-6 - мурожнинская свита (палеоген); 5 - глины пестроокрашенные с обломками кварца, лимонита, коренных пород, 6 - глины алевритистые светлоокрашенные без обломков, 7 - глины пестроокрашенные, песчанистые, омарганцованные с обломками, реже с галькой кварца, лимонита; 8 - глины светлоокрашенные, песчанистые, с гнездами маршаллита и обломками выветрелых пород; 9 - кординская свита (нижний рифей), углистые алевролиты и филлиты; 10-18 - пенченгинская свита (нижний протерозой): 10 - сланцы глинистые, 11 - сланцы алевритоглинистые, 12 - сланцы "углисто"-глинистые, 13 - песчаники кварцитовидные, 14 - сланцы известково-глинистые, 15 - известняки кристаллические, участки песчанистые, 16 - сланцы глинистые, серого цвета с пониженным содержанием кремнезема, 17 - структурные глины по сланцам, 18 - глины бесструктурные, пестроцветные с редкими оглиненными обломками сланцев; известняков, метаэффузивов; 19-24 - пенченгинская свита (нижний протерозой): 19 - метаэффузивы основного состава, рассланцованные, 20 - метаэффузивы основного состава, 21 - метаэффузивы среднего состава, 22 - метаэффузивы карбонатизированные, 23 - метасоматиты мусковит-кварц-альбит-карбонатного состава по метаэффузивам (апобазальтоидные), 24 - структурные глины по метаэффузивам и апобазальтоидным метасоматитам; 25-26 - индыглинский комплекс: 25 - метагаббро, метагаббро-диабазы, метадиабазы, 26 - структурные глины по метагаббро и метадиабазам; 27 - контуры зон, выделенные АГРЭ с установленной (1) и предполагаемой (2) золотоносностью; 28 - контуры золотоносных зон в лежачем боку Герфедского месторождения, выделенны КНИИГиМС (по материалам ГП Сибзолоторазведка); 29 - рудные тела в структурном элювии (1) и неизмененных метаэффузивах (2); 30 - кварцевые жилы (1) и обломки кварца в глине (2); 31 - зоны дробления; 32 - сульфидизация: 1 - пирит и пирротин, 2 - арсенопирит; 33 - самородное золото, установленное в скважинах по данным минералогического анализа; 34 - ожелезнение (1), омарганцевание (2), прожилки кварц-карбонатного и карбонатного состава (3), 35 - границы развития структурных глин (1), бесструктурных глин (2), зон окисления (3); 36 - минеральный состав глин: к - каолинитовый, г - гидрослюдистый, м - монтмориллонитовый; 37 - результаты пробирного анализа: числитель - мощность интервала, в м, знаменатель - среднее содержание золота, в г/т; 38 - скважины колонкового бурения, пройденные АГРЭ(1) и Сибзолоторазведка (2)

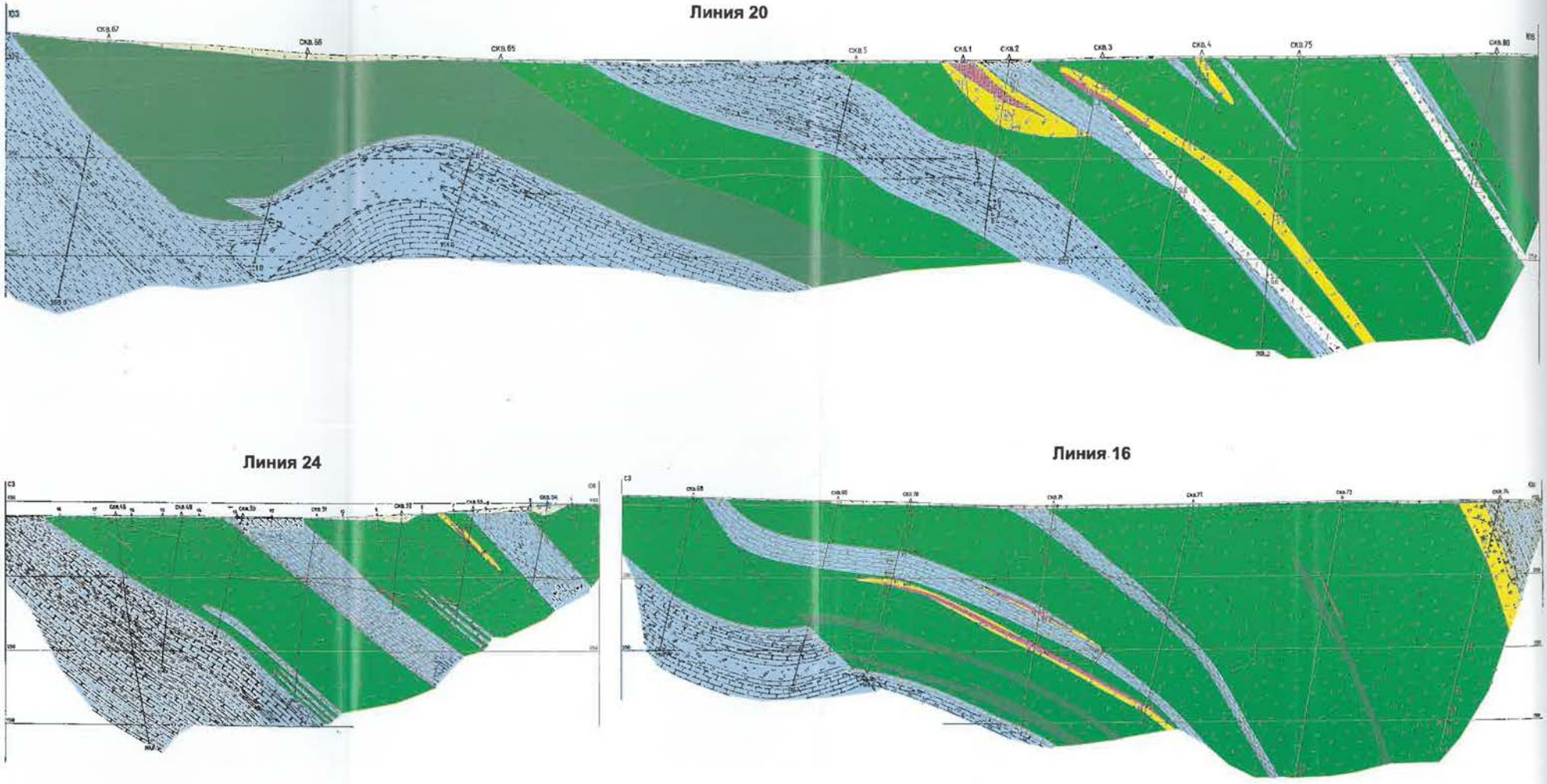
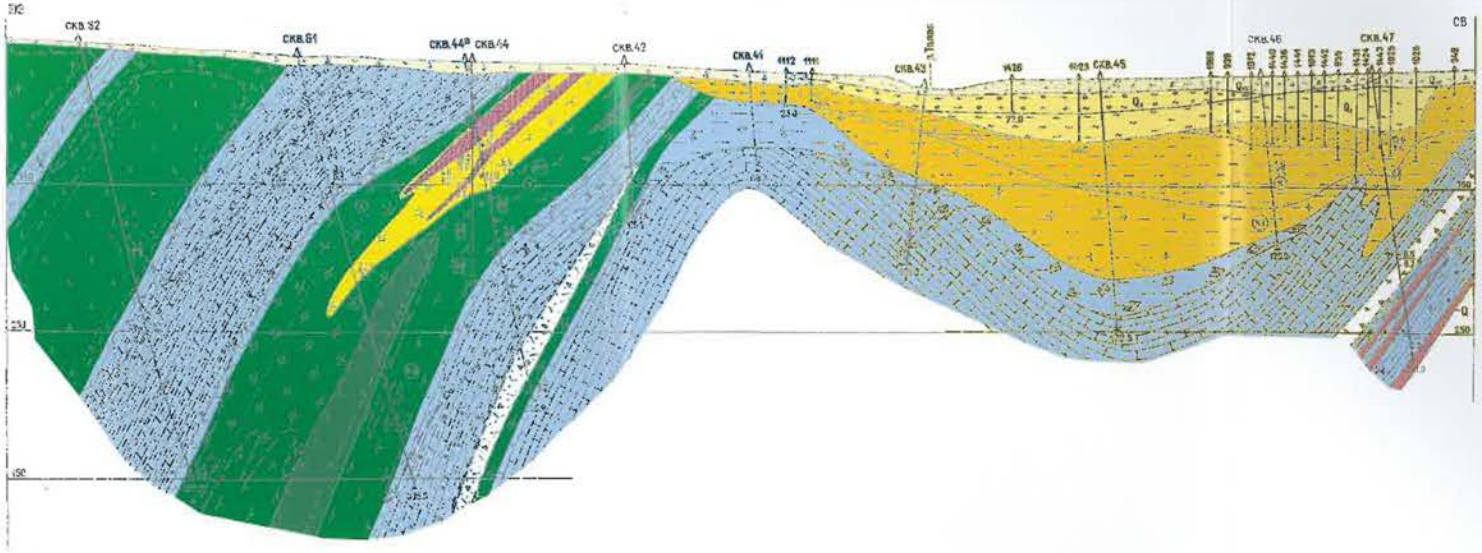
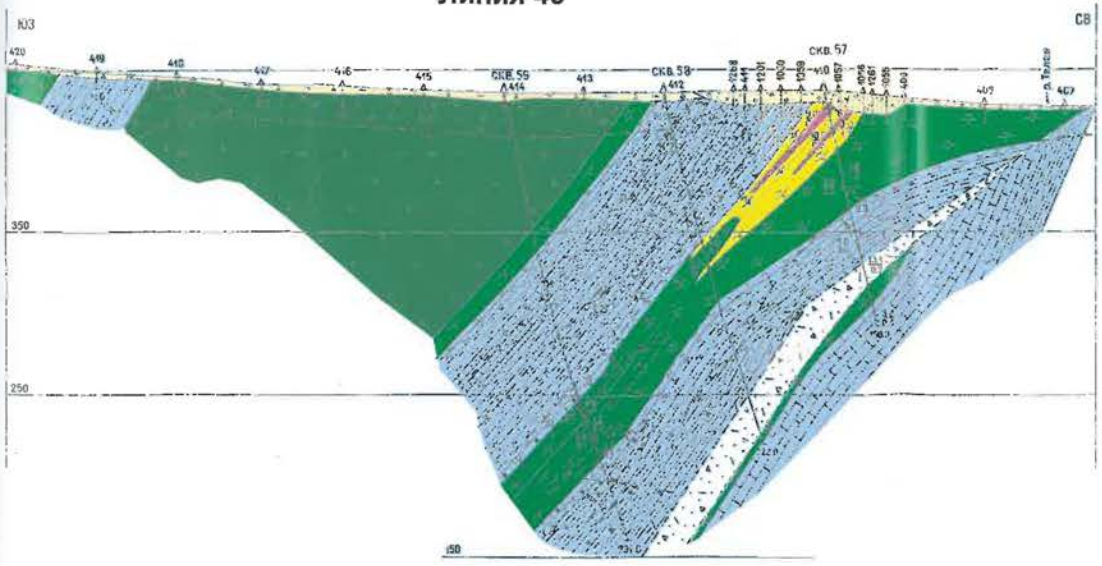


Рис. 3.89. Месторождение Самсон. Участок Центральный. Геологические разрезы по линиям 16, 20,24 (по материалам ПГО Красноярскгеология)
Условные обозначения на рис. 4.2

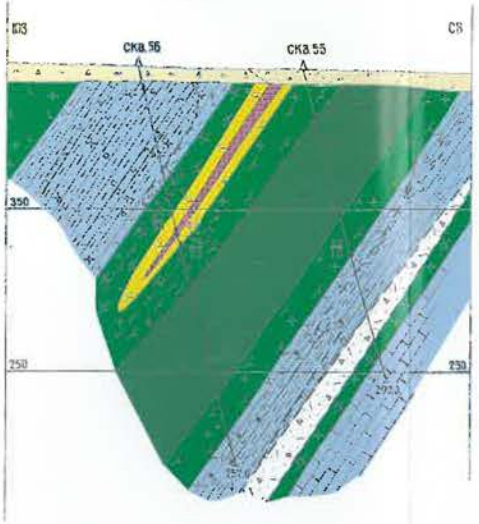
Линия 48



Линия 46



Линия 47



Линия 50

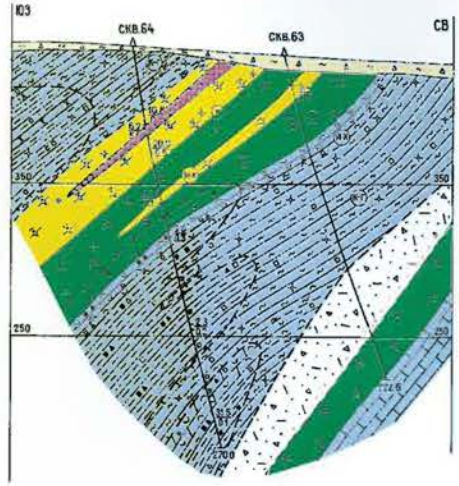


Рис. 3.90. Месторождение Самсон. Участок Верхне-Таловский. Геологические разрезы по линиям 46, 47, 48, 50 (по материалам ПГО Красноярскгеология)
Условные обозначения на рис. 3.87

толщей Герфедского и Николаевского золоторудных месторождений. Представлена метаэффузивами , карбонатными и щелочно-карбонатными метасоматитами по метаэффузивам с послойными телами метадиабазов. По разрезам скважин 78 и 80 (Власов, 1986 г.) отмечаются большие интервалы (от 20 до 50 м) со значительными содержаниями золота на уровне 0,2-0,5 г/т и выше. В целом, для толщи характерно высокое содержание марганца, бария, мышьяка. Мощность - 60-180 м .

2. Известково-глинистая пачка. Представлена известково-глинистыми, глинистыми сланцами. Мощность - 60-130 м.

3. Метаэффузивная пачка. Представлена карбонатизированными метаэффузивами, метасоматитами по эффузивам. Мощность неполного разреза - до 150 м.

Общая мощность изученной бурением пенченгинской свиты на Самсоновском месторождении варьирует от 1485 до 2065 м.

Магматические и метасоматические породы. В пределах участка реализовалось несколько вулканических фаз, сформировавших покровы базальтоидов и заключительная интрузивная фаза, отвечающая времени становления силлов и даек ортоамфиболитов индыглинского комплекса.

В составе покровов базальтоидов нет четкой дифференциации, различия в составе обусловлены степенью вторичных изменений, которые по М. С. Смирнову (1986 г.) можно, по ее нарастанию, выстроить в следующий ряд: метаандезито-дациты, метабазальтоиды, апобазальтоидные карбонатные метасоматиты, апобазальтоидные щелочно-карбонатные метасоматиты (анкеритовые карбонатиты). Кроме того, выделяются другие метасоматические и динамометаморфические образования: зеленые ортосланцы, филлониты, метасоматические кварциты.

Метаандезито-дациты. Темно-зеленовато-серые рассланцованые породы с крупными выделениями "глазкового" кварца. Минеральный состав: соссюритизированный плагиоклаз (альбит-олигоклаз) - 20%, кварц - 30-40%, хлорит - 35-45%, биотит - до 50%. Структура лепидогранобластовая, текстура сланцеватая. Во вкрапленниках - кварц (диаметром 1,5-3,0 мм) и плагиоклаз с гранофировой структурой.

Геохимический фон пород характеризуется низким содержанием микроэлементов, за исключением золота, которое содержится в этой группе пород на уровне 0,1-0,9 г/т. В протолочках постоянно встречаются: золото в количестве 1-8 знаков, пирит (10-500 г/т), арсенопирит (3-13 г/т), ильменит (100-1000 г/т), апатит (до 300 г/т).

Метабазальтоиды. Развиты более широко, чем предшествующие породы. Представляют собой зеленовато-серые гнейсовидные породы. Минеральный состав: основная ткань - плагиоклаз - 20%, хлорит - 30-40% , кварц - 5-10%, мусковит, титанистые минералы (акцессории); порфиробласты - карбонат (кальцит) с размером зерен до 2 мм. Структура порфиробластовая с основной микрогранобластовой тканью. Вкрапленность сульфидов отсутствует.

По химизму на диаграмме А. Н. Заварицкого метабазальтоиды близки диабазу и оливиновому диабазу. По основным числовым характеристикам метабазальтоиды относятся к классу насыщенных кремнеземом, группе 12, богатых щелочами, мезократовых пород. Содержание микроэлементов в метабазальтоидах принимается в качестве геохимического фона вулканогенных пород. Ведущая ассоциация рудных элементов: серебро - медь - кобальт - цинк. Отмечаются отдельные пробы с содержанием золота 0,1-0,2 г/т.

Апобазальтоидные карбонатные метасоматиты - зеленовато-серые гнейсовидные породы - основная разновидность вулканических пород. Отмечаются реликты исходных структур в виде пятнистости и неясновыраженной их ориентировки. Обычны массивные и сланцеватые гетеробластовые структуры. Минеральный состав: альбит - 20-50%, хлорит - 10-60%, карбонат - 10-30%, кварц - 5-15%, мусковит - 3%. Альбит развит в виде порфиробластов. Постоянно присутствуют сульфидные минералы в форме линзовидных прожилков в породе, так и в виде скелетных форм, развивающихся по плоскостям спайности карбонатов и плагиоклаза. Пятнистая текстура обусловлена гломеробластами карбоната (1-2 мм), кварц-мусковит-карбоната (1-2 мм), хлорит-кварц-плагиоклаза (2-3 мм). Реликтовые гранофировые структуры и выделения "глазкового" кварца (размер до 1,5 мм) отмечаются в верхних частях покровов.

Изменения в химическом составе карбонатных метасоматитов относительно метабазальтоидов состоят в увеличении фосфора, серы и CO_2 в два раза, и некотором уменьшении кремнезема. Обогащения микроэлементами практически не происходит. Ведущие геохимические ассоциации: никель-хром и кобальт-цинк (мышьяк) - медь-серебро. Количество рудных минералов в карбонатных метасоматитах в целом выше чем в метабазальтоидах. Основные рудные: пирит (десятки-первые сотни г/т), пирротин (до 280 г/т), арсенопирит (единичные зерна - 12 г/т), ильменит (до 500-1000 г/т), магнетит (единичные зерна - первые граммы на тонну), апатит (ед. зерна - до 316 г/т). Золото в протолочках из апобазальтоидных карбонатных метасоматитов установлено в единичных зернах.

Апобазальтоидные щелочно-карбонатные метасоматиты. Выявлены среди карбонатных метасоматитов в виде участков, отражающих более высокую степень метасоматоза. Они представляют собой серые, зеленовато-серые, массивные породы с гнездово-прожилковыми агрегатами крупнозернистого карбоната (анкерита, реже - кальцита).

Минеральный состав: альбит 30-50%, карбонат 20-60%, мусковит 10-20%, хлорит 5-15%, кварц 5-10%, рудные минералы (сульфиды) - 5-10%. Структура гетеробластовая, текстура - реликтовая, пятнистая. Пятнистость обусловлена агрегатами кальцита и плагиоклаза, кварца, кальцита. Крупнозернистый кварц наблюдается в форме глазковых выделений в породе и зернах плагиоклаза.

По химическому составу щелочно-карбонатные метасоматиты отличаются от карбонатных метасоматитов повышенным содержанием углекислоты, серы кальция, калия и пониженным содержанием кремнезема.

Из рудных элементов повышается содержание мышьяка, серебра, марганца. Выявлены золотоносные интервалы пород протяженностью до 40-60 м и содержаниями - 0,7-1,4 г/т.

Установлено две геохимические ассоциации элементов: золото-мышьяк-марганец и медь-серебро-никель-кобальт-цинк. Спектр и содержание рудных минералов, по сравнению с исходными породами, возрастает: пирит - до 20 кг/т, пирротин, ильменит, апатит, пирохлор, арсенопирит (до 10,5 кг/т). Золото очень мелкое, встречается совместно с призматически-игольчатым арсенопиритом.

Щелочно-карбонатные метасоматиты можно, по мнению М.С. Смирнова (1986), отнести к анкеритовым карбонатитам, располагающимся в самой верхней части метасоматической колонны, - над кальцитовыми карбонатитами Западно-Татарской рудной (редкометалльной) зоны.

Зеленые ортосланцы. Представляют собой светло- и темно-зеленые сланцеватые, полосчатые породы. Минеральный состав: альбит до 10%, хлорит и биотит - 30-80%, карбонат до 30%, кварц - 10-20%. Структура лепидогранобластовая, текстура неясноочковая, слойчатая.

По химическому составу они отличаются от метабазальтоидов повышенным содержанием магния, углекислоты и калия, пониженным - кальция и натрия. По составу микроэлементов они отличаются повышенным содержа-

нием серебра; цинка и никеля. Золото установлено до 0,4 г/т (пробирный анализ) и от 1 до 4 знаков (минералогический анализ). Содержание пирита достигает 1 кг/т.

Филлониты. Развиваются по осадочным и вулканогенным породам. Широко развиты на Верхне-Таловском участке. В основном, это серые, зеленовато-серые полосчатые сланцы с обильной сульфидной минерализацией по сети кливажных трещин. Минеральный состав: плагиоклаз - 5-10%, хлорит - 30-40%, биотит до 5%, кварц - 20-40%. Структура микролепидобластовая, текстура неясно-пятнистая. Порода пронизана густой сетью жилок мелкозернистого кварца с сульфидами и углеродистым веществом (мощностью 0,5-0,6 мм).

В филлонитах отмечается высокое содержание цинка и серебра, золота - 0,1-0,6 г/т. Характерна для них ассоциация: медь-свинец-кобальт-мышьяк. В протолочках постоянно отмечается золото. Содержание пирита в протолочках - 500-1000 г/т, арсенопирита, пирротина, магнетита, ильменита, апатита, кобальтина единичные знаки - первые граммы на тонну.

Кварцевые метасоматиты. Развиты в верхней части метаэффузивной пачки, непосредственно внутри контакта с черносланцевой толщей кординской свиты. По данным геологоразведочных работ (Зонов, 1976 г.) выявлено несколько согласных линзовидных тел метасоматических кварцитов мощностью от 2-3 до 20 м и протяженностью - километры. Минеральный состав: катаклазированный серый кварц, погруженный в мелкозернистую массу кварц-мусковит-кальцитового состава.

Отмечаются гнезда и жилы магнетита и пирротина. Пятнами, зонами развит крупнозернистый светло-серый кварц второй генерации, наиболее золотоносный, содержащий игольчатый арсенопирит, галенит, видимое золото, сфалерит.

Возникновение кварцитовых тел интерпретируется как результат отгона кремнистого материала во внешнюю зону пропилитизации, с формированием, таким образом, единого структурно вещественного ряда с карбонатными и щелочно-карбонатными метасоматитами в Самсоновском рудном поле.

Амфиболиты. Выявлены на всех участках рудного поля в виде силлов, согласных тел, залегающих среди вулканических покровов, реже - известняков. В разрезах участков по мощности амфиболиты составляют от 15 до 30-40%. Мощность силлов составляет 20-100 м. Амфиболиты - зеленовато-серые, темно-зеленые мелкозернистые породы, обычно пронизаны сетью жилок кварц-кальцитового состава. Минеральный состав: плагиоклаз (альбит-олигоклаз) - 20-40%, актинолит до 40%, хлорит до 30%, эпидот-цоизит - 10-20%.

По химизму породы отнесены к диабазу-оливиновому диабазу (по А.Н. Заварицкому).

Содержание рудных микроэлементов характеризуется (относительно вулканитов) накоплением хрома. Геохимическая ассоциация элементов: цинк-никель-хром и медь-свинец-мышьяк. В протолочках установлены знаки золота (до 1,5 г/т). Пирит встречается в количестве до 100 г/т, реже - 1,5 кг/т, пирротин до 214 г/т, отмечается апатит, кобальтин, магнетит.

Отложения пенченгинской свиты имеют моноклинальное восточное падение под углом 45-50 градусов в пределах Озерного и Центрального участков и юго-западное на Верхне- и Нижне-Таловском участках. Сочленение субмеридиональной Озерно-Центральной структуры с северо-западной Верхне-Нижне-Таловской происходит, вероятно, через тектоническое нарушение, либо серию нарушений, скрытых под аллювиальными отложениями.

В пределах Озерно-Центральной площади месторождения общее восточное падение рудовмещающей толщи осложнено несколькими складками высокого порядка (длина складок 1-1,5 км, углы падения крыльев до 45 градусов). К сводовой части и восточному крылу одной из антиклиналей приурочена золотоносная зона Озерного участка.

На Центральном участке наиболее крупной разрывной структурой является разлом, характеризующийся зеркалами скольжения и охристо-желтой тектонической глиной (мощность 3-6 м), вероятнее всего это линейная кора выветривания по зоне тектонического нарушения.

Структура Верхне-Таловского участка определяется моноклинальной, падающей на юго-запад, толщей пород.

В пределах Самсоновского месторождения, как в целом и всей западной части Партизанского рудного узла, широко распространены коры выветривания мел-палеогенового возраста, развивающиеся по всем литологическим разновидностям пород. По особенностями распространения, морфологии и мощности выделяются площадные и линейные коры выветривания. Площадные коры выветривания развиты, практически, на всей территории месторождения (на всех пяти участках). Они характеризуются сравнительно небольшой мощностью (10-40 м), монтмориллонит-гидрослюдистым, реже каолинитовым составом, часто с сохранением структурно-текстурных особенностей исходных пород.

Линейные коры выветривания также широко развиты в пределах Самсоновского месторождения. Их особенностью является каолиновый и каолинит-гидрослюдистый состав, наклонное залегание, согласно падению пород, и частая перемежаемость с останцами плотных коренных пород, причем, нередко контакты пород довольно резкие, а нижняя граница структурных глин имеет сложную конфигурацию с многочисленными карманообразными западениями.

Анализ петрохимического состава, объемного веса пород показал, что при выветривании исходная порода теряет до 40% объемного веса: от 2,82-2,44 г/см³ (коренные породы) до 1,61-2,0 г/см³ (породы коры выветривания) (Смирнов, 1986 г.). Происходит существенная перестройка химического и минералогического состава субстрата. В глинистой коре выветривания, по сравнению с исходными породами, уменьшается содержание CO_2, S , K_2O, Na_2O, FeO, MnO, CaO, но увеличивается Fe_2O_3, TiO_2 и, частично, SiO_2. Изменение химического состава обусловлено, по-видимому, окислением, растворением и выносом первой группы элементов из карбонатов, сульфидов, слюд, полевых шпатов и относительным накоплением на месте второй группы элементов. Анализ химического состава золотоносных и незолотоносных глин коры выветривания показал, что первые из них отличаются повышенным содержанием Fe_2O_3, мышьяка, меди серебра, иногда свинца и цинка.

В пределах Самсоновского рудного поля выделяются два типа золоторудной минерализации: золото-сульфидная в метасоматитах по основным эффузивам и золотоносных кор выветривания. Рудные (золотосульфидные) интервалы, в общем, совпадают с участками интенсивной сульфидной минерализации апобазальтоидных карбонатных и, в особенности, щелочно-карбонатных метасоматитов.

Оруденение золото-сульфидного типа в метаэффузивах вскрыто скважинами на Центральном, Озерном и Верхне-Таловском участках ниже границы распространения кор выветривания (в интервалах глубин от 139 до 212 м).

Сульфидная минерализация представлена, в основном, пиритом, пирротином, реже халькопиритом, сфалеритом и арсенопиритом. Мощности зон золото-сульфидной минерализации варьируют от 2-3 до 12-20 м, но содержание золота обычно не превышает 0,9-1,4 г/т.

В пределах Самсоновского рудного поля установлено 7 залежей золото-сульфидной минерализации, протяженностью от первых сотен метров до первых километров.

Золотоносные коры выветривания выявлены на трех участках Самсоновского рудного поля: Озерном, Центральном, Верхне-Таловском (Власов, 1986 г.; Смирнов, 1986 г.; Тенешев, 1995 г.).

На участке Озерном наиболее характерные разрезы коры выветривания задокументированы по скважинам 16 (пл-5) и 10, 8а (пл-9).

Наиболее типичный разрез, в основном, остаточной коры выветривания представлен по скважине 16 (сверху вниз):

1. 12,5-22,5 м. Зеленовато-бурые, серые, пестрые монтмориллонит-гидрослюдистые глины с реликтовой структурой апобазальтовых метасоматитов, гнездами белой глины.

2. 22,5-47,5 м. Серые зеленовато-серые, желтые глины с реликтовой структурой апобазальтоидных метасоматитов.

3. 47,5-101,5 м. Серые, зеленовато-серые монтмориллонит-гидрослюдистые глины с реликтовой структурой и участками слабо выветрелых апобазальтоидных метасоматитов.

4. 101,5-129,5 м. Желто-бурые, пестрые полосчатые монтмориллонит-гидросюдистые глины с реликтами слабо выветрелых серых пятнистоокрашенных филлитов.

5. 129,5-134,0 м. Пестрые пористые гидрослюдисто-каолинитовые глины, сменяющиеся выветрелыми апобазальтоидными метасоматитами.

Разрез, в основном, смещенной коры выветривания по скважине 10 следующий (сверху вниз):

1. 15,0-49,5 м. Желтые и белые пластичные глины, переходящие вниз в красно-бурые пестрые каолинитовые глины с обломками лимонитов.

2. 49,5-71,5 м. Бурые, красные, пестрые пластичные каолинит-гетитовые глины с неокатанными обломками глинизированных апобазальтоидных метасоматитов, включениями лимонитов и кварцевой сыпучки.

3. 71,5-177,0 м. Желто-бурые, красные, пятнистоокрашенные гидрогетит-каолинитовые глины с линзами алевритовых песков и обломками выветрелых филлитов.

4. 177,0-218,3 м. Желто-серые, серые омарганцованные глины, запесоченные с дресвой кварца и обломками лимонитов.

5. 218,3-263,0 м. Бурые, желтые, участками малиновые гидрогетит-каолинитовые глины.

Золота в скважинах 16 и 10 не отмечается.

Разрез остаточной и смещенной коры выветривания вскрывается по скважине 8а (сверху вниз):

1. 24,0-62,0 м. Красно-бурые, желто-бурые пестрые пятнистые гидрогетит-каолинитовые глины. Вверху кварцевая щебенка. Интервал золотоносен с постепенным снижением содержаний к низу.

2. 62,0-70,5 м. Красно-бурые глинизированные апобазальтоидные метасоматиты с реликтовой структурой.

3. 70,5-112,0 м. Красно-бурые, пестрые и пластичные, участками сухариcтые гидрогетит-каолинитовые глины с реликтовой структурой метасоматитов.

4. 112-147,0 м. Малиново-красные, пестрые глинизированные апобазальтоидные метасоматиты с четкой реликтовой структурой.

5. 147,0-165,5 м. Кварцевая сыпучка, маршаллиты, серые пластичные глины с включениями щебня и кварца, кремней. Интервал золотоносен (до 4,0 г/т).

6. 165,5-175,8 м. Бурая, черная пластичная глина с обломками кварца и кремней, с дресвой лимонитов и обломками пиролюзита, гнездами песчанистых глин. Интервал обогащен MnO (до 4,62%) и Fe_2O_3 (до 35,3%).

7. 175,8-208,0 м. Интенсивно трещиноватые кристаллические известняки с полостями (до 0,3-0,7 м), заполненными красными глинами, маршаллитом, кремнисто-щебнистой сыпучкой. Эти рыхлые отложения золотоносны (до 2,5 г/т), содержат шлиховое золото (до 21 знака на протолочку). Золото разнообразное по форме - часть его кластогенная, часть новообразованная.

Петрогенные и часть рудных элементов в процессе выветривания апобазальтоидных метасоматитов, в основном, выносятся (сера, углекислота, калий, натрий, магний, кальций, алюминий). Кремнезем и железо в разрезе стабильны. Накапливаются в глинах фосфор и титан.

Озерный участок

На участке Озерном выявлено 4 рудных зоны неопределенной формы. Размер рудных тел по простиранию: 100-675 м (средний - 200 м), размер по падению средний - 100 м. Мощность: от 4 до 20 м, средняя - 10 м.

Балансовые запасы участка Озерного от всего месторождения - 25,8%. Содержание золота в рудном теле от 1,4 до 5,8 г/т, среднее 2,3 г/т.

Рудная зона 1 прослежена скважинами на расстояние более 1100 м, в ней выделено несколько рудных тел. По качеству руды только рудное тело № 1 представляет промышленный интерес, по нему подсчитаны прогнозные ресурсы по P_1 и P_2. В рудной зоне 3 выделяется также одно рудное тело со средним содержанием металла 1,4 г/т. Рудная зона 4 подсечена скважиной, в ней выделено рудное тело со средним содержанием металла 1,5 г/т, по нему подсчитаны прогнозные ресурсы по P_2.

Участок Центральный

В разрезе участка по данным В.С. Власова (1986 г.) и В.М. Тенешева (1995 г.) преобладают метавулканиты андезитового или андезито-базальтового ряда, среди которых по структурно-вещественным особенностям различаются туфы, туфосланцы, туфолавы, лавы, в различной степени метасоматические изменения (карбонатизированные), интерпретируемые М.С. Смирновым (1986 г.) как апобазальтоидные метасоматиты (рис. 3.91-3.93).

Простирание пород в пределах участка субмеридиональное, строение толщи антиклинальное пологоскладчатое с общим падением на восток под углом 20-30°. Рудовмещающими по В.М. Тенешеву (1995 г.) являются апобазальтоидные метасоматиты, подстилаемые и перекрываемые пачками глинистых сланцев и филлитов. В пределах участка до глубины 170 м развита кора выветривания, ниже которой бурением вскрыты свежие апобазальтоидные метасоматиты. Они представляют собой массивные породы серого, зеленовато-серого цвета, среднезернистой структуры с большим количеством сульфидов. Их минеральный состав: альбит - 50%, карбонат - 15-20%, мусковит - 15%, кварц - 10%, хлорит - 5% и рудные минералы - пирит, пирротин, ильменит, халькопирит, арсенопирит.

Коренные породы подверглись интенсивному выветриванию с формированием широкой гаммы пестроокрашенных глин с новообразованиями лимонита. Часто глины по вулканитам и сланцам имеют соответственно реликтовую "зернистую" текстуру и реликтовую "сланцеватость", унаследованные от исходных пород.

Характерной чертой строения коры выветривания является ее наклонное залегание, субсогласное строению стратиграфических и тектонических (дизъюнктивных) границ.

В корах выветривания по апобазальтоидным метасоматитам широко развита слабая золотоносность на уровне

до 0,9 г/т, но промышленно значимые концентрации золота установлены только в их приповерхностных частях.

Рудные тела золотоносных кор выветривания, располагаются среди слабозолотоносных зон, не имеют четких геологических границ и устанавливаются только по данным опробования. Сопряженные с ними кварцевые жилы (мощность - 1,0-2,7-6,1 м) обычно слабозолотоносны - 0,1-0,3 г/т. Напротив, мощные интервалы сливных лимонитов имеют повышенную золотоносность - 0,2-4,9 г/т (в среднем - 1,6 г/т).

Наиболее же богатые руды представлены пестроокрашенными (от белого до темно-красного), часто " рябчиковыми " продуктами выветривания апобазальтоидных метасоматитов, насыщенных включениями и линзами каменистых сливных и сухаристых лимонитов, пронизанных сетью тонких кварцевых прожилков мощностью до 1-3 см.

Наиболее типичные разрезы, вскрывающие рудное тело № 1, выявлены по скважинам 2 и 3.

Разрез по скважине 2 (сверху вниз):

1. До глубины 22,4 м вскрыты белесые и желтые гидрослюдисто-каолинитовые глины с реликтовой сланцеватостью филлитов, перекрывающих рудную зону.

2. 22,4-35,5 м. Пестрая, красноватая и пятнисто желтая каолиновая глина с реликтовой структурой апобазальтоидов, с кварцевой дресвой и участками сетчатой лимонитизации (мощностью до 0,5 м). Золотоносность на уровне 0,5-1,5 г/т.

3. 35,5-43,0 м. Желтая охристая и пестрая красноцветная каолинитовая глина с реликтовой текстурой апобазальтоидных метасоматитов, участками сетчатой и сплошной лимонитизации, вплоть до образования лимонитовых сухарей с глазковыми выделениями кварца. Золотоносность интервала от 3-5 до 14,2 г/т. Золото разнообразных, в том числе почковидных, форм и размеров. Имеется совершенно неокатанное мелкое " рудное " трансформированное вплоть до натечного золото. Пробность золота варьирует от 820 до 955.

4. 43,0-49,7 м. Пестрая красноцветная каолинитовая глина с хорошо выраженной реликтовой текстурой апобазальтоидов. Золотоносность интервала 0,1-0,8 г/т.

5. 49,7-58,4. Желто-бурая охристая каолинитовая глина с реликтами текстуры исходных апобазальтоидов. Золотоносность - 0,4-1,2 г/т.

6. 58,4-73,0 м. Зеленовато-серые, с бурыми пятнами гидрослюдисто-каолинитовые, монтмориллонитовые глины с четкой реликтовой структурой карбонатизированных апобазальтоидов и участками этих слабо выветрелых пород.

По отдельным пробам золото обнаружено от 0,1 до 0,4 г/т.

7. 73,0-85,8 м. Красно-бурая, сухаристая гидрогетит-каолинитовая глина с реликтовой структурой апобазальтоидов. Золотоносность пород - 0,1 г/т.

8. 100,4-109,5 м. Глинизированные алевритистые филлиты, сменяющиеся к низу слабо выветрелыми филлитами.

Разрез по скважине 3, вскрывающей рудное тело № 1, следующий (сверху вниз):

9. 0-2,0 м. Суглинок покровный светло-коричневый, пластичный, с прослоями светло-серых глин.

10. 2,0-9,5 м. Желто-коричневые и желтые глины по глинистым сланцам с реликтовыми обломками первичных пород. Содержание золота низкое - следы. Среднее содержание элементов (спектральный анализ): меди - 0,02 %, мышьяка - 0,01 %.

11. 9,5-17,5 м. Апобазальтоидные метасоматиты выветрелые до глинистого состояния, вишневого цвета с желтыми и желто-бурыми прослоями. Участками отмечается сетчатая лимонитизация. Содержание золота - 0,3-2, г/т ,среднее - 0,8 г/т. Среднее содержание меди - 0,038%, мышьяка 0,05%.

12. 17,5-24,0 м. Кварц-гидрогетит-каолинитовые глины коричнево-желтого и ярко-желтого цвета по метавулканитам. Отмечаются участки с реликтовой текстурой первичных пород, сетчатой и сплошной лимонитизацией с образованием лимонитовых "сухарей" и сливных каменистых лимонитов с глазковыми выделениями кварца. Отмечаются единичные кварцевые прожилки мощностью от нескольких сантиметров до 30 см, представленные обохренной кварцевой крошкой. Уровень золотоносности пород - 15,8-36,7 г/т, среднее содержание - 24,7 г/т. Среднее содержание элементов: меди - 0,03%, мышьяка - 0,16%, серебра - 0,000002%.

13. 24,0-31,0 м. Глины каолинитовые желто-коричневые, с прослоями бурых и темно-коричневых, с линзовидными образованиями массивных сливных лимонитов вишневого цвета мощностью 35 см, единичными прожилками (крошкой) кварца мощностью до 20 см. Уровень содержаний золота от 1,0 до 12,1 г/т, среднее 4,8 г/т. Среднее содержание рудных элементов: меди - 0,022%, мышьяка - 0,06%, серебра - 0,000001%.

14. 31,0-39,0 м. Глины каолинитовые бордового, табачного цвета с реликтами текстуры первичных пород. Содержат линзы и скопления массивных сливных лимонитов темно-вишневого и коричневого цвета с глазковыми образованиями кварца. Содержание золота от 0,3 до 3,2 г/т. Среднее содержание рудных элементов: меди - 0,045%, мышьяка - 0,014%, серебра - 0,000001%.

15. 39,0-40,0 м. Гидрослюдисто-каолинитовые, монтмориллонитовые глины с реликтовой текстурой метабазальтоидов. Содержание золота - до 0,1 г/т. Содержание мышьяка - 0,005%.

Из вышеприведенных разрезов по скважинам 2 и 3 видно, что наиболее богатые руды приурочены к бело-желтым, буро-желтым, бурым каолиновым глинам с лимонитами и дресвой кварца - в общем виде, - наиболее переработанным частям коры выветривания каолинитового состава.

В пределах Центрального участка выделяется 4 рудных зон (5-8). Объем руды участка составляет 46,14% от всего месторождения. Выделено 3 рудных тела. Основная часть запасов золота сосредоточена в Первом рудном теле. Протяженность тела по простиранию 440 м. Падение рудного тела к востоку под углом 20-50 градусов. Мощность тела увеличивается от первых метров на севере и юге до 20 м в центре участка. По падению тело прослежено до 130 м (до глубины 50 м). Общая ширина зоны оруденения в плане уменьшается от 30 м на север до 130 м в центре и до 90 м на юге. Распределение золота крайне неравномерное, бонанцевое. Содержание золота в рядовых пробах колеблется от 0,1 до 36 г/т и более, среднее содержание по рудным интервалам - 1,5 до 9,8 г/т, среднее - 6,2 г/т.

Рудная зона 5 вскрыта скважиной 71 в интервале 144,0-146,5 м, где на мощность 2,5 м среднее содержание металла составило 7,6 г/т.

Рудная зона 6 вскрыта скважинами 70, 71 и 72. Среднее содержание металла в ней - 1,2 г/т.

В рудной зоне 7 сосредоточены основные ресурсы золота, на глубину она изучена до 80 м. В ней выделено одно промышленное рудное тело с максимальным содержанием золота 9,5 г/т.

Рудная зона 8 вскрыта на глубине скважинами 3, 4 и 75. В ней установлено одно рудное тело со средним содержанием металла 1,9 г/т.

Руды Центрального участка Самсоновского месторождения относятся к формации золотоносных кор выветривания по минерализованным зонам и характеризуются

неравномерным распределением полезного компонента. Рудные тела определяются только по данным опробования, имеют сложное строение. По сложности геологического строения по классификации ГКЗ месторождение относится к 3 группе.

Макроскопически руды Самсоновского месторождения представляют собой пеструю глину от светло-серого до темно-бурого и коричневого цветов, содержащую включения "сухаристых" и каменистых лимонитов, а также кварцевые прожилки (в виде кварцевой крошки).

Участок Верхне-Таловский

Глубина развития кор выветривания на Верхне-Таловском участке превышает глубину бурения (312 м), поэтому разреза невыветрелых пород получить не удалось (см. рис. 3.8, 3.10). Опорный разрез золотоносной коры выветривания вскрыт скважиной 44[а], характеристика которого приводится по данным М. С. Смирнова (1986 г.) (сверху вниз):

1. 0-37 м. Каолинит-гидрослюдистые глины с прослойками невыветрелых кварцитов верхний сланцевой пачки.

2. 37,0-40,5 м. Желтая охристая и малиновая пестрая гидрогётит-каолинитовая глина с реликтовой текстурой апобазальтоидов.

3. 40,5-50,6 м. Пестрая красноцветная гидрогётит-каолинитовая глина, участками нацело лимонитизированная с реликтовыми глазковыми выделениями кварца. Порода обогащена железом (Fe_2O_3 до 17-19%) и содержит золото от 1,5 до 3,7 г/т.

4. 50,6-59,0 м. Желтая охристая гидрогётит-каолинитовая глина с тонкой вкрапленностью пирита (до 653 г/т) и реликтовой текстурой апобазальтоидов. Золотоносность пород составляет от 0,2 до 2,1 г/т.

5. 59,0-70,5 м. Красноцветная пестрая гидрогетит-каолинитовая глина, участками лимонитизированная, сухаристая с реликтовыми глазковыми выделение кварца. Содержание железо (Fe_2O_3) составляет 22,4%. По внешнему облику породы очень похожи на горизонт 3. Золотоносность составляет 0,2-1,4 г/т.

6. 70,5-82,5 м. Каолинитовая с монтмориллонитом структурная глина, зернистая, желтого и белого цвета. Золотоносность 0,3-0,6 г/т.

7. 82,5-112,0 м. Каолинит-гидрослюдистая глина желтого и серого цвета с реликтовой сланцевой текстурой первичных пород. Золотоносность - следы 0,3 г/т.

8. 112,0-129,5 м. Гидрослюдисто-каолинитовая глина структурная пестрая, красноцветная. Глина не золотоносная.

9. 129,5-137,5 м. Гидрогетит-каолинитовая глина структурная пестрая, красноцветная, не золотоносная.

10.137,5-145,5 м. Каолинит-гидрослюдистая с монтмориллонитом глина с реликтами сланцеватости исходных пород, не золотоносная.

11. 145,5-197,5 м. Глинизированные пестроокрашенные филлиты, с реликтами углисто-черных филлитов с вкрапленностью пирита.

12. 197,5-201,5 м. Карстовый бурый суглинок (каолинит-гидрослюдистой) с примесью черной глины и массой мелких включений лимонитовых псевдоморфоз по пириту.

13. 201,5-207,0 м. Вторичный кварц тонкополосчатый ярко-желтого цвета (кремнезема - 89%). Порода состоит из сферолитов кварца (диаметр сферолитов - 0,05 мм) плотнейшей упаковки, цемент гидрогетитовый. Текстура тонкополосчатая: чередуются плотные и пористые слойки. В последних отмечаются большие пустоты неправильной формы. Кварц интенсивно пигментирован желтым лимонитом.

14. 207,0-219,0 м. Песок серый разнозернистый с прослоем пестрой глины, вероятно продукт разрушения вторичных кварцитов незолотоносны.

15. 219,0-230,0 м. Каолинит-гидрослюдистая малинового цвета, пестрая глина с реликтовой текстурой апобазальтоидов. Отмечается проба с золотом до 0,6 г/т.

16. 230-234,0 м. Известняки кристаллические песчанистые серые слоистые.

Из золотоносного горизонта коры выветривания по скважине 44[а] извлечено и получено шлиховое золото. В нем преобладают зерна сложных форм, в том числе друзовидные кристаллы в сростках с кварцем, нарастающие на пластинчатое золото, а также присутствуют почковидные наросты. Пробность золота, в основном, - 820-920, тонкогубчатое золото с пробностью 980.

В пределах Верхне-Таловского участка подсчитаны запасы золота, составляющие 28,1% от всего месторождения.

В пределах участка выявлена одна 9-я рудная зона, вмещающая 2 рудных тела. Рудная зона прослежена с поверхности скважинами картировочного бурения на расстояние 1100 м.

В центральной части участка рудная зона изучена на глубину 4-мя профилями скважин. На этом изученном отрезке по данным опробования выделено 2 рудных тела. Ресурсы рудного тела № 1 отнесены к балансовым, а рудного тела № 2 к забалансовым (ресурсы со средним содержанием по блоку ниже минимально-промышленного (2,4 г/т), но выше бортового (1,0 г/т). Предполагается, что золотоносная зона Верхне-Таловского участка, без уменьшения интенсивности и масштабов оруденения, прослеживается в СЗ и ЮВ направлениях еще на расстояние 2500 м. Золоторудная минерализация прослеживается до Нижне-Таловского участка, на котором канавой 31 вскрыт интервал мощностью 2 м со средним содержанием золота 14,1 г/т.

Прогнозные ресурсы (P_1 и P_2) по рудному телу 1 Верхне-Таловскому участку составили: руда - 659,9 тыс. т., металла 2487 кг; при среднем содержание 3,8 г/т. Прогнозные ресурсы P_1 по рудному телу 2 (забалансовые) составили 274 кг. Прогнозные ресурсы (P_3) Верхне-Нижне-Таловского участка составляют 6275 кг.

Таким образом, суммарные ресурсы (P_1+P_2+P_3) площади правобережья р. Талой равны: 2761+6275 = 9036 кг.

Вещественный состав и технологические исследования руд

Руды Самсоновского месторождения золота представляют собой глину пестрой окраски белого, светло-серого, желтого, темно-бурого и коричневого цветов, содержащую включения "сухаристых" и каменистых лимонитов, а также кварцевые прожилки в виде (кварцевой крошки). В рудных интервалах иногда отмечаются реликты структуры первичных пород. Гранулометрический состав будет приведен ниже. По данным термического анализа глинистая формация руд представлена преимущественно каолинитом, в меньшей степени гидрогётитом. Обломочная фракция представлена исключительно каменистыми лимонитами и кварцем в соотношение 10:1 (табл. 3.98).

Лимонит встречается в виде "сухарей", плотных каменистых масс с глазковыми выделениями кварца, включениями свободного золота. Цвет - от кирпичного и светло-желтого до темно-бурого и черного. Кварц представлен крошкой (дресвой), слабосвязанной лимонитизированной бурой глиной. Кварц серого цвета с голубоватым оттенком, часто обохренный. Свободного золота в кварце не отмечалось.

По данным минералогического анализа легкая фракция представлена исключительно кварцем белого, серого с голубоватым оттенком цвета, часто обохренным. Тяже-

Рис. 3.91. Самсоновское месторождение золотоносных кор выветривания. Забой карьера "Северный". На переднем плане руда месторождения (белое) с пологозалегающими останцами кварцевых жил (коричневое)

Рис. 3.92. Самсоновское месторождение золотоносных кор выветривания. Общий вид карьера

Рис. 3.93. Самсоновское месторождение золотоносных кор выветривания. Погрузка и транспортировка руды

Таблица 3.98

Гранулометрический состав свободного (гравитационного) золота руд Самсоновского месторождения (по данным Ангарской ГРЭ, 1995 г)

Класс крупности	Вес фракции, мг	Вес, %
4,0-0,2	17,55	5,4
2,0-1,0	57,3	17,6
1,0-0,5	78,0	24,0
0,5-0,25	92,85	28,5
0,25-0,15	51,6	15,8
0,15-0,10	22,1	6,7
менее 0,1	6,7	2,0
Итого	326,1	100,0

лая фракция представлена, в основном, лимонитом, ильменитом, золотом, рутилом, единичными зернами сульфидов (пирит, пирротин самородное серебро).

Золото преимущественно свободное. Оно составляет 66-63% от количества золота, устанавливаемого пробирным анализом. Остальные 34-37% золота связаны в лимоните.

Свободное золото определялось путем промывки хвостов по россыпной технологии, расчет содержаний производится на химически чистое золото в г/т.

По данным минералогического анализа свободного золота руды оно представлено следующими четырьмя разновидностями.

1. Интерстиционный тип. Золотины неправильной, комковидной или грубоизометричной формы с остроугольными краями. Поверхность золотин шероховатая или ребристая, реже зеркально-гладкая. Встречаются зерна в сростах с кварцем. Цвет золота светло-желтый, со светлым зеленоватым оттенком. Все эти данные указывают на отложения золота в интерстициях и пустотах кварцевых агрегатов (интерстициональный тип). Количество золотин этой разновидности около 40% от общей массы свободного золота.

2. "Сульфидное" золото. Представлено золотинами неправильной комковидной формы с шероховатой и мелкобугристой поверхностью, желтого цвета с красным оттенком, с обильными включениями и пленками гидрооксидов железа. На крупных зернах, представляющих собой причудливые срастания золота и лимонита, отмечаются участки с чистой или гладкой натёчной поверхностью ярко-желтого цвета. Количество зерен этого типа около 50%.

3. Цементационное золото из кварцевых прожилков. Золотины ячеистой, неправильной причудливой формы с пористой кавернозной поверхностью. В ячейках часто наблюдаются обломки кристаллов или агрегаты "гранулированного" полупрозрачного кварца. Цвет золотин светло-желтый, количество их около 10%.

4. Трещинно-прожилковые выделение золота в кварце. Единичные золотины пластинчатой и изометричной формы, с неровными, рваными краями, слабошероховатой поверхностью. Цвет желтый.

Содержание свободного золота в руде, улавливаемого простой гравитацией, колеблется от следов до 7 г/т и составляет в среднем 15,5% от количества золота, установленного пробирным анализом.

Анализ результатов минералогического изучения свободного золота показывает, что оно представлено, в основном, двумя морфогенетическими типами: золотины, выделившиеся из сульфидов при их выветривании, и золотины из кварцевых прожилков. Последние, в свою очередь, представлены тремя морфологическими выделениями: интерстиционнные частицы; цементационные выделения, где золото как бы цементирует обломки кварца, образуя своего рода "зерна-штокверки", и трещинно-прожилковый тип выделений золотин, представленный пластинками и чешуйками.

Результаты пробирного анализа показывают что кварцевые жилы, вскрытые канавами и скважинами в пределах изученного участка, не являются богатыми. Содержание золота в них, в целом, на порядок ниже, чем в окисленных сульфидизированных зонах, но в свободном виде золото из сульфидов и кварцевых прожилков представлено, примерно, в равных количествах. Это объясняется тем что, золото в кварцевых прожилках крупнее золотин "сульфидного" золота, основная масса которого представлена тонкодисперсным связанным, и пылевидными частицами, не улавливаемыми простой гравитацией.

Ситовые характеристики свободного золота, улавливаемые гравитационными способами приведены в таблице 3.98.

Серебро - в шлихах встречено в одиночных зернах размером 0,5-1,0 мм, весом в 0,7-1,3 мг. Формы зерен комковидные неправильные, иногда проволоковидные, цвет белый.

Ильменит - размер зерен в шлихах 0,05-0,3 мм, форма их близкая к призматической. В большинстве случаев ильменит почти нацело замещен лейкоксеном и рутилом. Содержание ильменита, рутила и лейкоксена в рудной зоне 1,5-5,5 кг/т на фоне 1-10 г/т в незолотоносных породах.

Рутил наиболее часто наблюдается в виде псевдоморфоз по ильмениту, отмечается по ильмениту, но отмечается также акцессорный минерал в основной массе рудной зоны в виде призматических и игольчатых кристаллов.

Пирит отмечается в содержаниях от единичных знаков до десятков граммов на тонну породы и почти нацело замещен лимонитом.

Другие рудные минералы, сохранившиеся в зоне выветривания, встречаются крайне редко в единичных обломках зерен размером 0,1-0,5 мм. Это арсенопирит, халькозин, галенит, кобальтин, сфалерит.

Таким образом, по вещественному составу руды Самсоновского рудопроявления предварительно можно отнести к типу окисленных легкообогатимых, пригодных для переработки гравитационными методами с последующим прямым цианированием лимонитового концентрата, содержащего связанное золото. В гравитационном цикле обогащения неизбежно возникнут сложности, определяемые, с одной стороны, трудностью полной дезинтеграции каолинитовых глин, и с другой стороны, - преобладанием в рудах очень мелкого и тонкого золота, не поддающегося извлечению обычным гравитационным методами.

По данным технологических исследований гранулометрический состав руд следующий (мм, %): +80 - 2,4; 50-80 - 1,4; 30-50 - 2,3; 20-30 - 1,3; 10-20 - 1,2; 8-10 - 2,3; 3-8 - 3,2; 2-3 - 1,7; 1-2 - 3,2; 0,5-1,0 - 3,4; 0,25-0,5 - 5,0;0,25-0,1 - 7,2; 0,04-0,1 - 2,4; менее 0,04 - 63,0. Коэффициент разрыхления - 1,46, влажность - 21,33%.

Технологические исследования руд проводились в Тульском государственном научно-исследовательском геологическом предприятии (ТулНИГП). Исследованиями определялись следующие технологические свойства руды: гранулометрический состав, промывистость, обогатимость, ситовая характеристика золота, содержание технологических видов золота. Обработка проб производилась по россыпной схеме обогащения (простая гравитация) с последующим сорбционным цианированием хвостов гравитации.

Технологические исследования выявили следующие характеристики руд:

1) Руды труднопромывистые, а по характеру золота -

труднообогатимые;

2) Технологические виды золота в рудах: а) свободное, извлекаемое простой гравитацией - 46,6%, б) свободное неизвлекаемое - 19,4%, в) связанное золото (в лимоните) - 34,0%;

3) Ситовые характеристики свободного извлекаемого золота следующие (фракция %): -2+1 - 1,1; -1+0,5 - 8,1; -0,5+0,25 - 16,5; -0,25+0,1 - 32,1; -0,1+0,4 - 11,1; -0,04 - 31,1. Золото комковидной, неправильной угловатой и лентовидной формы, пробность - 900-916;

4) Предварительная оценка хвостов гравитации методом сорбционного цианирования показала принципиальную возможность извлечения связанного золота на уровне 84,5% в следующих режимах: расход цианидов - 0,8 кг/т, извести - 2,2 кг/т, смолы - 2,5 г/т, время выщелачивания - 6-12 ч;

5) При цианировании хвостов обогащения извлекается, в основном, все свободное золото - 63,2% и связанное - 36,8% (от операции). В хвостах цианирования остается, в основном, связанное золото, заключенное в обломках вмещающих пород, так и в рудных минералах (не раскрывшееся);

6) Сквозное извлечение золота по пробе 1, отобранной из балансовых руд, составило 77,3% при этом:

- извлечение простой гравитацией - 46,6%;
- извлечение цианированием - 30,7;%;
- неизвлекаемое (нераскрытое) - 22,7%.

Выводы и рекомендации по результатам технологических исследований заключаются в следующем:

1. Представлены богатые по содержанию золота пробы: 1-ая (верхние горизонты) - 16 г/м³ (7,7 г/т) и 2-ая (нижние горизонты) - 5,2 г/м³ (2,5 г/т).

2. Отложения труднопромывистые (определенные по методикам ВНИИ-1 и ЦНИГРИ), содержание мелких (-3 мм) песчано-илисто-глинистых фракций - 85,9 и 84,6 %.

3. Отложения труднообогатимые. Имеют небольшой средний вес зерен золота - 0,007 мг и содержат преимущественно мелкое свободное и шлиховое золото - 98,9 и 71,1% (от извлекаемого), в т.ч. много пылевидного (- 40 м) - 31,1 и 27,6%.

4. Пробность золота высокая: 900 по первой пробе и 916 - по второй. Формы золота благоприятные (комковидные) для гравитационного обогащения, однако из-за значительного количества мелкого золота - 98,9 и 84,1%, в т.ч. - 0,04 мм - 31,1 и 37,2%, извлечение его по пробе 1/1-2 составило 70, 6% - 7470 мг/м³ - 3,6 г/т; 2/1-2 - 34,9% - 1395 мг/м³ - 0,7 г/т (от свободного).

5. Распределение технологических видов золота в отложениях показывает, что в них преобладает свободное 66% и 76,5% (10,5 г/м³ и 4 г/т³), однако, примерно, третья часть, золото связанное (рудное) - 5,4 и 1,2 г/м³. Отложения с таким распределением золота и технологическими свойствами вмещающих пород должны отрабатываться с использованием сложной технологии и не могут эффективно обогащаться на существующих типовых приборах и установках типа ПМС, ПКС, ПКШБ, ТОК и др.

Предварительная оценка хвостов гравитации методом сорбционного цианирования показала принципиальную возможность извлечения золота на уровне 84,5 % при содержании 4920 мг/м³ - 2,37 г/т.

6. Извлечение золота гравитацией и цианированием по пробе 1/1-2 составило 77,3% - 12390 мг/м³ - 6 г/т.

7. Доводка гравитационных концентратов, проведенная на современном доводочном сепараторе ВЦДС с двумя полями: вибрационным и центробежным, показала значительные потери золота - 6,1 и 4,2% (выше допустимых 1-3%).

8. Сравнение полученных результатов по извлечению золота различных классов крупности с данными, заложенными в технических требованиях на проектирование установки УОКВ, показало, что они выше по всем классам крупности на: +1 мм - 2,5%; -1+0,5 мм - 3%; -0,5+0,25 мм - 4,5%; -0,25+0,1 мм - 8% и -0,1+0,05 мм - 27 %.

С целью повышения эффективности добычных работ и получения дополнительного металла из хвостов и продуктов обогащения установки УОКВ рекомендуется следующее:

1) Для увеличения извлечения золота из концентратов сепараторов УОКВ, разработать установку для доводки концентратов с получением продуктов, пригодных для плавки или для переработки другими методами.

2) Изучить возможность получения промышленной технологии извлечения свободного и связанного (из мелких фракций) золота из хвостов установки УОКВ одним из существующих методов выщелачивания.

Подсчет запасов и ресурсов золота

По данным предыдущих работ (Власов и др., 1986 г.), прогнозные ресурсы категории P_1 участка Центральный, составляют 698,4 тыс. т руды (3602 кг металла) при среднем содержании золота 5,2 г/т. Эта оценка ресурсов была выполнена до глубины 50 м, исходя из предполагаемой длины рудного поля 550 м, объемный вес руды принимался, равным 1,8 т/куб.м, влажность руды не учитывалась. Прогнозные ресурсы этого отрезка составляли 406,3 тыс.т руды (2095 кг металла) при среднем содержание золота в руде 5,2 г/т.

Для подсчета запасов приняты следующие оценочные кондиции: бортовое содержание золота - 1,0 г/т; минимальная мощность рудного тела - 3,0 м; максимальная мощность некондиционных руд и пустых пород, включаемых в рудный интервал - 5,0 м.

С учетом этих кондиций в пределах изученной части участка выделяются четыре рудных тела. Главным из них является рудное тело №1, расположенное непосредственно под "козырьком" углеродистых сланцев. Оно прослежено по всем линиям скважин, за исключением линии 18, где это тело выделено условно, исходя из общей структурной позиции оруденения, и поэтому нуждается в заверке бурением дополнительных скважин. Между линиями 18 и 34 рудное тело №1 испытывает раздув мощности, сопровождаемый резким возрастанием содержания золота. Не исключено, что вскрытое здесь скважинами оруденение представляет верхнюю часть рудного столба или боканца, погружающегося на глубину в юго-восточном направлении. На флангах рудного тела №1 отмечается снижение содержаний золота, но выклинивание его не устанавливается, поэтому возможен дополнительный прирост запасов.

Рудные тела № 2, № 3, и № 4 могут рассматриваться как спутники или даже "апофизы" рудного тела № 1. Они характеризуются небольшими размерами и низкими забалансовыми содержаниями золота.

По результаты подсчета запасов видно, что практически значимыми балансовыми могут быть только запасы рудного тела № 1, составляющие 1556 кг золота.

3.1.5. Раздолинский рудный узел

Введение

Раздолинский рудный узел, в частности, бассейн р. Рыбной (правый приток р. Ангары), был известен тем, что на протяжении более полутора веков в его пределах велась интенсивная разработка россыпных месторождений золота, практически, определяющая социально-экономический облик района на то время. Некогда богатейшие россыпи, в настоящее время практически истощены. Поэтому в районе назрела острая необходимость возрождения золотодобывающей промышленности на основе разработки рудных месторождений.

Раздолинский рудный узел локализован в поле пород байкальского комплекса, слагающих Рыбинскую антиклиналь меридионального простирания.. В пределах рудного узла выделена Рыбинская рудная зона, включающая отработанное Раздолинское сурьмяное месторождение (перспективное на золотое оруденение), а также в различной степени изученные месторождения золота – Боголюбовское, Попутное и ряд более мелких рудопроявлений – Светлое, Сорочье, Змеиное, Антониновское, Рудничное, Перевальнинское.

Все известные месторождения и проявления зоны группируются в два рудных поля: Раздолинское и Попутнинское. Первое объединяет месторождения (Раздолинское, Боголюбовское) и проявления (Сорочье, Змеиное, Антониновское) кварц-антимонитовые, жильные золото-кварцевые, зоны сульфидной минерализации и окварцевания в филлитах. Попутнинское рудное поле (Попутнинское месторождение, рудопроявления Светлое, Рудничное) представлено оруденением, приуроченным к контакту филлитов с ультрабазитами попутнинского комплекса.

Геологическая, геофизическая и геохимическая изученность

Геологическое изучение описываемого района началось в начале 40-х годов прошлого столетия.

В 1843 г Э. Гофманом и Д. Макаровским впервые были проведены геологические исследования и изучение золотоносности Енисейской тайги. Уже тогда Гофман отметил, что источником золота в россыпях могут быть не только кварцевые жилы, но и сланцевые породы. Дальнейшие работы А. Латкина (1887 г.), И. Лопатина (1886 г.), А. Шестакова (1887 г.), П. Еремеева (1887 г.), А. Зайцева (1892 г.), Емельянова (1892 г.), И. Аванинского (1899 г.) так или иначе были связаны с изучением золотоносности района. Первое золоторудное месторождение в районе («Хилковская жила», ныне месторождение Попутное) было выявлено в 1886 году, в плотике россыпи р. Рыбной. Представлено оно кварцевой жилой мощностью 1,4 м со средним содержанием золота 51 г/т. Впоследствии жила была утеряна, либо затоплена в результате большого водопритока в горные выработки.

Все последующие геологические исследования, проведенные на данной площади, можно разделить на две группы: 1) региональные работы, 2) работы на детальных участках.

Региональные работы были направлены на изучение геологического строения и закономерностей размещения сурьмяного и золотого оруденения. Были установлены региональные закономерности локализации оруденения в сланцевых толщах кординской, удерейской, горбилокской свит нижнего-среднего рифея, а также в связи с телами базит-гипербазитового состава попутнинского интрузивного комплекса. Выявлены признаки нахождения золотоносных кор выветривания в мезозойско-кайнозойских депрессиях и их обрамлении. Намечены перспективные площади для проведения поисковых работ.

Детальными поисковыми работами выявлен и оценен ряд рудопроявлений и месторождений золота золото-сульфидной формации: боголюбовский тип (Боголюбовское месторождение и другие проявления) в сланцевых толщах, попутнинский тип (Попутнинское месторождение и другие проявления) в метасоматитах, локализованных в зонах контакта базит-ультрабазитов попутнинского интрузивного комплекса и рифейских сланцевых толщ.

Скрупулезный анализ фондовой литературы Северо-Ангарского ГМК позволил выявить и спрогнозировать локализацию нового перспективного типа оруденения золото-кварц-сурьмяной формации в рудном поле отработанного Раздолинского сурьмяного месторождения. Его вероятным аналогом является известное Удерейское золото-сурьмяное месторождение в северной части Южно-Енисейского золотоносного района.

Геофизические исследования впервые проводились В.П. Федорчуком на Раздолинском сурьмяном месторождении методами сопротивлений, естественного электрического поля и магнитометрии.

Позднее широко применялся комплекс аэро- и наземных съемок: магниторазведка, гравиразведка, электроразведка (ВП, ЕП, ДЭП), геофизические исследования скважин (ГИС).

Отмечено, что геофизические исследования позволяют картировать структурные, литологические элементы участков, реже отражают рудные зоны, зоны сульфидизации и окварцевания пород.

Оптимальный комплекс геофизических методов по изучению золотоносных зон состоит из следующих методов: магниторазведка, электроразведка (ЕП, ВП, ДЭП, ДЭМП), гамма-спектрометрия.

Первые геохимические исследования масштаба 1:10 000 на площади Рыбинской рудной зоны проводились в 1950 г Раздолинской геофизической партией под руководством В.В. Бородина. В результате работ в рудном поле Раздолинского месторождения было выявлено несколько вторичных литохимических ореолов рассеяния сурьмы. Один из них расположен непосредственно над месторождением, остальные фиксируют кварцево-сурьмяные жилы небольших размеров.

В последующие годы геохимические исследования проводились достаточно разнообразным комплексом методов. В комплекс работ входило литохимическое опробование по первичным и вторичным ореолам рассеяния, донное и гидрохимическое опробование. В результате выявлены контрастные ореолы золота, мышьяка, сурьмы. Гидрохимическое опробование проводилось с целью определения общих перспектив района на сурьму, полиметаллы и другие полезные ископаемые.

Обобщение результатов геохимических поисков месторождений цветных, благородных и редких металлов Енисейского кряжа позволило сделать следующие выводы:

1. Все изученные месторождения золота фиксируются ореолами рассеяния золота, мышьяка, серебра, меди, свинца, цинка, сурьмы, молибдена, висмута и служат элементами-индикаторами золотого оруденения.

2. В связи с тем, что месторождения фиксируются группой ореолов, оценке при поисках подлежат не единичные аномалии элементов, а аномальные зоны и поля ореолов элементов-индикаторов оруденения.

3. В качестве основного метода поисков золотого оруденения рекомендуется спектрозолотометрическая съемка по вторичным ореолам рассеяния с обязательным анализом проб на комплекс из 14 элементов-спутников.

Анализ результатов работ предшественников показывает довольно высокую эффективность метода поисков по вторичным геохимическим ореолам рассеяния. Наибольшая его эффективность достигается на участках с мощностью покровных отложений не более 3 м, при условии качественного проведения полевых работ. Наиболее яркими индикаторами коренного оруденения являются вторичные ореолы рассеяния золота, мышьяка, сурьмы.

Геологическое строение

Стратиграфия

В геологическом строении рудного узла принимают

участие породы кординской, горбилокской, удерейской свит сухопитской серии верхнего протерозоя, неогеновой и четвертичной систем, а также магматические образования ультраосновного (попутнинский комплекс) и основного (исаковский комплекс) состава.

Рифей. Кординская свита (R_1kd).Свита занимает около 50% всей площади и обнажается в долине р. Рыбной. По литолого-фациальным особенностям, структурно-тектоническому положению и по степени отображения в физических полях отложения свиты разделены на три подсвиты.

Нижнекординская подсвита (R_1kd_1) вскрыта на левобережье р. Рыбной, в бассейне рр. Мал. Аверихи и Афонихи и руч. Рудничного. В разрезе подсвиты преобладают филлитовые «углистые» кварцево-серицитовые сланцы, реже встречаются тонкослоистые алеврито-глинистые и известково-глинистые сланцы. Мощность подсвиты 430 м.

Среднекординская подсвита (R_1kd_2). Наиболее полный разрез подсвиты вскрыт горными выработками Раздолинского сурьмяного месторождения, скважинами в долине руч. Боголюбовского и в береговых отложениях р. Рыбной. Нижняя часть подсвиты представлена тальк-карбонат-хлоритовыми сланцами, образовавшимися по основным эффузивам, доломитизированными известняками, кварц-серицитовыми, кварц-серицит-хлоритовыми сланцами и туфосланцами. На контакте тальк-карбонат-хлоритовых сланцев с терригенно-осадочными породами развиваются линейные коры выветривания. В верхней части подсвита представлена толщей черных и темно-серых филлитизированных глинистых и алеврито-глинистых сланцев. Мощность подсвиты 650-750 м.

Верхнекординская подсвита (R_1kd_3). Отложения прослежены по правому бортовому склону долины р. Рыбной. Разрез представлен кварцево-серицитовыми сланцами, доломитами и доломитизированными известняками. Мощность подсвиты 900-960 м.

Горбилокская свита (R_2qr).Слагают свиту сидеритсодержащие филлитизированные сланцы неравномернослоистые с заметной примесью алевритового материала. Характерно послойно-неравномерное распределение углеродистого вещества. Преобладающей является серая и светло-серая с зеленоватым оттенком окраска пород. По литологическому составу и структурно-текстурным особенностям ее пород свита подразделяется на две пачки: нижнюю (R_2qr^1) – сланцевую и верхнюю (R_2qr^2) – терригенно-сланцевую. Мощность свиты 1150 м.

Удерейская свита (R_2ud).Отложения свиты разделяются на две подсвиты: нижнюю и среднюю.

Нижнеудерейская подсвита (R_2ud_1). В строении разреза принимают участие разномасштабнослоистые сидеритсодержащие филлитизированные сланцы серой и темно-серой окраски. По характеру слоистости эти отложения подразделяются на две пачки: нижнюю ($R_2ud_1^1$) – с преобладанием линзослоистых текстур и верхнюю ($R_2ud_1^2$) – представленную преимущественно монотонными сланцами. Мощность подсвиты 420-500 м.

Среднеудерейская подсвита (R_2ud_2). Слагают подсвиту серые до черного яснослоистые сидеритсодержащие филлитизированные сланцы с маркирующими конкреционными горизонтами. Мощность подсвиты 810-900 м.

Меловая – палеогеновая системы. В пределах района известны коры выветривания мел-палеогенового возраста площадного и линейного морфологического типов.

Площадные коры выветривания представлены фрагментарными разрезами глинисто-дресвяно-щебнистых образований с элементами зональности преимущественно каолинит-монтмориллонитовых, гидрослюдисто-монтмориллонитовых, каолинитовых, в том числе бокситоносных, образований, локализованных на плоских денудационных водоразделах в пределах мелких депрессий, протяженностью от первых километров до первых десятков километров. Мощность образований коры выветривания достигает нескольких десятков метров. Коры выветривания фрагментами золотоносны, но специально этот вопрос изучен слабо.

Неогеновая система. Кирнаевская свита (N_2kr). Отложения свиты встречены на водоразделе р. Рыбной и р. Мал. Аверихи. Представлены красновато-бурыми галечниками, гравием, песками, железистыми конгломерато-брекчиями и конгломератами, глинами. Отложения золотоносны. Мощность свиты 42 м. Неогеновая и четвертичная системы нерасчлененные. Плиоцен-нижнечетвертичные отложения (N_2-Q_I).К нерасчлененным отложениям отнесены аллювиальные отложения высоких террас, древних долин, аллювиально-озерные и пролювиально-делювиальные красноцветные и сероцветные глины, суглинки, глинистые пески, гравийно-галечный материал сланцев и кварца. Отложения золотоносны. Мощность от первых метров до первых десятков метров.

Четвертичная система. Верхнечетвертичный отдел (Q_{III}).Породы представлены плотными сероцветными, реже красноцветными глинами с редкой галькой и линзами галечников, песков 3, 2, 1 надпойменных террас р. Рыбной. Мощность отложений первые метры.

Современные отложения(Q_{IV}). Породы представлены элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями. Первые развиты на водораздельных пространствах и их склонах (глины с обломками окружающих пород), вторые – в пределах высоких и низких пойм всех водоемов (глины, галечники, пески).

Интрузивные образования

Магматические породы представлены образованиями ультраосновного и основного состава и отнесены к попутнинскому и исаковскому комплексам.

Попутнинский комплекс апоультрабазитов представлен линзовидными телами амфиболовых и тальк-хлоритовых сланцев.

Интрузивные образования основного состава исаковского комплекса пользуются незначительным распространением и представлены зеленокаменно измененными диабазами и диабазовыми порфиритами, залегающими в форме даек и штокообразных тел.

Тектоника

В структурном отношении рудный узел расположен в зоне Пенченгинско-Рыбинского глубинного разлома. Главной структурой является Рыбинская антиклиналь, шарнир которой имеет меридиональное направление и полого погружается в северной части района работ, в приустьевой части р. Афонихи. В ядре складки обнажена нижняя подсвита кординской свиты. Ширина антиклинали по кровле кординской свиты 9 км, ее западное крыло осложнено субмеридиональными и поперечными складками высоких порядков.

К элементам дизъюнктивной тектоники относятся разрывные нарушения, зоны трещиноватости и рассланцевания. Разрывные нарушения имеют сбросово-сдвиговый характер.

Рассланцевание пород на площади Раздолинского рудного поля имеет северо-восточное, поперечное к основной структуре, направление. Рассланцевание сопровождается развитием кварцевых жил и прожилков, с которыми, в частности связано Раздолинское месторождение сурьмяных руд.

На восточном крыле антиклинали и в пределах Попутнинского рудного поля рассланцевание пород имеет северо-западное направление.

Области с развитием складок высокого порядка, где породы претерпели наиболее интенсивные тектонические деформации, характеризуются проявлением метасоматоза двух минеральных типов: карбонатного и кварцевого. Карбонатный метасоматоз развивается по вулканогенным породам с образованием золото-сульфидного оруденения попутнинского типа. Кварцевый метасоматоз развивается по глинистым и алеврито-глинистым сланцам. С ним связан золото-сульфидный (боголюбовский) и прогнозируемый золото-кварц-сурьмяный (удерейский) типы оруденения. Признаки локализации удерейского типа золотого оруденения выявлены в пределах Раздолинского рудного поля и на его периферии.

Прогнозно-металлогеническая модель

Металлогеническая структура рудного узла

Раздолинский рудный узел расположен в меридиональном направлении от Попутнинского до Раздолинского месторождений на 20 км при ширине 3-10 км. По степени изученности выделяется южная часть узла, на которой расположены все выявленные к настоящему времени золоторудные месторождения и проявления. По типу оруденения выделены два рудных поля Попутнинское и Раздолинское (рис. 3.94).

Попутнинское рудное поле простирается в меридиональном направлении на 15,5 км от месторождения Попутное на юге до реки Афониха на севере. Объединяет одноименное золоторудное месторождение и рудопроявления Светлое, Рудничное.

Основной особенностью объектов этого поля является их приуроченность к контакту ультраосновных пород попутнинского комплекса с филлитовидными сланцами нижне-среднерифейского возраста.

Попутнинское золоторудное месторождение является самым южным известным объектом Раздолинского рудного узла и Южно-Енисейского золотоносного района. Рудная зона месторождения приурочена к контакту массива пород попутнинского комплекса с углистыми кварцево-серицитовыми сланцами кординской свиты. Золотоносные метасоматиты развиваются по тем и другим породам. Простирание рудной зоны в пределах месторождения изменчивое, но, в целом, северо-восточное. Выделенные рудные тела прослежены на расстояние до 400 м, на глубину до 170 м. Мощность рудных тел колеблется от 2,0 до 27,7 м, содержания металла изменяются от 1,6 до 11,5 г/т. Содержание рудных минералов колеблется от 8 до 50%. Они представлены пиритом и арсенопиритом, в виде примеси отмечаются халькопирит, сфалерит, галенит, антимонит. Золото тонкодисперсное, связано с сульфидами.

Суммарный ресурсный потенциал Попутнинского рудного поля (P_1+P_2+P_3) составляет 44 т.

Промежуток между месторождениями Светлое и Попутное характеризуется весьма слабой изученностью, хотя на этой площади уже известно Антониновское рудопроявление.

Рудопроявление Светлое расположено на водоразделе р. Рыбной и его левого притока р. Мал. Аверихи в 3-5 км южнее п. Раздолинска. Приурочено к контакту ультраосновных пород попутнинского комплекса с карбонатсодержащими филлитовидными сланцами верхнекординской подсвиты и представлено умеренно сульфидизированными кварц-карбонатно-слюдистыми метасоматитами, развитыми как по сланцам, так и по ультрабазитам. Простирание зоны субмеридиональное. Она прослежена на поверхности на 3000 м при мощности 20-60 м. На рудопроявлении развита зона окисления глубиной 10-30 м, в пределах которой содержание золота выше. Морфология 5 рудных тел пластообразная, длина рудных тел 250-1000 м, мощность 3,0-18,5 м, по падению они прослежены на 80-240 м. Основными рудными минералами являются пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит, золото. Количество сульфидов достигает 10%. Золото тонкодисперсное, связано с сульфидами, содержание колеблется от 0,3 до 22,8 г/т.

Перевальнинское рудопроявление находится на левом берегу руч. Перевального. Ранее считалось, что оруденение приурочено к западному экзоконтакту вытянутого субмеридионального тела ультрабазитов и связано с кварцево-карбонатно-слюдистыми метасоматитами, аналогичными попутнинским. Сульфидная минерализация метасоматитов представлена пиритом, арсенопиритом, реже халькопиритом, сфалеритом, галенитом. Содержания золота составляют 0,7 – 8,4 г/т, а среднее на 4,0 м равно 3,4 г/т, метасоматиты не были прослежены ни по простиранию, ни на глубину.

По результатам более поздних работ сделан вывод, что рудоносной на проявлении является кварцево-жильная зона северо-восточного простирания, при этом золотоносными являются кварцевые прожилки мощностью от 0,2 до 0,6 м. Рудопроявление осталось недоизученным

Ресурсы рудопроявления по категории P_3 до глубины 300 м оценены в количестве 6 т золота при среднем содержании 3,4 г/т., средней мощности рудного тела 4,0 и длине 800 м. Фланги оценены по категории P_3 в количестве 29 т металла.

В долине р. Мал. Авериха сконцентрирована прерывистая промышленная золотоносная россыпь до устья руч. Перевального, которая отрабатывалась мускульным методом. Добыто 23 кг золота при среднем содержании в песках 1,44 г/м^3.

Рудопроявление Рудничное расположено на водоразделе руч. Рудничного и его левого притока, в 2,5 км северо-восточнее п. Раздолинский. Оруденение приурочено к контактам ультраосновных пород попутнинского комплеса с карбонатно-терригенными отложениями верхнекординской подсвиты. Тело ультрабазитов имеет овальную форму и вытянуто в субмеридиональном направлении на 2,5 км.

Вмещающие филлиты на расстоянии до 12 м от контакта углефицированы, осветлены и ожелезнены, а на расстоянии до 100 м в них развито прожилково-жильное окварцевание. Максимальные содержания золота достигают 0,4 г/т, сурьмы – 0,4 %.

В южной части рудопроявления на контактах филлитов и базитов установлены два рудных интервала с содержанием золота от 0,1 до 1,1 г/т, в среднем составляя 0,4 г/т на 13,2 м и 0,3 г/т на 17,0 м. Рудопроявление осталось недоизученным.

Рудопроявление Рудничное является северным продолжением месторождения Светлого. Севернее Рудничного расположен участок Афониха. В совокупности они образуют рудоносную полосу длиной более 5 км.

Прогнозные ресурсы Руднично-Афонихинской рудной полосы на протяжении 5000 м до глубины 300 м оценены по категории P_3 в количестве 30 т золота.

Афонихинская группа проявлений расположена в нижнем течении р. Афониха. При отработке россыпи в дражных шлихах находили обломки кварца с видимым золотом. В коренных обнажениях и свалах кварца, песчаников, окварцованных глинистых сланцев установлены содержания золота от 0,1 до 0,4 г/т. Скважинами вскрыты углисто-глинистые сланцы с пиритом и, содержащие золото - 0,1-0,2 г/т. Золоторудная минерализация сопровождается первичными ореолами мышьяка и сурьмы.

В долине р. Афониха расположена промышленная

россыпь протяженностью 3000 м от устья и, практически, начинается ниже Руднично-Афонихинской рудной зоны с попутнинским типом золотого оруденения. Россыпь отработана дражным способом, извлечено 178 кг металла при среднем содержании 394 мг на м³ горной массы. Россыпь р.Афонихи обладает более повышенным богатством по сравнению с россыпью р. Рыбной (отрезок долины в приустьевой части р. Афонихи), в которой содержание металла отходило на уровне 156 мг/м³. Наиболее повышенная удельная продуктивность россыпи – 1,48 кг на 1000 м³ массы приходится на её верхнюю часть, расположенной в ореоле размыва водотоком рудной зоны.

Раздолинское рудное поле состоит из одноименного месторождения сурьмы, Боголюбовского золоторудного месторождения, рудопроявлений Антониновского и Змеиного.

Боголюбовское золоторудное месторождение расположено на водоразделе руч. Боголюбовского и Сорочьего. Представлено субширотной зоной сульфидной минерализации и окварцевания в карбонатсодержащих алевритоглинистых сланцах нижнего-среднего рифея. Это единственное в Южно-Енисейском районе месторождение с практически субширотной ориентировкой рудной зоны. На месторождении развита зона окисления, глубина которой изменяется от первых десятков метров до 300 м. Основные рудные минералы первичных руд: пирит, арсенопирит. Количество сульфидов – 13,5%. Вредной примесью является мышьяк (до 1,3%). Золото находится в сульфидах в тонкодисперсном виде. Основными минералами окисленных руд являются гидроокислы железа, лимонит, ярозит. Рудные тела, контуры которых определяются только по данным опробования, имеют лентообразную извилистую форму, субширотное и восток-северо-восточное простирание и юго-восточное падение под углами 70-85°. Протяженность рудных тел по простиранию составляет 560-1100 м, по падению они прослежены на 300-320 м. Мощность колеблется от 0,7 до 50,0 м, содержание золота достигает 64,8 г/т, а среднее по рудным телам – от 3,8 до 6,9 г/т.

Общий ресурсный потенциал (P_1+P_2+P_3) рудного поля Боголюбовского месторождения составляет 155 т золота.

Антониновское рудопроявление расположено в пойме и правобережье р. Рыбной между руч. Гусельников и Сорочий, на сопряжении Боголюбовского и Попутнинского рудных полей.

Оруденение приурочено к отложениям среднеудерейской подсвиты, сложенной сидеритсодержащими неравномернослоистыми филлитовидными сланцами в непосредственной близости от массива (150-200 м) ультраосновных пород попутнинского комплекса. Представлено оруденение интенсивно сульфидизированными (до 10%) тонкоокварцованными сидеритсодержащими сланцами.

Рудоносная зона простирается в северо-восточном направлении на расстояние 950 м, при этом северо-восточная ее часть расположена в пойме р. Рыбной. Видимая мощность зоны составляет 60-100 м, содержания золота в пробах от «сл» до 10,2 г/т. Получены рудные интервалы мощностью 3,4 м со средним содержанием 4,1 г/т. Остальные параметры не известны.

Предполагается, что оруденение проявления аналогично рудам Боголюбовского месторождения, т.к. видимой связи с породами попутнинского комплекса не обнаруживается.

Рудопроявление расположено в 2,8 км от Змеиного. Промежуток между ними по геолого-геофизическим данным перспективен.

Змеиное золото-сурьмяное рудопроявление расположено в 1200 м к юго-востоку от Центрального участка Боголюбовского месторождения, в приустьевой части руч. Сорочьего.

Сурьмяное оруденение представлено обломками кварца в делювии, содержащими до 6% сурьмы. В полотне канавы жилы не следятся, а во вскрытых зонах тонкопрожилкового окварцевания содержания сурьмы не превышают 1,0%. На глубину сурьмяное оруденение быстро затухает.

Золотое оруденение представлено зоной золото-сульфидно-кварцевого типа мощностью 50 м. Выделяется два золоторудных интервала мощностью 7,0 и 8,0 м с содержанием золота соответственно 3,1 и 5,6 г/т. Первичные руды состоят из пирита и арсенопирита. С поверхности руды окислены.

Простирание зоны субширотное, прослежена на расстоянии 600 м, на глубину до 100 м с длиной рудных интервалов в 4,8 и 20,4 м при содержаниях 1,7 и 2,9 г/т. Падение тел крутое (80-85°) на юг.

Кривляжинская группа точек минерализации расположена в бассейне р. Кривляжной, на северном обрамлении Рыбинской рудной зоны. Поисковыми маршрутами выявлены коренные выходы и свалы обломков золотосодержащих пород: кварца, сланцев, кварцитов, песчаников. Содержания золота от 0,1 до 0,3 г/т, реже от 0,4 до 0,8 г/т. Горными работами вскрыты зоны дробления и окварцевания. К последним приурочена золото-сульфидная минерализация с содержаниями 0,1-0,2 г/т.

В долине р. Кривляжной промышленной россыпи не выявлено. Общая зараженность долинных отложений россыпным золотом отмечается на уровне до 40 мг/м³.

По сохранившейся скудной информации в процессе поисковых работ на сурьму Раздолинским рудником в бассейнах рр. Кривляжная и Афониха горными выработками (канавы, шурфы) вскрывались единичные и серии кварцевых жил протяженностью от 15 м до 130 м и мощностью от 0,5 до 1-2 м. Простирание жил север-северо-восточное, частично северо-западное. Помимо этого, на водораздельных пространствах и бортовых склонах указанных водотоков отмечались значительные кварцевые свалы. Содержание сурьмы в кварцевых жилах и свалах составляло 0,07 – 0,44%.

По описанию одного из шурфов (глубина 10 м, бассейн р. Кривляжной) вскрывались гофрированные темно-серые филлитовидные глинистые сланцы с вкрапленной минерализацией пирита. Местами сульфидизация значительная. Сланцы рассечены кварцевыми жилами невыдержанной мощности (азимут простирания 60°, падение северо-западное под углом 65-70°). Кварц белый среднезернистый, сильно трещиноватый, в зальбандах ноздреватый, с редкими кристаллами пирита.

Раздолинское золото-сурьмяное месторождение расположено в среднем течении р. Рыбной в районе п. Раздолинск.

В период с 1932 по 1936 годы месторождение было разведано и подготовлено к промышленному освоению, эксплуатировалось оно до 1965 года. Было добыто 56,8 тыс.т сурьмы при среднем содержании 3,79%.

Раздолинское месторождение приурочено к породам верхнекординской подсвиты и горбилокской свиты верхнего протерозоя (глинистые, песчано-глинистые сланцы, доломитизированные известняки), слагающим антиклинальную складку северо-восточного простирания и характеризуется развитием кварцевых жил, несущих сурьмяное оруденение.

Промышленные рудоносные кварцевые жилы (рудные зоны № 1, 2 и 2-бис) характеризуются согласным с вмещающими сланцами залеганием, однако отмечаются и кососекущее залегание кварцевых жил по падению.

В структурном отношении Раздолинское рудное поле приурочено к антиклинали северо-восточного простирания, с юго-западным падением пород. Развита дополни-

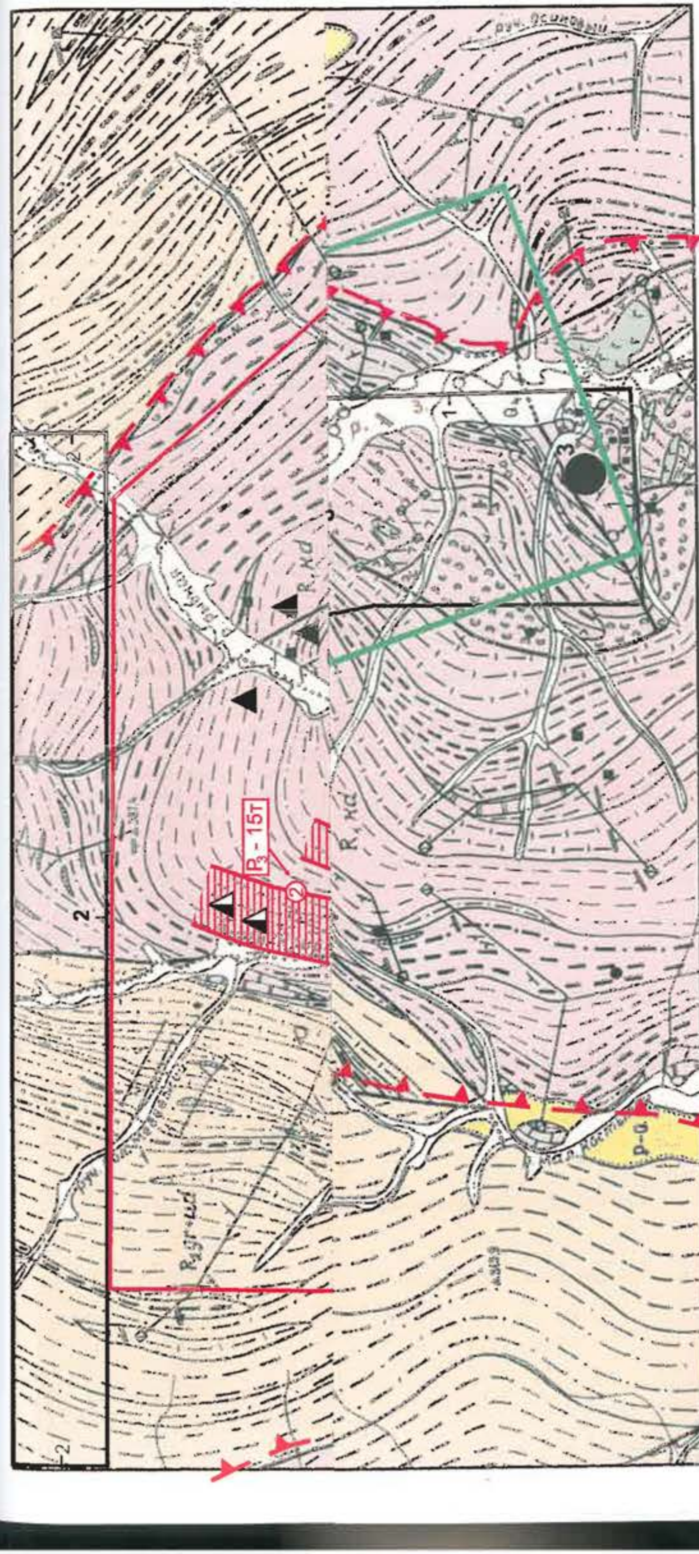


Рис. 3.94. Прогнозно-металлогеническая карта Рыбинской рудной зоны. (Составлена Сердюком С.С., Зверевым А.И. по материалам Смирнова М.С., 1980 г.)

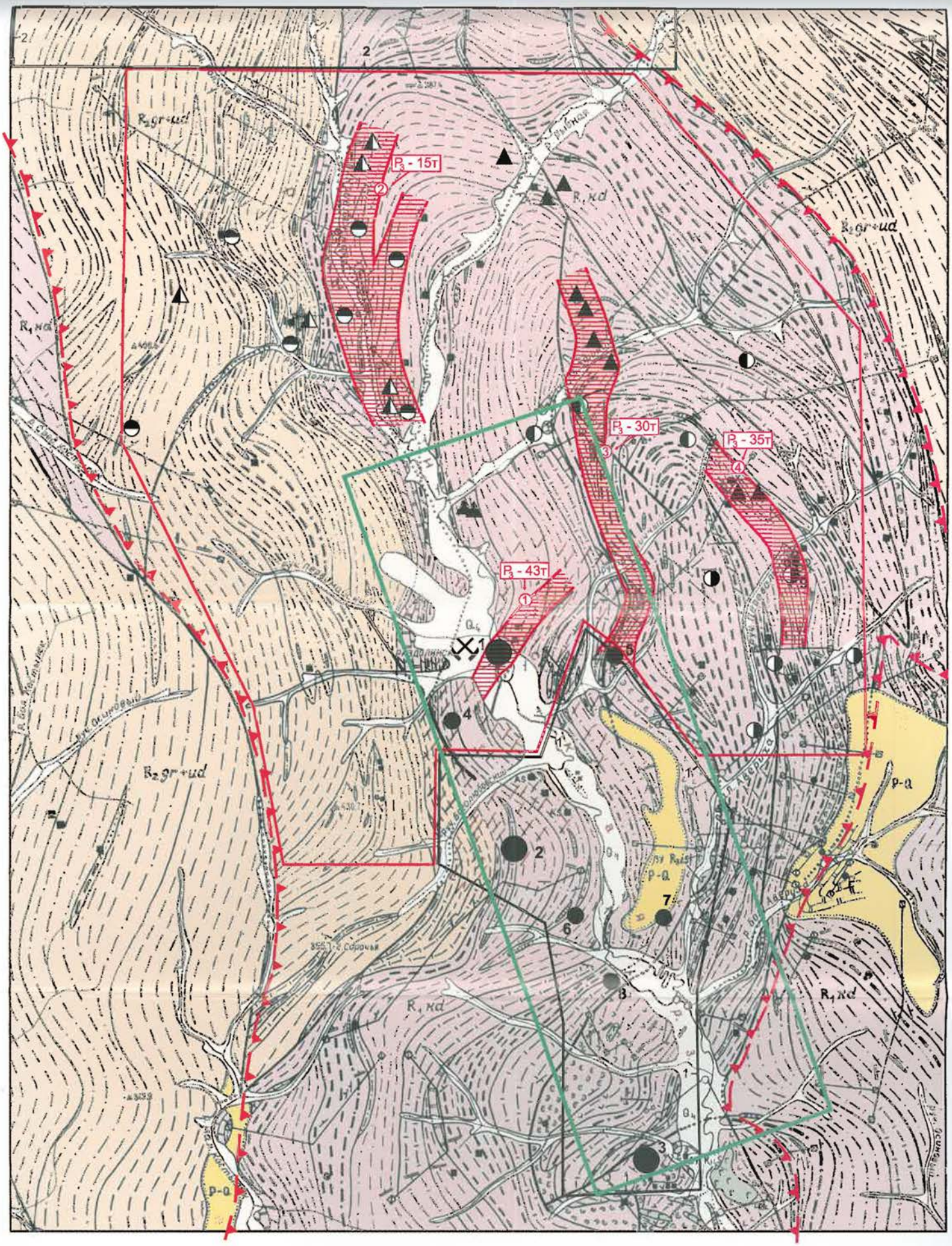


Рис. 3.94. Прогнозно-металлогеническая карта Рыбинской рудной зоны.
(Составлена Сердюком С.С., Зверевым А.И. по материалам Смирнова М.С., 1980 г.)

Условные обозначения

Стратифицированные образования

Q — Современные отложения. Аллювиальные пески, местами золотоносные, суглинки, галечники

P-Q — Палеоген-четвертичные отложения объединенные. Галечники, пески, глины, железистые конгломераты и песчаники

R_2gr+ud — Средний рифей. Свиты горбилокская и удерейская объединенные. Филлиты, кварцево-хлоритовые, глинистые и алеврито-глинистые сланцы, углистые филлиты

R_1kd — Нижний рифей. Кординская свита. Филлиты, углистые филлиты, кварц-хлоритовые, карбонатно-глинистые, алеврито-глинистые сланцы, туфосланцы, металавы, песчаники

Магматические образования

$v\text{-}\beta R_2is$ — Субвулканическая формация кординского уровня. Исаковский комплекс. Лиственитизированные диабазы, диабазовые порфириты, амфиболиты

$v\,R_1in$ — Формация малых интрузий и субвулканических тел пенченгинского уровня. Индыглинский комплекс. ортоамфиболиты

Литологические образования

Филлиты, глинистые сланцы

Хлоритоидные сланцы

Кварцево-хлоритовые сланцы

Алеврито-глинистые сланцы, алевролиты

Доломиты

Глинистые известняки, известково-глинистые сланцы

Дополнительный знак для обозначения в породах примеси углистого вещества

Туфосланцы, туфоалевролиты, туфопесчаники

Туфогравелиты, туфоконгломераты

Диабазы, габбро (?)-диабазы

Амфиболиты, амфиболовые сланцы

Аловулканиты. Зеленые сланцы (минералогические ассоциации: хлорит, актинолит, эпидот, тальк, карбонат, серицит, кварц)

1- лимонит, 2- магнетит, 3 -пирит, халькопирит, 4- арсенопирит (As)

Зоны смятия и рассланцевания

Разрывные тектонические нарушения: 1 - на поверхности; 2 - под наносами

Геологические границы: 1 - согласные; 2 - несогласные

Элементы залегания: а- слоистости, б- сланцеватости

Металлогеническое районирование

Контур Рыбинской рудной зоны

Месторождения (а): 1- Раздолинское золото-сурьмяное, 2- Боголюбовское золоторудное, 3- Полутнинское золоторудное; золоторудные проявления (б): 4- Сорочье, 5- Рудничное, 6- Змеиное, 7-Светлое, 8- Антониновское, 9-Перевальнинское

Группы золоторудных проявлений: 1- Кривляжинская, 2- Афонинская, 3- Мал. Аверихинская

Группы кварцево-жильных образований с сурьмяной минерализацией: 1- Кривляжинская, 2- Афонинская, по данным Раздолинского рудника (1962 г.), потенциально-перспективные на золотое оруденение

Площадь размещения предварительно апробированных ЦНИГРИ прогнозных ресурсов золота по кат. P_2 - 130 т (участка: ПГУ №6, №5, №2)

P_3 -30т — Прогнозируемые площади размещения прогнозных ресурсов рудного золота по категории Р3: 1- Раздолинская (удерейский тип золотого оруденения), 2 - Кривляжнинская (удерейский тип золотого оруденения), 3 - Руднично-Афонихинская (полутнинский тип золотого оруденения), 4 - Перевальнинская (полутнинский тип золотого оруденения)

Проектный контур прогнозно-поисковых работ

Контур лицензионной площади ЗАО ЗДК "Полюс" (1), ОАО "Красноярскгеология" (2)

иабазы, габбро (?)-диабазы

мфиболиты, амфиболовые сланцы

повулканиты. Зеленые сланцы (минералогические ассоциации:
морит, актинолит, эпидот, тальк, карбонат, серицит, кварц)

лимонит, 2- магнетит, 3 -пирит, халькопирит, 4- арсенопирит (As)

оны смятия и рассланцевания

азрывные тектонические нарушения: 1 - на поверхности; 2 - под наносами

еологические границы: 1 - согласные; 2 - несогласные

лементы залегания: а- слоистости, б- сланцеватости

Металлогеническое районирование

онтур Рыбинской рудной зоны

есторождения (а): 1- Раздолинское золото-сурьмяное,
- Боголюбовское золоторудное, 3- Попутнинское золоторудное;
олоторудные проявления (б): 4- Сорочье, 5- Рудничное,
- Змеиное, 7-Светлое, 8- Антониновское, 9-Перевальнинское

уппы золоторудных проявлений: 1- Кривляжинская,
- Афонинская, 3- Мал. Аверихинская

уппы кварцево-жильных образований с сурьмяной минерализацией:
- Кривляжинская, 2- Афонинская, по данным Раздолинского рудника
962 г.), потенциально-перспективные на золотое оруденение

лощадь размещения предварительно апробированных ЦНИГРИ прогнозных
есурсов золота по кат. P_2 - 130 т (участка: ПГУ №6, №5, №2)

Прогнозируемые площади размещения прогнозных ресурсов рудного золота по категории Рз: 1- Раздолинская (удерейский тип золотого оруденения), 2 - Кривляжнинская (удерейский тип золотого оруденения), 3 - Руднично-Афонихинская (попутнинский тип золотого оруденения), 4 - Перевальнинская (попутнинский тип золотого оруденения)

роектный контур прогнозно-поисковых работ

онтур лицензионной площади ЗАО ЗДК "Полюс" (1),
АО "Красноярскгеология" (2)

тельная складчатость, вплоть до плойчатости, осложняющая основную складку.

Разрывные нарушения северо-восточного простирания часто сопровождаются зонами мелкой складчатости, кварцевыми жилами с сурьмяным и мышьяковым оруденением, в том числе промышленными рудными зонами № 1, 2 и 2-бис.

Разведочными и поисковыми работами в пределах рудных зон № 1, 2 и 2-бис выявлены многочисленные зоны вкрапленно-прожилковой сульфидизации и кварцевых жил со слабой сурьмяной минерализацией или без нее. В частности, рудная зона № 1 в юго-западном и северо-восточном направлениях не выклинивается, а сменяется системами сближенных кварцевых прожилков и жил мощностью от 0,4 до 1,7 м, реже до десятков метров.

Вещественный состав руд: антимонит, бертьерит, пирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит, халькопирит, блеклая руда, самородное золото и серебро, магнетит, галенит, никелин, пентландит. Основным жильным минералом является кварц, в небольшом количестве присутствуют карбонаты и серицит.

В висячем боку рудных зон наиболее активно проявляется сульфидизация (игольчатый арсенопирит, пирит) в виде двух морфологических разновидностей: ленточной пиритизации сланцев или рассеянной вкрапленности пирита.

В пределах рудного поля Раздолинского месторождения и его ближайших окрестностей, кроме рудных зон №№ 1, 2 и 2 бис известно еще 14 кварцевых жил, среди которых лишь одна жила № 6 характеризуется наличием участков с промышленным содержанием сурьмы.

Жила №6 расположена на левом склоне долины реки Рыбной на расстоянии около 600 м на северо-запад от рудной зоны № 1. Она представляет собой серию кварцевых линз мощностью 0,1-2,4 м, прослеживающихся на 10-20 м по простиранию и быстро выклинивающихся на глубину.

В первые годы разведки месторождения по рудной зоне №6 была пройдена штольня №3, вскрывшая в устьевой своей части две линзы сливных сульфидных сурьмяных руд мощностью 15-25 см, прослеживающихся на 4-5 метров по простиранию и на 6-7 метров по падению. На глубину 4 м ниже полотна штольни (до уровня водоносного горизонта) эти линзы были отработаны.

В результате проходки штольни (и рассечек из нее), продолжавшейся с перерывами до 1942 года, рудная зона № 6 была прослежена на 110 метров по простиранию на северо-восток, причем на всем ее протяжении видимое сурьмяное оруденение не наблюдалось, отходящие же от нее линзовидные кварцевые жилы отличались небольшими размерами и не промышленным сурьмяным оруденением. Проходка шурфа, заложенного в устьевой части штольни в 1938 году, и выработок из него, проводившихся на горизонте, лежащем на 20 метров ниже полотна штольни, промышленное сурьмяное оруденение было установлено лишь при пересечении рудной зоны квершлагом, в штреках же, пройденных в этом участке, видимое оруденение не наблюдалось. Ввиду интенсивного притока воды, а также отрицательных предварительных результатов разведки, горные работы здесь были прекращены.

На глубине рудная зона №6 разведывалась буровыми скважинами №37 и №72, которыми были встречены лишь отдельные кварцевые прожилки, содержащие сурьму в пределах 0,15-0,78%.

В 1958 году Ангарской геолого-разведочной экспедицией Красноярского геологического управления в СВ части предполагаемого продолжения рудной зоны № 6 бурились скважины № 161 (а), 162 (а), 163 (а) и 165 (а), которые установили отсутствие сурьмяной минерализации в этом направлении.

В 1959 году для разведки рудной зоны №6 на глубину в пойменной части р. Рыбной были пробурены скважины 161 и 164. Скважинами до глубины 7,7 м вскрыты желтые глины с обломками сланцев, до 14,2 м – разрушенные глинистые сланцы, ниже до забоя скважин соответственно 146 м и 108 м – глинистые сланцы с пиритовой минерализацией. В скважине 161 на глубинах 15,5 м, 20,1 м, 22,3 м, 25,5 м, 32,3 м. встречены маломощные (0,1-0,2 м) кварцевые прожилки. Далее на глубинах 57 м, 68,9 м, 87,5 м, 95,4 м, 116,3 м, 118,8 м, 139,6 м, 141,5 м мощность кварцевых жил возрастает до 0,3-0,5 м и увеличивается до 1,5-2,9 м на глубинах 105,6 м, 112 м и 120,4 м.

В скважине 164 кварцевые жилы повышенной мощности (1,1 м) отмечены на глубинах 39,7 м и 83,1 м. На интервалах 47 м, 72 м, 74,1 м, 76 м, 96,5 м мощности жил уменьшаются до 0,3-0,6 м. Содержания сурьмы в кварцевых подсечениях 0,04-0,24%.

Помимо сурьмы рудная зона №6 содержит – кобальт (сотые доли процента), никель (до 0,1%), висмут (0,02%), медь (десятые доли процента), золото не определялось.

Рудная зона №6 прослежена предшественниками горными и буровыми выработками по простиранию на 500 м с предварительной шириной оруденения до 100 м.

По характеру сурьмяной минерализации рудная зона №6 аналогична известному Змеиному золото сурьмяному рудопроявлению, на котором сурьмяное оруденение следится только с поверхности с быстрым затуханием на глубину. Змеиное проявление выделяется золотоносным оруденением до 3,1-5,6 г/т., которое можно ожидать и в рудной зоне №6.

Кварцевые жилы, жильные зоны дополнительно к известным вскрываются буровыми скважинами в пойменной части р. Рыбной в лежачем боку рудной зоны №1 (буровые профили II-III, III-III, IV-IV).

Из вышеизложенного следует, что помимо рудных зон №1 и №2 с установленной золотоносностью, дополнительно выделяются рудные зоны 3 и 4, 5 и 15, 6, 10 и 11 жил, представляющих практический интерес на выявление золотого оруденения.

Таблица 3.99

Прогнозные ресурсы рудного золота Раздолинского рудного узла, по состоянию на 1990 г.

Наименование объекта	Глубина оценки, м	Категория ресурсов, т		
		$P_1+P_2+P_3$	P_1	P_2
1. Раздолинское рудное поле	100-300	102,6	61,5	41,1
Боголюбовское месторождение	100-300	82,8	61,5	21,3
Змеиное рудопроявление	300	4,2	-	4,2
Антониновское рудопроявление	300	15,6	-	15,6
2. Попутнинское рудное поле	200-300	51,3	46,3	5,0
2.1. Попутнинское месторождение	300	-	12,5	5,0
2.2. Светлое месторождение	200	33,8	33,8	-
Итого по Раздолинскому рудному узлу	100-300	153,9	107,8	46,1

Прогнозные ресурсы рудного золота

По данным последних поисково-оценочных работ (Кондратенко, 1990 г) прогнозные ресурсы Раздолинского рудного узла были оценены в следующих количествах (таблица 3.99).

В более позднем варианте (Лисин, Мазур, 2000), прогнозные ресурсы Раздолинского рудного узла по категории $P_1+P_2+P_3$ составили уже 396,1 т (таблица 3.100).

Таблица 3.100

Прогнозные ресурсы рудного золота Раздолинского рудного узла, по состоянию на 2000 г.

Наименование объекта	Прогнозные ресурсы золота, т			
	$P_1+P_2+P_3$	P_1	P_2	P_3
Раздолинский узел, всего	396,1	71,6	124,9	199,6
в т. ч.:				
- месторождение Боголюбовское	155,7	64,7	36,0	55,0
- месторождение Попутнинское	44,4	6,9	1,9	35,6
- месторождение Светлое	131,0	-	81,0	50,0
прочие объекты	65,0	-	6,0	59,0

МПР РФ по состоянию на 01.01.2003 г. по Раздолинскому рудному узлу в целом утвердило прогнозные ресурсы категории P_1+P_2 в количестве 200 т, в том числе 70 т по категории P_1 по Боголюбовскому месторождению, по ПГУ № 6 и ПГУ №2 - 100 т по категории P_2, ПГУ № 5 – 30 т категории P_2.

Рассмотренные выше месторождения и рудопроявления расположены в центральной части Раздолинского рудного узла, в так называемой Рыбинской рудной зоне. Степень изученности ее не равнозначна. Высокая степень изученности проявлена в южной ее части, что позволило выявить месторождения и перспективные проявления с довольно значительными прогнозными ресурсами.

Перспективы золотоносности рудного поля

Достоверной информации о содержании, распределении золота в сурьмяных рудах Раздолинского месторождения немного. Известно (И.Г. Петров, 1937 г), что было отобрано незначительное количество проб из горных выработок и скважин, показавших содержание золота на уровне 0,1-5,0 г/т. Золото устанавливалось позднее и в других пробах, отобранных без должной привязки из отвалов эксплуатационных шахт Новая и Капитальная. Анализировался различный материал: кварц, сульфидизированные сланцы, антимонит, пирит, арсенопирит.

И.Г. Петровым золото было установлено в трех шлифах, в виде мельчайших зернышек, обычно располагающихся на границе между блеклой рудой и бертьеритом. Размер зерен не превышал 0,005 мм.

В более позднее время (1980-1990 гг.) работами Ангарской ГРЭ (И.П. Ашаров, 1980 г; А.М. Кондратенко, 1990 г) в пределах Рыбинской рудной зоны выявлен ряд золото-сульфидных с сурьмой месторождений и рудопроявлений (Боголюбовское, Антониновское, Змеиное, Сорочье и др.).

Работами И.П. Ашарова (1980 г) на юго-западном фланге рудной зоны №1 установлено золотое оруденение, приуроченное к сульфидизированному горизонту в пачке слоистых алеврито-глинистых сланцев висячего бока. Залегание горизонта согласное с вмещающими породами. Горизонт прослежен скважинами по падению на 342 м, его мощность изменятся от 3 до 14 м. Сульфиды представлены пиритом, арсенопиритом, пирротином, реже халькопиритом, сфалеритом, галенитом, антимонитом, блеклыми рудами. Среднее содержание золота по пересечениям варьирует в пределах 0,4 – 1,8 г/т, при повышенных значениях в отдельных пробах до 2-3 г/т. На северо-восточном фланге рудного поля также в отдельных точках выявлено содержание золота от 0,1 до 1,0 г/т.

Рудопроявление Сорочье, названное по одноименной возвышенности г. Сорочья, как бы располагается в створе выявленной И.П. Ашаровым рудной зоны с золото-сульфидной минерализацией. По данным А.М. Кондратенко оно является северным продолжением Боголюбовского месторождения. Изученность рудопроявления на данный момент является недостаточной и можно считать, что структура его оруденения остается окончательно не установленной.

Рудопроявление характеризуется широким развитием рассеянной золотой минерализацией, фиксируемой вторичными ореолами рассеяния золота и мышьяка.

При заверке вторичной золотометрической аномалии золота 1 с концентрацией 0,1-0,8 г/т (г. Сорочья) канавой 49 вскрыта серия мелких зон мощностью от 3 до 10 м, при содержании в пробах 0,1-8,6 г/т, в единичной – 11,4 г/т. По одной из зон отбивается рудный интервал мощностью 3 м с содержанием 7,3 г/т. Промышленное оруденение следится по вертикали на глубину 150 м. Падение рудного тела крутое. Содержание золота в керновых пробах 0,1-3,8 г/т. Первичные руды представлены интенсивно окварцованными, сульфидизированными сланцами удерейской свиты. Сульфиды представлены пиритом, арсенопиритом, их содержание 1,5-2,0%. Руды характеризуются высокой мышьяковистостью (более 1%), незначительной примесью сурьмы (тысячные доли процента). Скважинами №№ 41, 42 рудные тела были подсечены на глубине. Содержание золота в керновых пробах составило от 0,1 до 3,8 г/т.

Заверка вторичных золотометрических аномалий в окрестностях г.Сорочьей (аномалии 2,3,4,5,6) с концентрацией от 0,005 до 0,4 г/т, протяженностью от 200-300 м до 500-900 м, проведенная единичными траншеями выявила во всех них зоны окварцевания, сульфидизации с содержанием золота от 0,1 до 1,5 г/т,

Проведенные геофизические исследования (электроразведка, магниторазведка) на рудопроявлении предполагают широкое развитие сульфидной минерализации. В отличие от Боголюбовского месторождения и рудопроявления Светлого ожидается меньшая глубина зоны окисления сульфидов, что подтверждается характером аномалий магнитного поля ΔТ и совпадением ряда аномалий ВП и ΔТ.

Сложность морфологии оруденения рудопроявления Сорочье дополнительно подтверждается данными Э.Ф. Гербека (1953 г), проводившего работы на Раздолинском сурьмяном месторождении. Продолжением сурьмяной рудной зоны №1 в юго-западном направлении является жила №9 на г. Сорочья. Прослежена жила по простиранию канавами на 320 м, характеризуется невыдержанной мощностью (0,15-1,5 м). Содержание сурьмы в пределах 0,01-0,044%. Форма жилы отличается сложным строением: наличием раздувов, расщеплением местами на несколько субпараллельных жил, нередко сопровождающихся сериями тонких кварцевых прожилков, образующих зоны прожилкования до 5 м. На глубину жила прослежена буровой скважиной, не давшей промышленных содержаний сурьмы.

Таким образом, эпизодическими исследованиями Раздолинского месторождения установлена золотоносность промышленных сурьмяных руд, зон сульфидизации (пирит, арсенопирит), кварцевых жил и зон прожилкования.

Однако специальных работ по оценке золотоносности непосредственно рудного поля Раздолинского месторождения до настоящего времени не проводилось.

В разведанном позднее, аналогичном в формационном плане, Удерейском месторождении установлена золотоносность собственно сурьмяных руд, а также выявлены самостоятельные золоторудные тела и зоны, сложенные системами прожилков, оценены и утверждены прогнозные ресурсы по категории P_1 в количестве 25 т.

Учитывая подобие геолого-структурной обстановки Удерейского золото-сурьмяного месторождения и Раздолинского, также золото-сурьмяного, но, практически, с неизученной золотоносностью месторождения, необходимость оценки золотоносности Раздолинского рудного поля и прилегающей с севера территории (бассейн р. Рыбной и ее притоков рр. Кривляжной, Аверихи, Рудничного) представляется весьма актуальной.

4.1.5.1. Золото-сульфидная формация

Боголюбовское месторождение

Боголюбовское месторождение является близким по формационному и геолого-промышленному типу крупнейшему на Енисейском кряже Олимпиадинскому месторождению – основному продуценту рудного золота в Российской Федерации. Месторождение относится к новому, нетрадиционному формационному и геолого-промышленному типу с которым в ближайшей перспективе будет связана наиболее масштабная добыча рудного золота на Енисейском кряже.

Изученность

Предпосылкой для открытия месторождения явилась комплексная геохимическая аномалия по вторичным ореолам рассеяния золота (0,01-0,3 г/т), мышьяка (0,006-0,03%), сурьмы (до 0,006%), выявленная работами Центральной партии Ангарской экспедиции в 1978 г. под руководством И.П. Ашарова на водоразделе руч. Боголюбовского и Сорочьего. Аномалия была заверена шестью линиями шурфов. В результате были выявлены зоны интенсивного окварцевания и лимонитизации. Золото было установлено в двух пробах с содержанием 0,1 и 1,0 г/т (Ашаров, 1980 г.).

В 1981-1985 гг. под руководством А.Ф. Целыковского было проведено геологическое доизучение территории на площади листов О-46-57- В.Г, О-46-58 В, Г (а, б), О-46-69-А, Б, О-46 70-А, Б (а, б) (Целыковский, 1985 г.). По результатам этих работ была составлена геологическая карта масштаба 1:50 000, в пределах Рыбинской рудной зоны выделены Попутнинское и Боголюбовское рудные поля. Прогнозные ресурсы рудного золота в Рыбинской рудной зоне по результатам этих работ были оценены в 102 т, в том числе по категории P_1 – 8 т, по категории P_2 – 47 т и P_3 – 47 т. В рамках проведения ГДП-50 аномалия, выявленная И.П. Ашаровым, было заверена бульдозерными канавами общей протяженностью 2465 п.м. По результатам опробования канав была выделена рудная зона протяженностью 132 м, а в ее пределах четыре рудных тела мощностью 21,0; 0,7; 0,5; 48,0 м с содержанием золота 2, 9; 13,9; 5,6; 5,0 г/т, соответственно. Канавы были пройдены вкрест простирания рудной зоны и позволили выявить пять рудных интервалов мощностью 1,0; 8,0; 8,0; 13,0; 30,0 м со средними содержаниями 12,4; 6,26; 1,9; 5,27 г/т. Однако структурная позиция проявления, простирание рудных зон и масштабы оруденения остались не выясненными.

В 1986 г. Центральной партией Ангарской экспедиции были начаты поисковые работы на Рыбинской площади в пределах Попутнинского и Боголюбовского рудного полей под руководством А.М. Кондратенко (Кондратенко, 1990 г.). С целью выявления, оконтуривания, прослеживания оруденения на глубину и определения масштабов оруденения на Боголюбовском месторождении были проведены поисковые маршруты, детальная спектрозолотометрическая съемка, горные работы и бурение колонковых скважин, а также комплекс наземных геофизических работ и геофизические исследования в скважинах. Для изучения технологических свойств руд были отобраны две валовые пробы. Поисковые маршруты проводились только по бортам водотоков, так как остальная территория закрыта рыхлыми четвертичными отложениями. Детальная спектрозолотометрическая съемка проводилась по сети 100х200 м по профилям ориентированным вкрест простирания геологических структур и рудных зон. Геофизические работы проводились с целью прослеживания по простиранию и на глубину зон прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации, уточнения структурно-тектонического строения площади, определения физических свойств горных пород. Профильные электроразведочные работы методами ВП-ЦЭ, РС-ВП, ЧИМ проводились силами Северо-Енисейской геофизической экспедиции, Комплексной тематической партией ПГО "Красноярскгеология" и геофизическим отрядом Ангарской экспедиции. Сотрудниками КНИИГиМС под руководством Ф.Б. Бакшта совместно с геофизиками АГРЭ была проведена съемка масштаба 1:25 000 на площади около 8 км² методами магниторазведки и электроразведки (СДРВ, ЕЭП, ПЕЭП) (Бакшт, 1989 г.).

Технологические исследования окисленных и первичных руд, проведенные в Забайкальском научно-исследовательском институте, показали принципиальную возможность эффективного извлечения золота.

В этот период изучения на Боголюбовском месторождении было пройдено 14 канав общим объемом 28928,8 м³ и длиной 3450 п.м.; пробурено 28 скважин общим объемом 8424,6 п.м., в том числе три технологические, объемом 759 п.м.

В результате проведенных работ была изучена часть месторождения, в структурном плане приуроченная к синклинальной складке субмеридионального простирания, выделено три участка: Центральный, Северный и Южный, примыкающие к Боголюбовскому месторождению и являющиеся его южным продолжением. Выявлено проявление Светлое, расположенное в Попутнинском рудном поле. Наиболее перспективный, Центральный участок, расположенный на водоразделе руч. Боголюбовского и Сорочьего изучен с поверхности канавами через 50-100 м (в центре), и до 200 м на флангах, а также скважинами по сети 100х50-100 м на семи профилях и отдельными линиями на флангах. В результате проведенных работ были выявлены основные черты геологического строения, критерии локального прогнозирования оруденения, проведено подробное описание всех литологических разновидностей пород, участвующих в строении месторождения, изучены минерало-геохимические и технологические свойства окисленных и первичных руд. Прогнозные ресурсы золота на Боголюбовском месторождении P_1 и P_2 оценены в 60 т. Центральный участок Боголюбовского месторождения рекомендован для постановки поисково-оценочных работ, Северный и Южный участки для проведения поисковых работ.

В 1990-1994 гг. на Центральном участке проведены поисково-оценочные работы (Дорофеев, 1995 г.). Работами предусматривалось провести выявление запасов категории C_2 посредством проходки канав и скважин колонкового бурения по сети 100х40-50 м. Для увязки данных бурения, горных работ с результатами опробования предусматривалась проходка штольни с рассечками на горизонте + 240 м. Кроме того, комплекс поисково-оценочных работ включал изучение вещественного состава вмещаю-

щих пород, минералого-геохимических, технологических свойств окисленных и первичных руд. Однако, в связи с прекращением финансирования, планируемые работы были выполнены не в полном объеме. На момент прекращения финансирования на Центральном участке Боголюбовского месторождения были выполнены следующие объемы работ, по материалам которых был составлен информационный отчет: рудоносная зона месторождения, на всю ее мощность, вскрыта канавами по 19 профилям через 40-150 м. В центральной части рудной зоны плотность сети канав составила 40-60 м, на флангах 80-100 м. Всего было пробурено 45 скважин, общим объемом 13 435 п.м, глубиной от 206 до 450 м по 13 разведочным линиям. С учетом предыдущей, поисковой стадии работ густота сети скважин составила 40-150 м по простиранию рудной зоны и 70-250 м по падению. Расстояние между скважинами на разведочных линиях составило 40-70 м. Геофизические исследования в скважинах были ограничены, проводилась только инклинометрия. Штольня №1 была задана в левом борту руч. Боголюбовского на отметке +230 м, прошла 424 м, рудной зоны не достигла и геологическое здание не выполнила. В связи с прекращением финансирования штольня была ликвидирована. Опробовательские работы проводились по всем пройденным выработкам. Всего было отобрано 6330 сплошных бороздовых проб из канав и штольни бороздовым способом, секциями по 2 м по вмещающим породам и 1 м по минерализованным зонам. Керновое опробование велось на всю глубину скважин, за исключением четвертичных отложений. С целью технологических исследований руд были отобраны две технологические пробы. По окисленным рудам материал был отобран из канавы, материал по первичным рудам по керну двух скважин. Гидрогеологические исследования на Боголюбовском месторождении заключались в наблюдениях за уровнями промывочной жидкости, поглощениями и водопритоками в скважинах и штольне. По материалам этих наблюдений гидрогеологические условия Боголюбовского месторождения признаны простыми. В целом, выполнение проектных объемов, в связи с прекращением финансирования работ в 1994 г., по видам работ составило: 38% (проходка штольни), поисково-оценочное бурение - 13435 м п.м. (95%), проходка канав – 35417 м³ (72%). Исследования технологических свойств руд из-за отсутствия финансирования не проводились.

Объемы основных видов работ, выполненных на Боголюбовском месторождении, приведены в таблице 3.101.

В результате поисково-оценочных работ уточнена структурная позиция месторождения. Проведено детальное изучение литологических разновидностей пород, участвующих в строении месторождения, выделено три основных рудных тела. Даны рекомендации по направлению дальнейших разведочных работ на месторождении. Прогнозные ресурсы золота по категории P_1 оценены в 64,7 т, при средней мощности рудных тел 8,1 м и среднем содержании 5,8 г/т, по категории P_2 в 6,3 т. Всего по $P_1 + P_2$ – 71 т, при средней мощности 7,4 и среднем содержании 5,8 г/т.

В 1991-1994 гг. Ангарской экспедицией проводились поисковые работы на рудное золото на флангах Боголюбовского месторождения (Дорофеев, 1995 г.). Геологическим заданием предусматривалось проведение площадной литогеохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния по сети 100 х 20 м, заверка горными и буровыми работами выявленных и ранее известных аномалий, поисковое бурение скважин на рудопроявлениях Змеином и Антониновском с целью выявления прогнозных ресурсов категории P_1 и P_2. Для выяснения морфологии рудных зон и прослеживания оруденения по простиранию и падению, предусматривалось проведение геофизических работ методом МЗТ. В связи с проблемами финансирования поисковое бурение было проведено только на Антониновском проявлении и литохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния по сети 100 х 20 м на двух небольших участках. Работы были направлены на определение возможностей расширения перспектив Боголюбовского рудного поля. Общие объемы запланированных работ были выполнены только на 20%. По результатам литогеохимического опробования были выделены две аномалии мышьяка, серебра и сурьмы, перспективы, которых остались до конца не изученными. Однако их золоторудная природа не вызывает сомнений.

Значительный вклад в изучение рудной золотоносности Южно-Енисейского района и Боголюбовского месторождения внесли сотрудники научно-исследовательских институтов. В разное время вопросами стратиграфии, литологии, петрологии, металлогении Енисейского кряжа и Боголюбовского месторождения занимались сотрудники КФ СНИИГГиМС (ныне КНИИГиМС), Л.В. Ли, Г.Н. Бровков, Г.П. Круглов, ГУЦМиЗ (ныне- ИЦМиЗ СФУ, г. Красноярск) и другие, выполнявшие договорные работы по темам: "Металлогенический анализ Енисейского рудного поля" (Бровков, Ли, Корнев, 1998 г), "Составление геолого-структурной карты Боголюбовского месторождения" (Ли, 1990 г). В 1994 г. в связи с прекращением централизованного финансирования геологоразведочных работ и отсутствием других источников финансирования все геологоразведочные работы на месторождении были свернуты, Боголюбовское месторождение осталось недоизученным. Это, в первую очередь, касается структурно-морфологических особенностей рудных тел № 1-3, характера распределения золота, анализа достоверности увязки рудных тел.

Таблица 3.101

Объемы основных видов геологоразведочных, работ выполненных на Боголюбовском месторождении

Виды работ	Ед. изм.	Виды работ. Центральная партия Ангарской ГРЭ. Ответственный исполнитель, годы				Всего
		И.П. Ашаров (1987-1980)	А.Ф Целыковский (1981-1985)	А.М. Кондратенко (1986-1990)	Н.П. Дорофеев (1990-1994)	
Шурфы	м³	-				
Канавы	м³	-	21320	28982,8	35417	85719,8
Штольня	п.м.					424,0
Скважины	п.м.	-	-	8424,6	13435	21859,6
Опробование канав и скважин	проба	-	-	-	13946	
Технологические исследования руд	проба	-	-	1-по окисл. рудам - 433,3 кг 1-по первичным – 370 кг	-	2

Технологические пробы, отобранные при проведении поисково-оценочных работ, остались не исследованными.

В 1998 г. сотрудниками КНИИГиМС под руководством С.С. Сердюка было проведено опробование Центрального рудного тела, по полотну ранее пройденных канав, керну ранее пробуренных скважин, с целью отбора валовых технологических проб окисленных и первичных руд. В 1999 г. была отобрана технологическая проба окисленных руд из канавы, весом 300 кг. Технологическая проба первичных руд была отобрана из специально пробуренной скважины глубиной 51,9 м. Весь керн скважины был направлен на исследование технологических свойств руд для разработки современной технологии извлечения золота в ИХХТ Сибирского отделения РАН.

Основными задачами заключительного этапа исследования месторождения должно стать проведение разведочных работ с целью оценки запасов золота промышленных категорий и подготовки его к эксплуатации.

Геологическое строение

В структурно-металлогеническом отношении Боголюбовское месторождение расположено в пределах Рыбинской рудной зоны, входящей в состав Раздолинского рудного узла Южно-Енисейского золотоносного района (Целыковский, 1985 г.). В построениях других исследователей – в пределах Раздолинского рудного узла (Геология и металлогения... 1985, Ли, 1990, 1993 г.). Эта рудная зона (узел) по современным данным выделяется в следующих границах: с востока ограничивается Ишимбинским глубинным разломом, с юга группой субширотных сбросо-сдвигов, с северо-запада ограничивается разломом северо-восточного простирания, прослеживающимся от верховьев р. Костылек в долину верховьев р. Рыбной (рис. 3.95, 3.96). Достаточно достоверной представляется только восточная граница, остальные требуют уточнения. В региональном плане Рыбинская рудная зона приурочена к зоне сочленения Ангаро-Питского синклинория и Центрального антиклинория Енисейского кряжа, граница между которыми проходит по Ишимбинскому глубинному разлому.

По современным геологическим материалам структурная позиция Боголюбовского месторождения определяется его приуроченностью к участку резкого S-образного изгиба Ишимбинского глубинного разлома в районе верховьев р. Афонихи. Ориентировка этого участка, протяженностью около 10 км, северо-западная (310°), в то время как к северу от него разлом имеет субмеридиональное простирание. В условиях левого сдвига (сбросо-сдвига) по глубинному разлому данный участок находился в тектонически разгруженном состоянии и, таким образом, мог служить тепло-массоподводящим каналом. И, видимо, не случайно к этому участку приурочены тела базитов и ультрабазитов попутнинского и исаковского комплексов и примыкает "слепой" не вскрытый эрозией гранитоидный массив размерами 5х15 км, оконтуренный по геофизическим данным (Ли, 1990, 1993 г.).

Геолого-структурная позиции Боголюбовского рудного поля определяется его приуроченностью к Рыбинской антиклинали, протягивающейся в север-северо-западном направлении вдоль долины р. Рыбной (Кондратенко, 1990 г., Дорофеев, 1995 г.). Рыбинская антиклиналь представляет собой складчато-блоковую структуру, ограниченную разрывными нарушениями типа сбросов с амплитудой смещения по ним до 500-800 м. В ядре антиклинали обнажаются углеродистые филлиты и полосчатые алеврито-глинистые филлитизированные сланцы, алевролиты и кварциты кординской свиты. На крыльях алеврито-глинистые, песчано-глинистые кварц-хлорит-серицитовые, кварц-серицитовые сланцы горбилокской свиты и алеврито-глинистые, кварц-серицитовые сланцы удерейской свиты (А.Ф. Целыковский, 1985 г., Дорофеев, 1995 г.). Крылья антиклинали осложнены более мелкими изоклинальными, сундучными и куполовидными складками с размахом крыльев от десятков метров до первых километров и углами падения крыльев от 50° до 70-80°. Дизъюнктивная тектоника проявляется в широком развитии разрывных нарушений северо-западного, северо-восточного, субширотного и, в меньшей степени, субмеридионального простирания. Тектонические нарушения проявляются в виде линейных зон повышенного рассланцевания и дробления пород и развитии по ним линейных кор выветривания. В северо-восточной, приосевой части Рыбинской антиклинали локализовано Раздолинское золото-сурьмяное месторождение (ныне отработанное), в юго-западной части Боголюбовское золото-сульфидное месторождение. Собственно Боголюбовское месторождение приурочено в синклинальной складке более высокого порядка, осложняющей Рыбинскую антиклиналь. Зоны тектонических нарушений и рассланцевания пород являются главными структурными элементами, контролирующими развитие прожилково-жильной и сульфидной минерализации с золотом в Рыбинской рудной зоне (рис. 3.97).

Стратиграфия

В геологическом строении рудного поля Боголюбовского месторождения принимают участие геосинклинальные образования байкальского тектонического комплекса, представленные слабометаморфизованными отложениями сухопитской серии раннего-среднего рифея. В данной работе принята региональная схема стратиграфического расчленения, разработанная геологами ПГО "Красноярскгеология" для проведения геолого-съемочных работ масштаба 1:50 000, утвержденная Решениями Всесоюзного совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири (Решения ....., 1983, Целыковский, 1985 г., Дорофеев, 1995 г.)(рис. 3.98).

Сухопитская серия является базальным членом геологических образований байкальского тектонического цикла в пределах Рыбинской рудной зоны и Боголюбовского месторождения. По особенностям состава и строения она подразделяется на кординскую, горбилокскую, удерейскую свиты. Они характеризуются преимущественным развитием апопелитовых разновидностей пород при подчиненной роли метаалевритовых, метапесчаных и вулканогенных, однотипностью внешнего облика пород, их многократным повторением в разрезе, что в значительной мере затрудняет геологическое картирование. В составе достаточно мощных свит выделяются подсвиты, а в их составе литолого-стратиграфические пачки (Целыковский, 1985 г., Кондратенко, 1990 г. и др.).

Кординская свита (R_1kd). По особенностям литологического состава подразделяется на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю.

Нижнекординская подсвита (R_1kd_1) в пределах характеризуемой территории вскрыта скважинами и горными выработками. По особенностям строения и состава отложений подразделяется на две пачки. В пределах характеризуемой территории разрез кординской свиты начинается только с верхней пачки.

Верхняя пачка ($R_1kd_1^2$) сложена преимущественно зеленоцветными тонкополосчатыми филлитам, углеродистыми филлитами, алеврито-глинистыми сланцами. В подчиненном количестве присутствуют массивные филлиты, глинистые сланцы, кварцевые алевролиты, кварциты, туфы и туфосланцы.

Филлиты по составу подразделяются на хлоритовые, кварц-биотит-хлоритовые, кварц-серицит-хлоритовые.

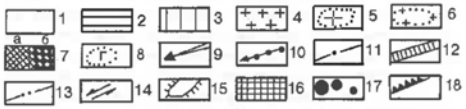


Рис. 3.95. Структурная схема Южно-Енисейского золотоносного района (Г.Н. Бровков и др., 1985 г.)

1-3 – зоны: 1 – Центрального антиклинория, 2 – Ангаро-Тисского синклинория, 3 – Ангаро-Питского синклинория; 4 – гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса, 5 – скрытые массивы гранитоидов, 6 – ареалы гранитизации, 7 – добатолитовые комплексы базитов (а), базитов-гипербазитов (б); 8 – скрытые тела метабазитов, 9-10 – оси складок: 9 – второго порядка, 10 – третьего порядка, 11 – глубинные разломы, 12 – участки сдвигового приоткрывания разломов, 13 – разломы второго порядка, 14 – направление смещений по разломам, 15 – дуговые и кольцевые структуры (по материалам дешифрирования космоснимков), 16 – контуры положительных гравитационных аномалий, 17 – золоторудные объекты: а – месторождения: 1 – Николаевское, 4 – Герфедское, 6 – Васильевское, 7 – Удерейское, 12 – Раздолинское; б – рудопроявления: 2 – Боровое, 3 – Верхне-Удерейское, 5 – Урал, 8 – Бабгоринское, 9 – Сергиевское, 10 – Петропавловское, 11 – Высотное, 13 – Боголюбовское, 14 – Перевальнинское, 15 – Попутнинское (и Козьмодемьяновское); в – точки минерализации; 18 – границы золоторудных узлов (Партизанский – П, Раздолинский – Р)

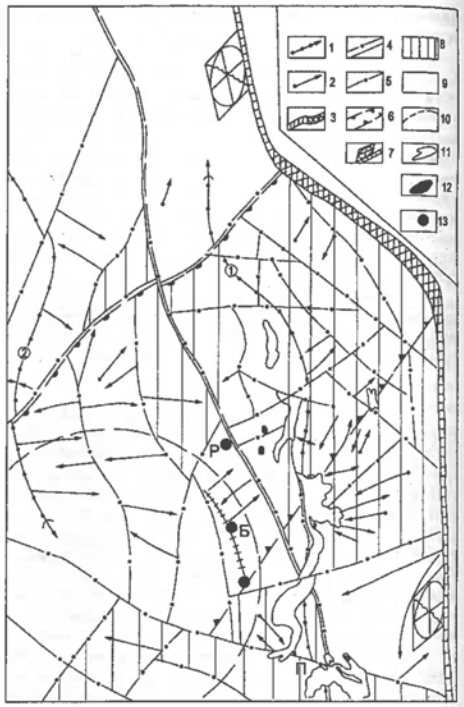


Рис. 3.96. Схема региональной позиции Боголюбовского месторождения

1 – шарниры складок 2-го порядка: I – Рыбинской горст антиклинали; II – Тюрепинской антиклинали; 2 – шарниры складок 3 порядка; 3 – главный тектонический шов Ишимбинского глубинного разлома (ИГР); 4 – разломы второго порядка (Мамоно-Рыбинский); 5 – разломы третьего порядка; 6 – зона растяжения тектонически разгруженного участка ИГР; 7 – положение эллипсоида деформации и оперяющих трещин при сдвиговых движениях по ИГР; 8-относительно опущенные блоки; 9 – относительно приподнятые блоки; 10 – контур кольцевой структуры; 11 – интрузивные тела (Исаковский комплекс); 12 – добатолитовый комплекс (Попутнинский); 13 – рудные объекты: Р – Раздолинское золото-сурьмяное месторождение, Б – Боголюбовское месторождение, П – Попутнинское месторождение

Филлиты кварц-серицит-хлоритовые представляют собой полосчатые, отчетливо тонкослоистые породы темно-зеленого, темно-серого цвета, сложенные чередованием прослоев существенно алевритистого и глинисто-слюдистого состава. Алевритистые прослои состоят из кварца (60-70%), серицита (20-30%), хлорита (5-10%). Глинисто-слюдистые прослои сложены кварцем (5-10%), серицитом и мусковитом (30-35%), хлоритом (до 70%). Эти породы в объеме подсвиты занимают около 60-70%. В зависимости от содержания хлорита и серицита в породе выделяются кварц-хлоритовые и кварц-серицитовые разности.

Углеродистые кварц-серицитовые и кварц-хлоритовые филлиты и сланцы представляют собой черные тонкоплитчатые и тонкослоистые породы. Их состав представлен кварцем (20-55%), серицитом (7-8 до 50 %), хлоритом (7-10 %). Углеродистое вещество представлено тонкочешуйчатым материалом и в виде тонкой углеродисто-глинистой сыпи, количество которого может достигать 20-25%.

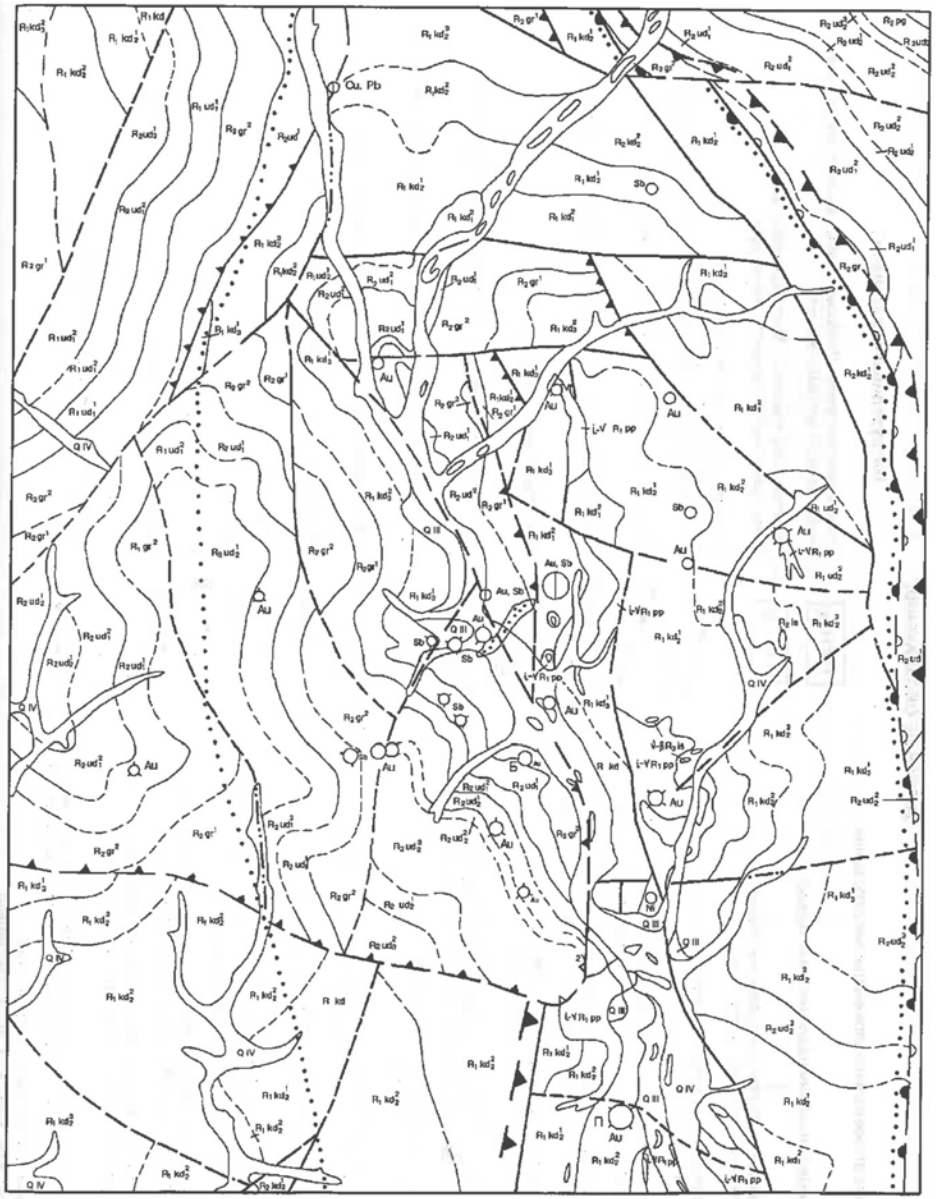


Рис. 3.97. Геологическая карта Рыбинской рудной зоны. (Условные обозначения на обороте)

Для разностей обогащенных углеродистым материалом характерна тонкая пиритизация.

Кварцевые алевролиты и кварциты сложены кварцем (50-80 %), олигоклазом (25-28 %), хлоритом (12-17 %), серицитом и мусковитом (2-5 %). Мощность пачки оценивается в 580-600 м.

Среднекординская подсвита (R_1kd_2) согласно перекрывает нижнекординскую подсвиту. По литологическим и структурно-текстурным особенностям подсвита расчленяется на три пачки: нижнюю, среднюю и верхнюю.

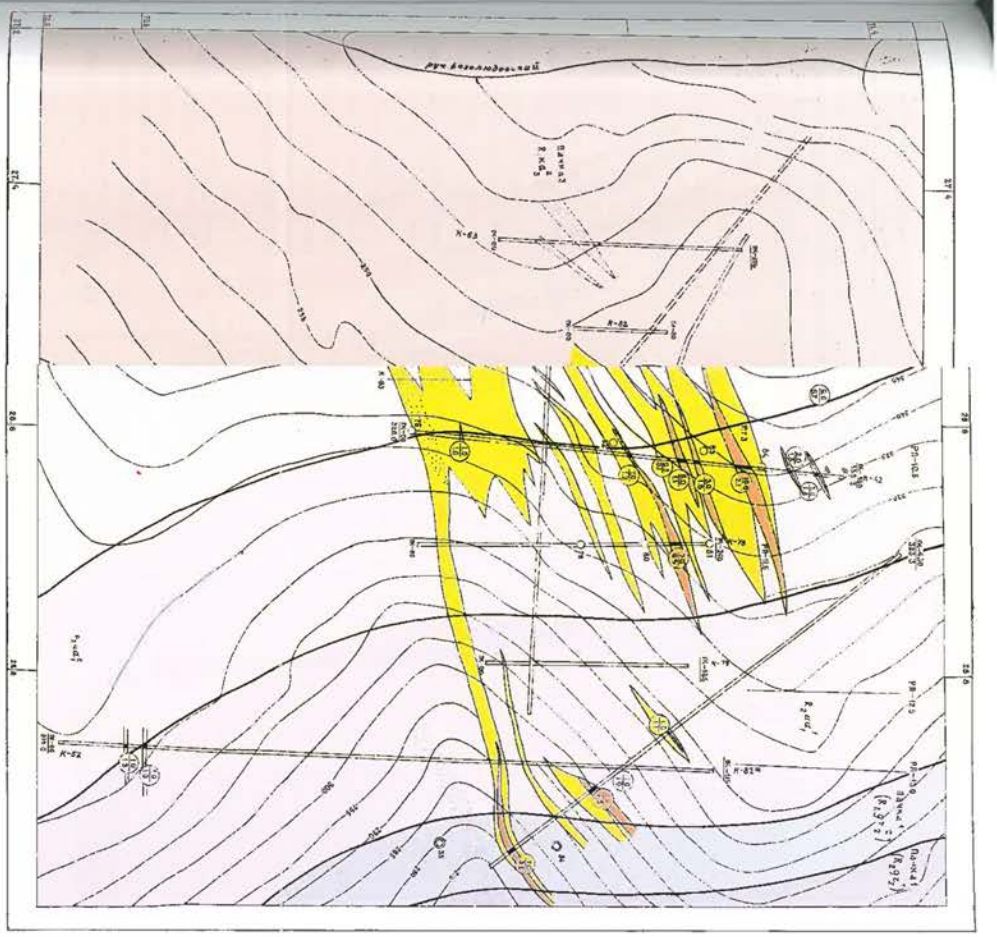
Нижняя пачка ($R_1kd_2^1$) представлена ритмичным переслаиванием кварцито-песчаников, кварцитов, алевролитов, кварц-серицит-хлоритовых филлитов и углеродистых филлитов. В небольшом количестве отмечаются

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Q IV	Современные аллювиально-делювиалыные отложения
Q III	Аллювиальные отложения надпойменных террас
R_2 pg	Погорюйская свита. Филлитизированные глинистые, алеврито-глинистые сланцы, алевролиты
$R_2 ud_3$	Верхнеудерейская подсвита. Филлитизированные глинистые сланцы, алевролиты, хлоритовые сланцы
$R_2 ud_2^3$	Среднеудерейская подсвита, верхняя пачка. Алевросланцы слабоизвестковистые, хлоритовые сланцы
$R_2 ud_2^2$	Среднеудерейская подсвита, средняя пачка. Филлиты, филлитизированные сланцы, хлоритовые сланцы
$R_2 ud_2^1$	Среднеудерейская подсвита, нижняя пачка. Алеврито-глинистые сланцы, алевролиты
$R_2 ud_1^2$	Нижнеудерейская подсвита, верхняя пачка. Филлиты, филлитазированные сланцы, глинистые сланцы с прослоями хлоритовых сланцев и алевролитов с горизонтом углисто-глинистых сланцев
$R_2 ud_1^1$	Нижнеудерейская подсвита, нижняя пачка. Алеврито-глинистые сланцы
$R_2 gb^2$	Горбилокская свита, верхняя пачка. Филлиты линзовиднослоистые с прослоями алевролитов
$R_2 gb^1$	Горбилокская свита, нижняя пачка. Филлиты хлоритовые, алевритистые с магнетитом
$R_1 kd_3^2$	Верхнекординская подсвита, верхняя пачка. Филлиты, алеврито-глинистые сланцы параллельно-полосчатые, кварц-слюдитстые глинистые сланцы с гранатом
$R_1 kd_3^1$	Верхнекординская подсвита, нижняя пачка, кварц-слюдистые сланцы, доломиты, доломитизированные известняки
$R_1 kd_3^2$	Среднекординская подсвита, верхняя пачка. Филлиты, алеврито-глинистые сланцы, кварциты, алевролиты
$R_1 kd_2^2$	Верхнекординская подсвита, средняя свита. Филлиты, линзы кварцитов, алевролитов, горизонты углисто-глинистых сланцев
$R_1 kd_2^1$	Верхнекординская подсвита, нижняя пачка. Углистые филлиты, кварциты, алевропесчаники

Интрузивные образования

$\nu-\beta R_1 pp$	Исаковский комплекс. Диабазы, диабазовые метапорфириты, апобазитовые ортоамфиболиты
$\dot{\iota}-\nu R_2 is$	Полутнинский комплекс. Метапироксениты, пикритовые метапорфириты, метатуфы
1 а — б; 2 а — б	Главные тектонические нарушения: а - достоверные, б - предполагаемые; второстепенные: а - достоверные, б - предполагаемые
а — б	Надвиги; а - достверные; б - предполагаемые
а — б	Граница эвгеосинклинальной (а), миогеосинклинальной (б) зон
	Зоны глубинных разломов
а — б	Геологические границы: а- достоверные; б- предполагаемые
	Раздолинское золото-сурьмяное месторождение (отработанное)
1 Au 2	Месторождения золота (1), проявления золота (2)
3 Sb	Проявления других полезных ископаемых (3): Сурьмы
Cu	Меди
Pb	Свинца
Ni	Никеля
	Контуры россыпей золота
	Границы Рыбинской золотоносной зоны



жные зоны с содержанием Au 0,1 - 0,9 г/т

ные тела (контур по бортовому содержанию золота 1,0 г/т)

килково-жильного окварцевания и сульфидной минерализации

е нарушения

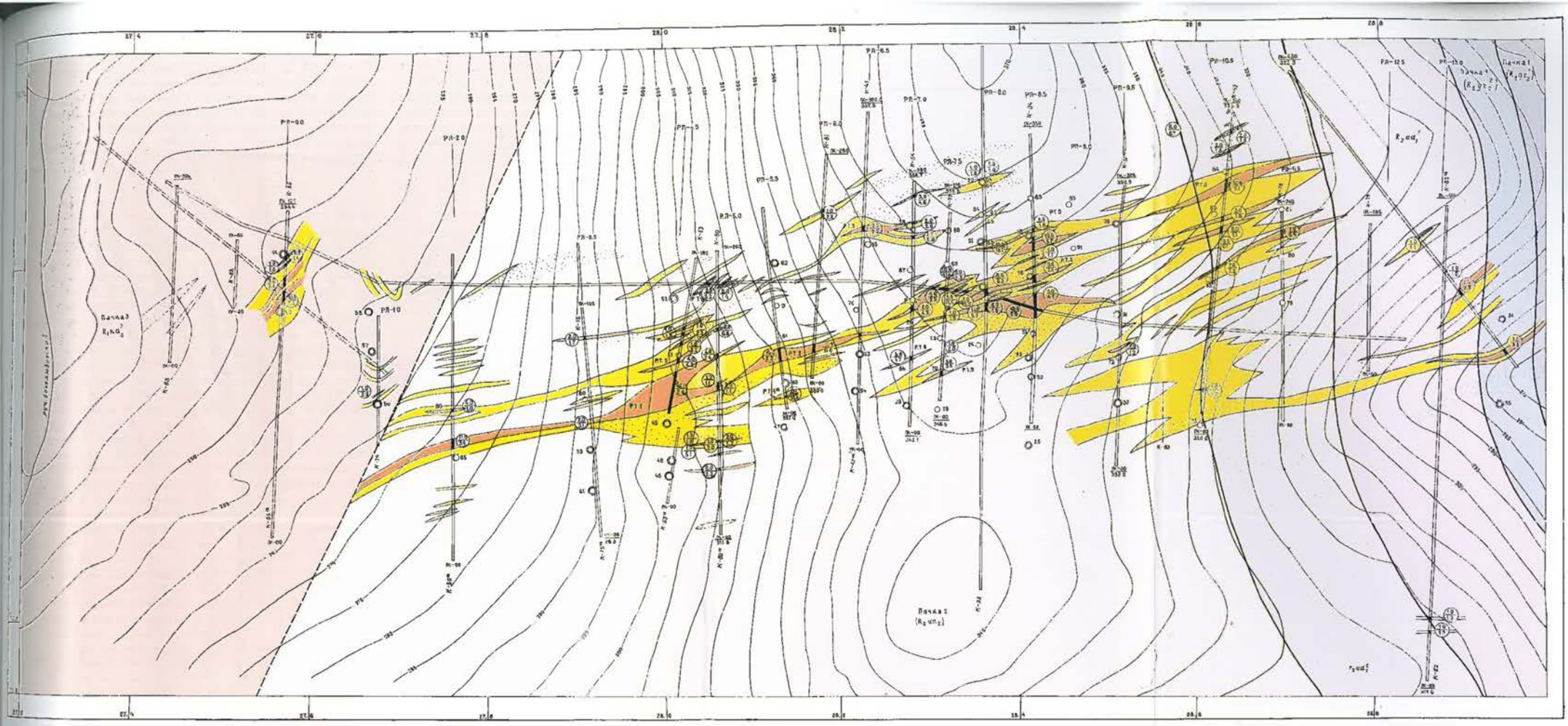
ская граница

ѕ номер

, её номер

штольни 1 на дневную поверхность

ая линия и её номер



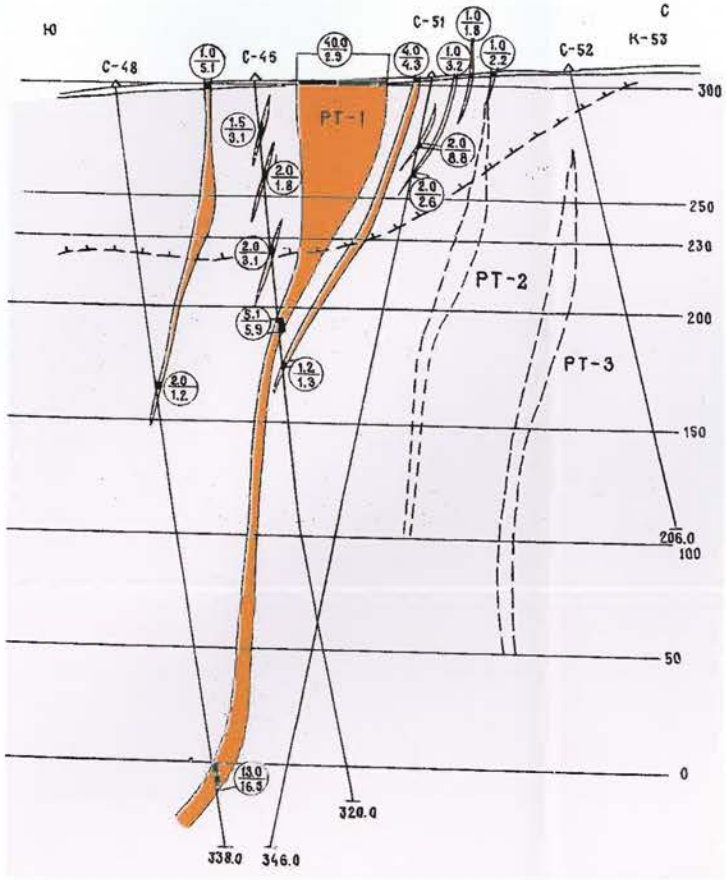
Условные обозначения

Пачка 2	$R_2 ud_2$	Среднеудерейская подсвита. Сидеритсодержащие филлитизированные сланцы серые, яснослоистые с маркирующими конкреционными горизонтами
	$R_2 ud_1^2$	Нижнеудерейская подсвита. Верхняя пачка. Сидеритсодержащие филлитизированные сланцы серые, зеленовато-серые, монотонные
Пачка 1	$R_2 ud_1^1$	Нижнеудерейская подсвита. Нижняя пачка. Сидеритсодержащие филлитизированные сланцы сероцветные с тонкой линзовидной алевритовой слоистостью
	$R_2 gr_2^2$	Горбилокская свита. Верхняя пачка. Сидеритсодержащие филлитизированные сланцы неравномернослоистые
	$R_2 gr_2^1$	Нижняя пачка. Алевролито-глинистые сланцы с прослоями метапесчаников
Пачка 3	$R_1 kd_3^2$	Верхнекординская подсвита. Сидеритсодержащие с пунктирно-струйчатым пирротином сероцветные до черных преимущественно тонкослоистые сланцы с кварцево-пиритовыми стяжениями в основании

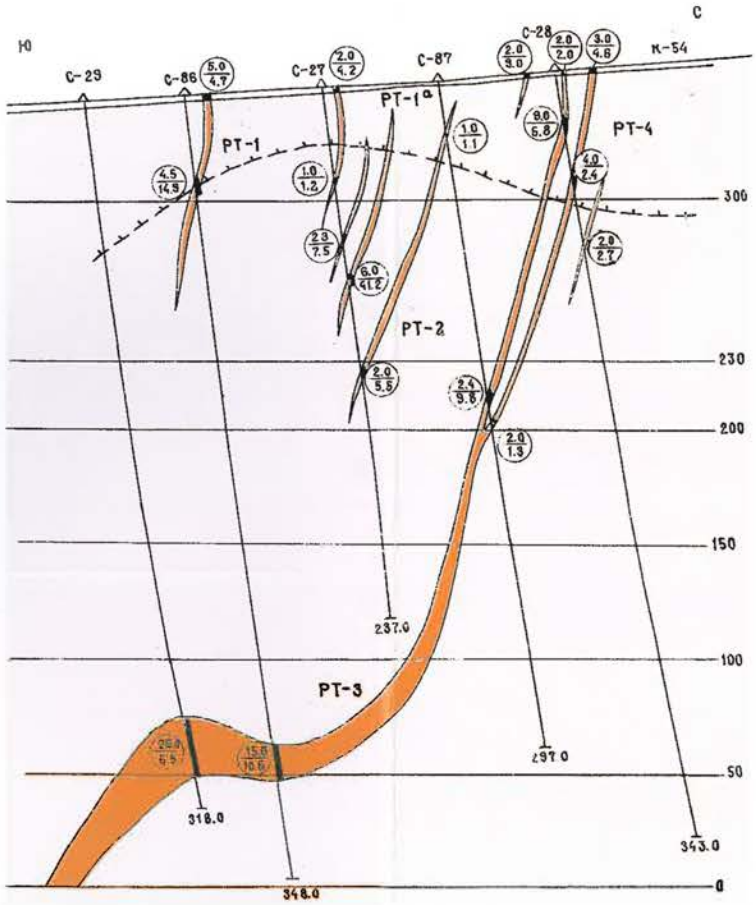
- Золотоносные зоны с содержанием Au 0,1 - 0,9 г/т
- Золоторудные тела (контур по бортовому содержанию золота 1,0 г/т)
- Зоны прожилково-жильного окварцевания и сульфидной минерализации
- Разрывные нарушения
- Геологическая граница
- К-55 — Канава, её номер
- 87 — Скважина, её номер
- Шт.1 424.0 — Проекция штольни 1 на дневную поверхность
- РЛ.4.5 — Разведочная линия и её номер

Рис. 3.98. Геологический план и разрезы Боголюбовского месторождения рудного золота. Составлено по материалам Н.П. Дорофеева

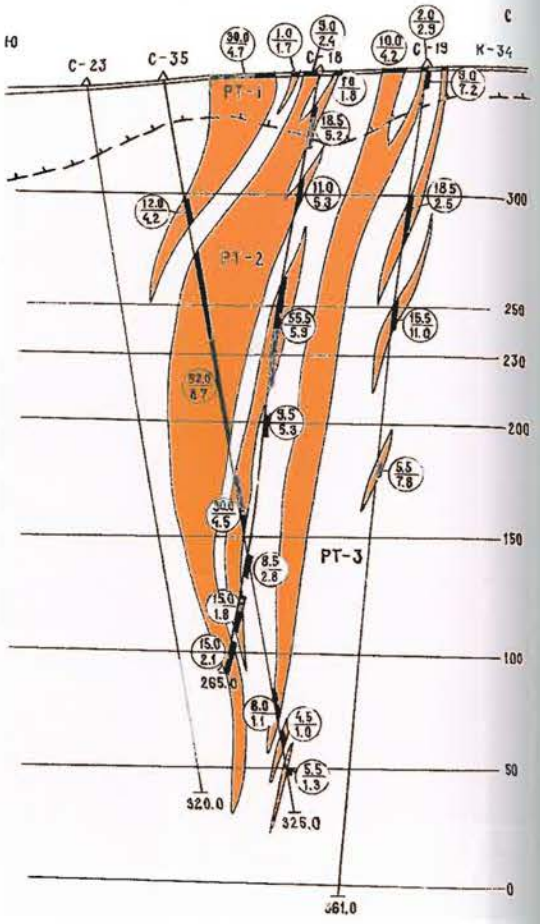
Р-Л - 4.5

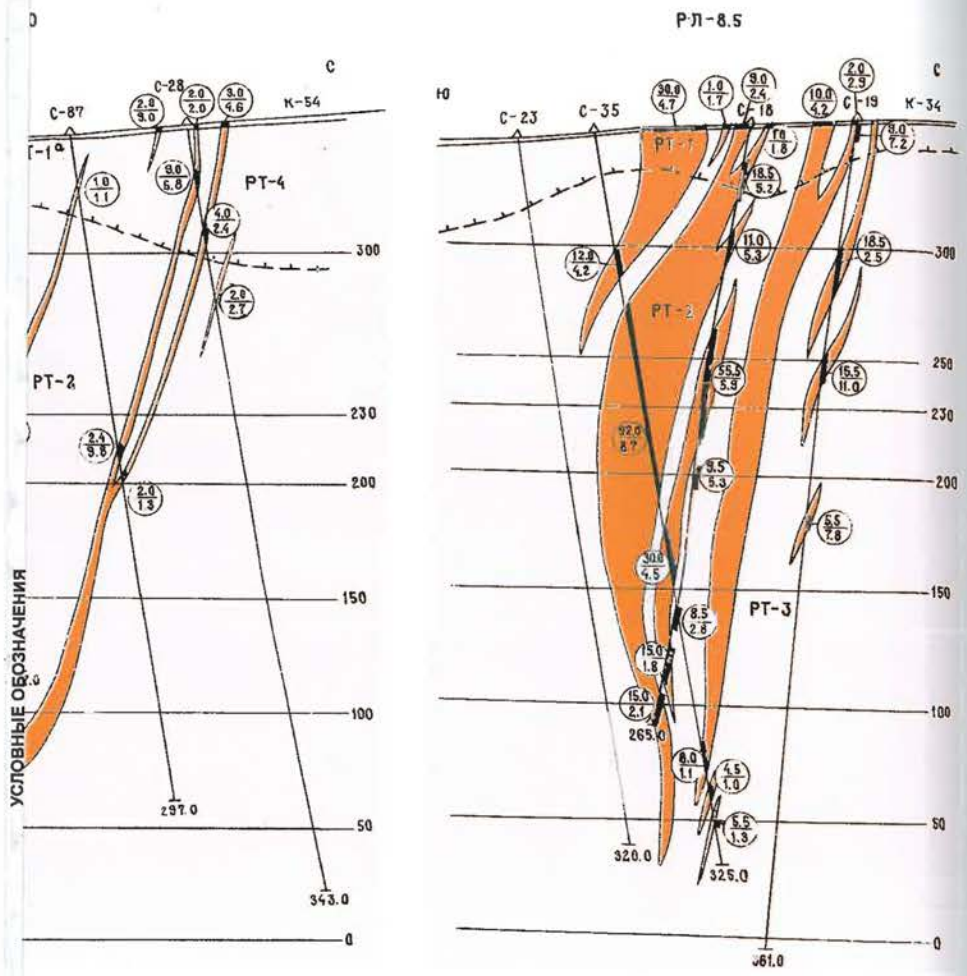


РТ-7.0



Р-Л - 8.5





вулканокластические и карбонатные породы.

Кварцито-песчаники и кварциты залегают в основании ритмов. Они имеют светло-серый, серый, розовато-серый, желтовато-серый цвет. Состоят на 90-98% из мелких угловатых обломочков кварца на кремнистом, в меньшей степени, хлорит-серицитовом цементе. Для песчаников характерно присутствие равномерно рассеянной пылевидной примеси углеродисто-глинистого вещества. Текстура пород грано-бластовая, гетеро-грано-бластовая, текстура неясно-слоистая, массивная. В объеме пачки кварциты и кварцито-песчаники занимают около 15-17%.

Алевро-филлиты имеют серый, зеленовато-серый цвет, представлены тонким чередованием слойков существенно кварцевого состава с примесью плагиоклаза (до 5%), чешуек серицита и мусковита (до 10%) и слойков кварц-серицит-хлоритового состава. Минеральный состав последних представлен кварцем (20-40%), серицит-мусковит-хлоритовым агрегатами (60-80%). Мощность слойков изменяется от 0,5 до 1,5 мм. Алевро-филлиты в объеме пачки занимают около 10-12 %. Структура пород бластоалевро-пелитовая, текстура тонко-неравномерно-слоистая.

Филлиты кварц-серицит-холритовые представляют собой темно-серые, серые, почти черные тонкополосчатые породы. Их минеральный состав представлен агрегатами серицит-мусковитового состава (40-70%) и хлоритового состава (10-15%), тонкими зернами кварца (30-30%). Для пород характерна гранолепидобластовая структура, тонкополосчатая, сланцеватая текстура. В объеме пачки кварц-серицит-хлоритовые филлиты занимают около 40-45%. Алевро-филлиты и кварц-хлорит-серицитовые филлиты залегают в средней части ритмов.

Углеродистые филлиты выполняют верхнюю часть ритмов и представляют собой углеродисто-кварц-хлорит-серицитовые породы черного, темно-серого цвета. Минеральный состав представлен кварцем (25-50%), серицитом и мусковитом (15-25%), хлоритом (5-30%). Углеродистое вещество тонкораспыленное, иногда концентрируется в тонкие прослойки. В общем объеме пачки углеродистые филлиты занимают около 25%.

Карбонатные породы в составе нижней пачки занимают незначительный объем. Они представлены доломитизированными известняками и доломитами, тяготеющими к верхней части пачки. Они представляют собой серые, темно серые неравномерно перекристаллизованные микрозернистые и пелитоморфные породы с тонкополосчатой и линзовидно-полосчатой текстурой. Мощность прослоев достигает 20-30 м.

Вулканокластические породы представлены разнообразными туфосланцами (2-3%), туфоалевролитами (3-5%), туфопесчаниками и туфогравелитами (5-10%). Обломочный материал в них представлен угловатыми и среднеокатанными обломками черных углистых сланцев, кварца, серых известняков, обломками ортоклаза, кислого плагиоклаза, состав и количество которых меняются в широких пределах. Цементирующая масса в них представлена тонко и микрозернистыми агрегатами кварца, плагиоклаза, эпидота, хлорита, серицита. Вулканокластические породы приурочены к углеродистыми филлитам в верхней части пачки. Общая мощность нижней пачки среднекординской подсвиты оценивается в 330-450 м.

Средняя пачка ($R_1kd_2^2$) согласно залегает на углеродистых филлитах нижней пачки. В ее составе преобладают темно-серые, черные кварц-хлорит-серицитовые филлиты (70-80%) с прослоями и горизонтами темно-серых, зеленовато-серых хлоритовых филлитов (до 20%) и филлитизированных алевро-глинистых сланцев (до 10%). В незначительном количестве присутствуют кварциты, доломиты и углеродистые филлиты.

Кварц-хлорит-серицитовые сланцы представляют собой темно-серые, зеленовато-серые породы с микролепидобластовой текстурой и микросланцеватой, волнисто-слоистой текстурой. Минеральный состав представлен микрочешуйчатым серицитом (40-50%), хлоритом (30-40%) и кварцем (10-20%).

Кварц-серицит-хлоритовые филлиты отличаются преобладанием хлорита (40-50%), количество серицита уменьшается до 30-40%, а количество кварца изменяется от 10 до 30%. Мощность пачки изменяется от 335 до 400 м.

Верхняя пачка ($R_1kd_2^3$) представлена однотонными полосчатыми филлитами, алевро-глинистыми сланцами параллельнополосчатыми, кварц-слюдисто-глинистыми сланцами с гранатом, кварцитами и алевролитами. Мощность пачки оценивается в 600 м. Общая мощность среднекординской подсвиты оценивается 1265-1450 м.

Верхнекординская подсвита (R_1kd_3) согласно залегает на отложениях среднекординской подсвиты. Отложения подсвиты представлены черными углеродистыми кварц-серицитовыми сланцами (65-70%) с редкими прослоями серых и розовато-серых алевролитов (3-5%), серицит-кварцевыми сланцами (15-18%), серыми и темно-серыми известняками и доломитами (5-8%) с редкими линзами известковистых кварц-хлорит-серицитовых сланцев. По литологическим и текстурно-структурным особенностям в составе подсвиты выделяется две пачки: нижняя и верхняя.

Нижняя пачка ($R_1kd_3^1$) сложена черными углеродисто-серицитовыми сланцами с редкими маломощными прослоями светло-серых алевролитов, кварц-серцитовыми сланцами с нитевидными прослоями алевролитов. Для пород характерная тонкая разномасштабная слойчатость, обусловленная чередованием слойков, отличающихся по густоте окраски, минеральному составу и гранулометрии. По особенностям минерального состава выделяются слойки кварц-серицитового, кварц-хлоритового, серицит-хлорит-кварцевого, сидеритового состава. Мощность слойков изменяется от долей мм до 5-8 мм. Мощность пачки оценивается в 480-500 м.

Верхняя пачка ($R_1kd_3^2$) согласно, но с резким контактом залегает на нижней пачке. Отложения представлены светло и темно-серыми известняками (80-85%) с прослоями и линзами доломитов (3-5%) и кварц-хлорит-серицитовых известковистых сланцев (10-12%). Мощность верхней пачки не выдержана и изменяется от первых метров до 200 м. Общая мощность отложений верхнекординской подсвиты составляет 500-700 м. Общая мощность отложений кординской свиты на характеризуемой территории оценивается в 2345-2750 м.

Горбилокская свита (R_2gr). Отложения горбилокской свиты согласно залегают на отложениях кординской свиты и представлены, преимущественно, темно-серыми, зеленовато-серыми кварц-серицит-хлоритовыми, хлорит-серицитовыми, реже кварц-серицитовыми сланцами и алевролитами. Отмечается небольшая примесь мусковита и сидерита. Для пород свиты характерно послойное неравномерное распределение примеси углеродистого материала. По особенностям литологического состава и структурно-текстурным признакам в составе горбилокской свиты выделяется две пачки.

Нижняя пачка (R_2gr^1) представлена переслаиванием зеленовато-серых, темно-серых кварц-хлотрит-серицитовых сланцев (60-65%), кварц-серицитовцых сланцев (20-25%), кварц-серицит-хлоритовых сланцев (10-15%) и алевролитов (2-10%). Местами встречаются тонкие прослойки и линзочки серых и светло серых алевролитов. Распределение породообразующих минералов в породах нерав-

номерное с обособлением слойков существенно-кварцевого и слюдисто-кварцевого состава. Наиболее тонкослоистые прослойки отличаются повышенной карбонатностью. Мощность нижней подсвиты оценивается в 1000 м.

Верхняя пачка (R_2gr^2) сложена неравномернослоистыми зеленовато-серыми кварц-хлорит-серицитовыми сланцами с прослоями серых кварц-серицитовых сланцев (40%), серыми тонкослоистыми алеврито-глинистыми сланцами (25-30%), светло-серыми, серыми грубослоистыми алевролитами, песчанистыми алевролитами и песчаниками (20-25%). Последние приурочены к основанию разреза, где они в виде прослоев мощностью от 1-7 до 10-50 см участвуют в строении маркирующего горизонта. Мощность пачки составляет 800 м. Общая мощность отложений горбилокской свиты оценивается в 1800 м.

Удерейская свита (R_2ud). Отложения удерейской свиты согласно залегают на породах горбилокской свиты и венчают разрез верхнепротерозойских отложений в пределах характеризуемой территории. По особенностям литологического состава и структурно-текстурным признакам в составе удерейской свиты выделяется три подсвиты.

Нижняя подсвита (R_2ud_1) по литологическому составу и характеру слоистости подразделяется на две пачки: нижнюю и верхнюю.

Нижняя пачка ($R_2ud_1^1$) представлена, главным образом, тонкослоистыми серыми и темно-серыми сланцами, алеврито-глинистыми сланцами, алевролитами хлорит-сидерит-серицитового состава (до 95%), подчиненное значение в ее разрезе имеют хлорит-серицит-кварцевые сланцы, образующие линзовидные прослои мощностью до 1-3 см. Мощность пачки составляет 220-250 м.

Верхняя пачка ($R_2ud_1^2$) сложена сероцветными мелкослойчатыми монотонными сидеритсодержащими хлорит-сидерит-серицитовыми сланцами с редкими сидеритовыми конкреционными прослоями и пластами тонкослоистых разностей. К конкреционным прослоям приурочена мелкая вкрапленность пирита (до 1%). Мощность пачки изменяется от 200 до 250 м. Общая мощность нижнеудерейской подсвиты оценивается в 420-500 м.

Среднеудерейская подсвита (R_2ud_2). Среднеудерейская свита согласно перекрывает отложения нижнеудерейской подсвиты. По особенностям литологического состава и характеру слоистости отложений она подразделяется на три пачки: нижнюю, среднюю и верхнюю.

Нижняя пачка ($R_2ud_2^1$) представлена темно-серыми неяснослоистыми, нитчатослоистыми кварц-серицитовыми сланцами с прослоями зеленовато-серых, зеленовато-грязно-серых, белесых кварц-хлорит-серицитовых сланцев. Характерно наличие тонкой вкрапленности пирита. Мощность пачки 300 м.

Средняя пачка ($R_2ud_2^2$) представлена кварц-хлорит-серицитовыми сланцами светло-зеленого, светло-серого, светло-зеленого цвета. Мощность пачки изменяется от 80 до 200 м.

Верхняя пачка среднеудерейской свиты ($R_2ud_2^3$) представлена однообразными неравно тонкополосчатыми филлитами кварц-серицит-хлоритового состава темно-серого цвета с зеленоватым оттенком. В сланцах отмечаются включения зерен сидерита, анкерита, тонкая вкрапленность пирита. Мощность пачки оценивается в 400 м.

Верхнеудерейская подсвита (R_2ud_3). Верхнеудерейская подсвита согласно залегает на среднеудерейской и представлена глинистыми филлитизированными сланцами темно-серого, серого, зеленовато-серого, светло-серого цвета, алеврито-глинистыми сланцами с линзами и пропластками зеленовато-серых кварцитов и кварцито-песчаников разнозернистых. Мощность пачки составляет около 700 м. Общая мощность удерейской свиты оценивается в 1900-2100 м.

Метаморфизм

В пределах Боголюбовского рудного поля развиты продукты регионального и дислокационного метаморфизма и связанные с ними проявления гидротермальных процессов.

Региональный метаморфизм. Региональный метаморфизм наложен на породы кординской, удерейской и горбилокской свит. По термодинамическим параметрам он отвечает биотитовой зоне фации зеленых сланцев. Метаморфизм в породах этих свит проявляется в приобретении четкой тонкой раскристаллизованности основной массы, в развитии минеральных ассоциаций с переменными количествами кварца, хлорита и серицита, преобразовании песчаников в кварцито-песчаники и кварциты за счет перекристаллизации цемента, мраморизации известняков и доломитов.

Дислокационный метаморфизм. Продукты дислокационного метаморфизма пользуются развитием в зонах тектонических нарушений. Они представлены брекчиями, милонитами. Брекчии и катаклазиты состоят из обломков угловатой формы, сцементированных мелкообломочным материалом тех же пород или продуктами гидротермальной деятельности – жильным кварцем, кальцитом, альбитом, арогонием, гематитом, лимонитом или их агрегатами, часто с примесью хлорита, слюд и сульфидов. Милониты среди пород этого ряда, характеризуются максимальной степенью изменения первичных пород, вплоть до лелитоморфных разностей, обломочная структура которых проявляется только при микроскопическом изучении. Брекчирование, катаклаз и милонитизация проявляются во всех отложениях района и кварцевых жилах. Породы, подверженные динамометаморфизму, как правило, отличаются повышенной золотоносностью.

Гидротермально-метасоматические образования

Гидротермально-метасоматические образования широко проявлены в Боголюбовском рудном поле. Гидротермальные изменения проявляются в пиритизации, появлении заметного количества арсенопирита, возрастании содержания хлорита, серицита, вплоть до появления кварц-серицитовых и мусковит-пирит-кварцевых метасоматитов, образующих прожилки. Значительная роль на месторождении принадлежит процессам гематитизации и лимонитизации пород, отличающихся повышенной золотоносностью. Содержание кремнезема в оруденелых сульфидизированных сланцах, как правило, не превышает его содержание во вмещающих породах без кварцевых прожилков, что свидетельствует о формировании кварцевых прожилков за счет мобилизации кремнезема из исходной породы, без его привноса извне. С процессами гидротермального метасоматоза связывается образование рудных зон и рудных тел. В шлифах отчетливо наблюдается замещение зерен сидерита слабомышьяковистым пиритом и арсенопиритом. Наиболее полно гидротермальные изменения пород были изучены по технологическим пробам, отобранным при проведении поисковых работ и тематических исследований (Кондратенко, 1990 г., Дерябина, 1990 г., Ли, 1990 г.).

Структура рудного поля

Пликативные дислокации

В структурном плане Боголюбовское месторождение расположено в пределах одноименной сильно сжатой синклинальной структуры с субмеридиональной ориентировкой шарнира. Длина складки составляет около 5,5 км, ширина около 2 км. Синклиналь асимметричная, с крутым восточным (80-85°) и более пологим (70-80°) западным крылом. Западное крыло складки срезано крупным тектоническим нарушением сбросового типа амплитудой до 800 м, четко фиксирующимся в геофизических полях. На дневной поверхности нарушение трассируется мощной линейной корой выветривания. Породы западного крыла сложены отложениями среднеудерейской подсвиты, контактирующими по разлому с отложениями среднекординской свиты. Восточное крыло выполнено отложениями удерейской, горбилокской и кординской свит. Крыло осложнено серией разрывных нарушений, наиболее крупное из которых проходит по долине реки Рыбной. Крылья синклинали подвержены более мелкой складчатости нескольких порядков, разрывными нарушениями и зонами рассланцевания северо-восточной ориентировки. Массовые замеры элементов залегания показывают, что на месторождении развиты два типа сланцеватости: 1 – совпадающая со слоистостью и 2 – секущая ее под углом от 30° до 70°. Вторая является доминирующей и наиболее ярко выраженной. Эти зоны являются главными структурами, контролирующими и локализующими прожилково-жильную и сульфидную минерализацию с золотом. Минерализация этих зон рассланцевания свидетельствует об их более раннем, соскладчатом происхождении. Основная зона оруденения приурочена к ядерной части синклинали, сложенной отложениями среднеудерейской подсвиты. В отложениях верхнеудерейской подсвиты и горбилокской свиты оруденение выклинивается на протяжении 200-300 м, а интенсивность оруденения снижается. Внутренне строение зоны довольно сложное. Она представляет собой серию кулисообразно расположенных интенсивно рассланцованных линзовидных тел, разделенных участками пород со слабой и средней рассланцованностью. В строении зоны рассланцевания значительная роль принадлежит локальным складчатым деформациям разнообразной морфологии, от слабо выраженных флексур до брахиморфных, куполовидных и изоклинальных складок, вплоть до плойчатости, с углами погружения шарниров, меняющихся в широких пределах. Эти складки фиксируются в горных выработках, керне скважин и стенках штольни. Наиболее крупные флексурные перегибы отражаются в морфологии рудных тел, как в плане, так и в разрезе. При этом во флексурных перегибах отмечается резкое увеличение мощности рудных зон и рудных тел.

Дизъюнктивные дислокации

Дизъюнктивные дислокации на Боголюбовском месторождении, несмотря на длительный период его изучения и довольно большой объем проведенных горных буровых и геофизических работ, изучены слабо. Наиболее детально дизъюнктивная тектоника изучена по материалам поисковых и поисково-оценочных работ, проведенных в 1986-1995 гг. (Кондратенко, 1990 г., Дорофеев, 1995 г.).

К элементам дизъюнктивных дислокаций относятся разрывные нарушения, зоны трещиноватости и рассланцевания. В пределах Боголюбовского месторождения выделяются следующие главные направления разрывных нарушений: субширотное, северо-западное (поперечные к основной складчатой структуре), северо-восточное, и субмеридиональное, согласное с простиранием слоистости. Нарушения, как правило, сопровождаются зонами трещиноватости, дробления, рассланцевания, смятия пород и контролируются системами мелких складок, вплоть до плойчатости, катаклазитами и милонитами. Падение разломов крутое под углами от 50 до 80°. Рассланцевание обычно сопровождается развитием тонкого окварцевания, ореолами гематитизированных, лимонитизированных и сульфидизированных пород.

Характеристика зон прожилково-жильного окварцевания и сульфидной минерализации

По данным поисково-оценочных работ на Боголюбовском месторождении выявлено несколько кулисообразно расположенных зон прожилково-жильного окварцевания и сульфидной минерализации, тесно связанных с рассланцеванием и дроблением пород среднеудерейской подсвиты. Зоны прожилково-жильного окварцевания представлены многочисленными просечками и тонкими прожилками мощностью до 2-3 мм, иногда больше, ориентированными в двух основных направлениях: первое совпадает с направлением слоистости; второе сечет ее под углами от 30° до 70° и является доминирующим. Это направление повсеместно имеет субширотное простирание и юго-западное склонение и, практически, полностью контролирует прожилково-жильное окварцевание и сульфидную минерализацию. При этом сланцеватость первого направления повторяет пластические деформации, которые претерпела рудовмещающая толща и является соскладчатой. Об этом могут свидетельствовать широко распространенная гофрировка и плойчатость с амплитудами от 0,5 до 3 см и размахом крыльев от 1 до 15 см и часто встречающиеся кинк-банды - коленообразные полоски излома, ориентированные по простиранию и падению сланцеватости. Секущая сланцеватость, таким образом, является более поздней по отношению к первой (Ли, 1990 г.). Кроме того, отмечается некоторое количество прожилков, просечек и жил ориентированных, автономно. В поперечном сечении зон прожилково-жильного окварцевания наблюдается симметричная зональность, выражающаяся в усложнении минерального состава и строения при изучении их в направлении от краевых частей к рудным телам. Для жил и прожилков характерна плитообразная и линзовидная формы. Распределены кварцевые жилки неравномерно, часто группируются в пучки и зоны различной мощности от 0,5 до первых десятков метров. Минеральный состав прожилков и просечек весьма разнообразен, но, в целом, носит преемственный характер по отношению к вмещающим их сланцам. Краевые части зон представлены: анкеритовыми и сидеритовыми, сидерит – и анкерит-кварцевыми с серицитом и мусковитом, кварц-мусковитовыми, серицит-хлорит-кварцевыми, кварц-хлорит-анкеритовыми, кварцевыми с серицитом прожилками и просечками с подчиненным количеством сульфидов, главным образом пирита. Пирит, реже пирротин образуют мелкие немногочисленные кристаллы, преимущественно кубической формы в сланцах и прожилках, и тонкие корочки на плоскостях рассланцевания и зеркалах скольжения. Вблизи рудных зон и в их контурах картина существенно усложняется, здесь преобладают кварцевые, сидерит- и анкерит-кварцевые, сульфидно-карбонатно-кварцевые прожилки и просечки с постоянной, но сильно меняющейся примесью серицита, хлорита, мусковита, реже биотитоподобной слюдки. В значительном количестве присутствует пирит кубической, пентагондодекаэдрической формы, появляется призматический и игольчатый арсенопирит, встречаются галенит, сфалерит, халькопирит, антимонит и другие сульфиды. Вмещающие их сланцы часто брекчированы, сопровождаются окварцеванием, пиритизацией, значительным количеством арсенопирита, перекристаллизацией серицита, возрастанием содержания хлорита. Местами появляются пиритсодержащие кварц-серицитовые метасоматиты, мусковит-пирит-кварцевые прожилки.

Золотосульфидная минерализация наиболее интенсивно проявлена в породах, обогащенных мелковкрапленным сидеритом и анкеритом среднеудерейской подсвиты. Сульфидная минерализация выражается в форме линейно-вытянутых зон и зонок, нередко весьма сложной формы. Вкрапленные зерна пирита образуют полосовидные, кучные, линзовидные и цепочные скопления массивной, прожилково-вкрапленной и неравномерно-вкрапленной текстуры. Размер их колеблется от 0,05 до 2.2 мм. В составе рудной минерализации резко преобладает пирит (10,3 %), подчиненную роль играет арсенопирит (2,83 %). Арсенопирит наблюдается в виде призматических, игольчатых, копьевидных и неправильных зерен, образующих мелко – и тонкозернистую вкрапленность, полосовидные, кучные скопления. Размеры зерен колеблются от 0,01 до 0,3 мм, часто он образует разнообразные сростки с пиритом. Наряду с описанными выше прожилками с сульфидной минерализацией в пределах тех же зон широко распространены кварцевые прожилки мощностью от 2-3 мм до 50 см. По результатам опробования они являются слабо золотоносными.

Суммарная протяженность зон составляет 1800 м при ширине до 250 м, на глубину они прослеживаются до 350 м.

Отмеченные особенности локализации прожилкового окварцевания, вероятно, представляют собой в той или иной степени "залеченные" зоны повышенного рассланцевания и трещиноватости. Однако они не всегда совпадают с зонами золото-сульфидной минерализации. Очевидно, что только некоторая часть этих ослабленных зон служила путями распределения рудоносных гидротермальных растворов и местами локализации руд. Причины такой избирательной рудоносности зон на данном этапе изученности месторождения пока остаются не ясными.

Характеристика рудных тел

Рудные тела на месторождении не имеют визуально определяемых границ и выделяются только по результатам опробования. Под рудной зоной, в пределах которой расположены рудные тела, понимается довольно широко развитые ореолы минерализации с содержанием золота от 0,1 до 0,3 г/т, в виде, своего рода, аномальных зон как внутри зон прожилково-жильного окварцевания, так и за их пределами.

Для оконтуривания рудных тел, в качестве исходных данных взяты условные требования, по аналогии с кондициями для известных золоторудных объектов Северо-Енисейского района. Минимально-промышленное содержание для оконтуривания рудных тел с балансовыми запасами – 3 г/т, бортовое содержание – 1 г/т, минимальная мощность – 3 м. При меньшей мощности рудных тел, но более высоком содержании золота, учитывался метрограмм – 9 мг/т, максимальная мощность "пустых" прослоев – 4 м, при средней длине рядовой пробы – 2 м (Дорофеев, 1995 г.). Объемный вес руды – 3 т/м³ (Кондратенко, 1990 г.). Подсчет прогнозных ресурсов проведен методом продольной проекции на вертикальную плоскость. Подсчетные блоки в рудных телах ограничивались двумя смежными разведочными линиями, опирающимися на выработки с промышленными и бортовыми содержаниями, при условии, что среднее содержание золота по блоку, в целом, соответствует условиям промышленного. Учитывая сложность строения рудных тел и ограниченное количество горных выработок, в единичных случаях включались блоки со средними бортовыми содержаниями. Экстраполяция на глубину проводилась с учетом поперечных геологических разрезов и геофизических данных. При определении параметров рудных тел и блоков была использована общепринятая методика, известная для месторождений данного типа: горизонтальная мощность определялась методом среднего арифметического, среднее содержание золота методом средневзвешенного на вскрытую и горизонтальную мощность, "ураганные" содержания золота заменялись на среднее значения в метрограммах.

Всего по принятым кондициям на месторождении выделено 38 балансовых рудных тел, по которым оценивались прогнозные ресурсы. Все они локализованы в зонах прожилково-жильного окварцевания и сульфидной арсенопирит-пиритовой минерализации, имеющих достаточно четко выраженные геологические границы. Ниже приводится характеристика наиболее крупных и наиболее изученных рудных тел, в которых сосредоточено около 90 % ресурсов золота месторождения. Геологические разрезы Боголюбовского месторождения приведены на рис. 3.98.

Рудное тело РТ-1 расположено в южной части месторождения в висячем боку рудоносной зоны. В плане оно имеет лентообразную форму слабоизвилистой конфигурации. Оно имеет субширотное простирание и крутое падение под углами от 70- 85° до вертикального. Тело прослежено с поверхности канавами через 40-150 м на расстояние 1100 м и скважинами на глубину до отметки +320 м, по разведочным линиям 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6.5; 7,0; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10, 5. Мощность рудного тела изменяется от 0,7 м по скважине 54 до 40 м в канаве 53. Содержание золота изменяется от 1,4 г/т до 16,3 г/т. Среднее содержание по всем пересечениям составляет 5,9 г/т. По геологическим и геофизическим данным выклинивание рудного тела не установлено. Вероятен пережим рудного тела между разведочными линиями 8,5-10,5, где рудное тело не имеет выхода на дневную поверхность.

Зона окисления руд распространена по всему рудному телу и вмещающим породам. Мощность окисленных пород изменяется от 20 до 60 м. Между разведочными линиями 2,0-4,5 окисление распространяется на всю мощность рудого тела до глубины 120 м от поверхности. Прогнозные ресурсы золота по рудному телу РТ-1 по категории P_1 оцениваются в 26,6 т, в том числе по зоне окисления в 6,3 т.

Рудное тело РТ-2 в морфологическом отношении аналогично рудному телу РТ-1. Оно расположено субпараллельно телу РТ-1, в 60-80 м севернее. За счет плавного изгибания по простиранию рудные тела сближены до 4-8 м в пределах разведочных линий 8,0-8,5. С поверхности рудное тело РТ-2 прослежено канавами через 40-100 м на расстояние 340 м (между РЛ 7,5-11,0). С востока оно не оконтурено, на западе ундулирует и скважинами колонкового бурения прослежено на 600 м (РЛ 5,5-11,5). Для этого рудного тела, как и для РТ-1, характерна изменчивая мощность и невыдержанное содержание золота. Мощность его изменяется от 0,7 м по скважине 64, до 9,0 м по канаве 34. В среднем, она составляет 4,1 м. Содержание золота по данным опробования изменяется от 1,0 до 22,3 г/т. Среднее содержание составляет 4,5 г/т. Верхняя часть рудного тела окислена. Глубина зоны окисления изменяется от 15 м по РЛ 8,0 до 90 м по РЛ. 11,5. Прогнозные ресурсы по категории P_1 оцениваются в 6,5 т, в том числе в зоне окисления 1,2 т.

Рудное тело РТ-3 с поверхности вскрыто канавами через 40-100 м и прослежено по простиранию на расстояние 560 м. Скважинами рудное тело прослежено на глубину до 350-400 м от поверхности (до горизонта – 50 м). Между профилями 7,0-9,5 рудное тело выклинивается. Рудное тело РТ-3 расположено в 40-50 м севернее РТ-2. По особенностям строения, характеру изменения мощности и содержания золота оно аналогично первым двум телам. Мощность РТ-3 колеблется от 0, 7 м по скважине 71 до 38 м по скважине 21. Средняя мощность по всем пересечениям оценивается в 10,2 м. Возрастание мощности рудного тела до 38,0 м приурочено к флексурному перегибу, картирующемуся между РЛ-6,5 и 10,5. Содержание золота изменяется от 1, 1 г/т до 12, 0 г/т, при среднем содержании 6,9 г/т. Прогнозные ресурсы золота по рудному телу РТ-3 оцениваются в 31,6 т по категории P_1.

Как уже отмечалось выше рудные тела РТ-1, 2 и 3 располагаются кулисообразно. Расстояние между ними составляет 50-70 м, местами, за счет флексурных перегибов, рудные тела сближаются до 15-40 м по РЛ 5,5-7,5 и до 4-10 м по РЛ 7,0-11,5. В пределах РЛ 7,0-8,5 сближенные рудные тела образуют своеобразный "рудный столб", характеризующийся существенным увеличением общей мощности и среднего содержания золота. В пределах этого участка сконцентрировано до 54% всех оцененных ресурсов, при средней мощности 17,8 м и среднем содержании золота 7,2 г/т.

Основные рудные тела сопровождаются роем мелких тел. В общей сложности, насчитывается 35 тел, по которым подсчитаны прогнозные ресурсы по категории P_2. Судя по имеющимся пересечениям, они имеют линзовидную форму и характеризуются невыдержанной мощностью с неравномерным распределением в них золота. Как и основные рудные тела, они располагаются кулисообразно, на расстоянии от нескольких метров до нескольких десятков метров. Для них характерно субширотное простирание и крутое падение, согласное с простиранием и падением основных рудных тел. Размеры мелких рудных тел из-за их слабой изученности приняты условно. Для тел, выходящих на дневную поверхность, 50 м по простиранию и 25 м по падению (с учетом вероятного уровня эрозии), для "слепых" – 50 м по падению и простиранию. Прогнозные ресурсы по 35 мелким телам по категории P_2 оцениваются в 6,3 т, при средней мощности 8,1 м и среднем содержании 5,8 г/т.

Кроме того, в пределах Боголюбовского рудного поля выделяется 107 забалансовых рудных тел, с содержанием золота от 1,0 до 1,9 г/т. Судя по единичным пересечениям, они имеют линзообразную форму, невыдержанную мощность и неравномерное содержание золота. По простиранию рудоносной зоны они распределяются довольно равномерно, исключая фланги, где оруденение резко затухает. Прогнозные ресурсы по всем "забалансовым" телам при средней мощности 1,2 м и среднем содержании золота 1,9 г/т, оцениваются в 1,5 т. Однако, из-за слабой изученности их золотоносный потенциал при подсчете прогнозных ресурсов месторождения не учитывался. Сгущение разведочной сети при проведении дальнейших работ на месторождении, возможно, позволит увеличить промышленный потенциал месторождения за счет последних. Сведения о распределении "забалансовых" рудных тел приведены в таблице 3.102.

Общие ресурсы месторождения по категории $P_1 + P_2$ оставляют 71 т при средней мощности 7,4 м и среднем содержании золота 5,8 г/т.

Минералого-петрографическая характеристика пород и руд

Изучение минералого-петрографического состава пород и руд Боголюбовского месторождения проводилось в течение длительного времени. Началось изучение при проведении ГДП-50 (Целыковский, 1985 г.), продолжалось при проведении поисковых работ на рудное золото на Рыбинской площади (Кондратенко, 1990 г.), поисково-оценочных работах на Центральном участке Боголюбовского месторождения (Дорофеев, 1995). Наиболее детально вмещающие породы и руды были изучены при проведении технологических испытаний лабораторных проб руд в период проведения поисковых работ. В стадию проведения поисково-оценочных работ изучение технологических свойств руд осталось незавершенным. Изучение технологических свойств руд и их минералого-петрографических характеристик проводилось в ЗабНИИ по двум лабораторным пробам: ТП-1 – окисленные руды и ТП-2 – первичные руды (Дерябина, 1990 г.). Вещественный состав по указанным пробам изучался с применением химического, спектрального, пробирного, фазового анализа и минераграфических исследований с использованием протолочек, шлифов и аншлифов. По материалам этих исследований руды пробы ТП-1 отнесены к окисленному убогосульфидному золото-кварцевому типу, руды пробы ТП-2 к умеренно сульфидному золото-кварцевому типу (Кондратенко, 1990 г., Дорофеев, 1995 г.).

Петрографическая характеристика вмещающих пород и руд

Вмещающие породы

Образец 1 (скв.1, гл. 4, м). Микросланцы филлитовидные, выветрелые, буровато-серые, ожелезненные, линзовидносланцеватые, кварц-хлорит-серицитовые с тонкими прослоями и вытянутыми линзами мусковит-кварцевого состава (с переменным содержанием минералов), в которых пластинки мусковита ориентированы поперек сланцеватости. Породы ожелезнены по плоскостям сланцеватости, псевдоморфозы гидроокислов железа, вероятно, по железистым карбонатам, образуют также густую тонкую (0,05-0,10 мм) вкрапленность зерен неправильной и ромбической формы.

Породы окварцованы, наблюдаются многочисленные послойные прожилки мощностью до 2,5 мм мелкозернистого кокардового кварца, реже микрозернистого грановластового, с реликтовыми включениями сланцев, серицита. В кокардовом кварце отмечается гелицитовая, структура (просвечивает структура сланцев), наблюдаются окисленные скелетные кубические кристаллы пирита и сплошные неправильной формы скопления гидроокислов железа, обычно вытянутые поперек простирания прожилка.

Образец 2 (скв.1, гл. 19,1 м). Микросланцы выветрелые, буровато-серые, тонкослоистые, катаклазированные, окварцованные, с тонкими послойными и секущими прожилками кварца, с кавернами от выщелоченных окисленных сульфидов, по составу кварц- серицитовые с окисленными железистыми карбонатами. Сланцеватость линзовидная, выражена слабо, ориентирована под углом 60-70° к слоистости.

Окисленные карбонаты образуют линзовую и тонкую слоистость в породе, зерна неправильной и ромбической формы, величиной 0,02-0,05 мм.

В прожилках кварц грановластовый микрозернистый, с вкрапленностью псевдоморфоз лимонита по пириту кубической формы, по трещинам развиты гидроокислы железа.

Образец 3 (скв. 1, гл. 26,3 м). Микросланцы филлитовидные, темно-серые, с прослоями, насыщенными густой тонкой вкрапленностью пирита (до 7-10%), по составу углеродистые, кварц-серицитовые с единичными зернами турмалина. В породе наблюдаются линзовые сегрегации серицит-кварцевого состава, единичные зерна кварца алевритовой размерности.

Пирит образует идиоморфные зерна – кубы (преобладающая форма зерен), пентагондодекаэдры и кубоктаэдры разной величины – от 0,01 мм до 0,15 мм. Зерна в разной степени корродированы в процессе метасоматического замещения мусковитом и кварцем, крупные зерна корродированы меньше, в краевых частях, более мелкие зерна имеют скелетный облик, часть зерен имеет не

все грани, иногда сохраняется центральная часть в виде реликтов неправильной формы.

Образец 4 (скв. 1, гл. 46,1 м). Микросланцы филлитовидные, темно-серые, параллельносланцеватые, тонкоплитчатые, углеродистые, хлорит-карбонат-серицитовые с примесью зерен кварца алевритовой размерности, структура бластопелитовая. Хлорит грязно-зеленого цвета в основной ткани и в виде комочков и линзочек величиной около 0,1 мм с серицит-кварцевыми дворниками растяжения. Карбонат светлобурый распределен равномерно, зерна неправильной формы и ромбоздры величиной 0,01-0,04 мм. Рудный минерал образует мелкую вкрапленность зерен неправильной и кубической формы величиной 0,02-0,04 мм.

Золото-сульфидные руды

Образец 5 (канава 34). Микросланцы филлитовидные, выветрелые, осветленные, ожелезненные по плоскостям сланцеватости и по трещинам, тонкоплитчатые, полосчатые за счет чередования серовато-бурых и буроватых, темно-бурых слойков мощностью до 1 см. Слоистость под углом 400 к плоскости рассланцевания и плитчатости, обусловлена неравномерным распределением гидроокислов железа (от 5 до 95 % в прослоях), развитым по сульфидам и железистым карбонатам.

В прослоях, в которых заместились карбонаты, состав серицит-лимонитовый и лимонит-серицитовый, псевдоморфозы по пириту в метаалевритовых прослоях серицит-кварцевого состава. Форма зерен кубическая и пентагондодекаэдры, содержание около 40%, величина 0,05-0,4 мм.

Образец 6 (канава 34). Метаалевролиты желтовато-серые, выветрелые, пятнистые, катаклазированные, ожелезненные, окварцованные, с ветвистой сетью тонких (0,015-0,08 мм) прожилков микрогранобластового кварца и участков перекристаллизации неправильной формы.

Метаалевролиты слюдистые, однородные состоят из кварца (85-90%) и серицита (5-10%), с единичной вкрапленностью окисленных рудных минералов ромбической формы (величиной 0,02-0,04 мм) и тонкопризматической (длиной около 0,05 мм).

Окварцованные участки имеют гетерогранобластовую структуру: участки ксеноморфного, мелкозернистого (0,15-1,0 мм) кварца с волнистым, реже .мозаичным, погасанием, среди микрогранобластового кварца; содержат гнездовые и прожилковые включения окисленного рудного минерала в зернах ромбической формы величиной до 0,04 (арсенопирит?).

Образец 7 (канава 34). Микросланцы филлитовидные бурovато-серые осветленные, ожелезненные, линзовидно-слоистые за счет чередования серых и желто-бурых пористых прослоев, тонкоплитчатые, с секущей зонкой, совпадающей по простиранию со сланцеватостью, брекчирования и окварцевания. Окварцевание полосчатое, с пустотами выщелачивания сульфидов неправильной формы величиной до 1,5 см.

Обломки брекчий остроугольные, величиной до 1,5-2 см, сланцев кварц-серицитовых линзовидно-слоистых с переменным содержанием гидроокислов железа в виде включений неправильной и ромбовидной формы, вероятно, по железистым карбонатам, а в отдельных линзах - тонкопризматической формы, длиной до 0,05 мм, ромбического сечения (арсенопирит?).

Цементируются обломки микрогранобластовым кварцем с примесью серицита, со сростками окисленного арсенопирита (?) и единичных псевдоморфоз кубической формы лимонита по пириту. По краям отдельных пустот выщелачивания развит лепидокрокит красновато-бурый, колломорфный.

Минеральный состав первичных руд

Первичные руды месторождения характеризуются сравнительно высоким содержанием сульфидов (от 10,5 до 13.5%). Представлены сульфиды пиритом (10,3%), арсенопиритом (2,83%), в меньшей степени присутствуют сфалерит, халькопирит, галенит, антимонит, встречается блеклая руда. Содержание гипергенных минералов железа не велико и не превышает 0,5 %. Минеральный состав первичных руд и соотношение в них основных групп минералов показано в таблице 3.103 и 3.104.

Из всех рудных минералов наибольшее значение имеют самородное золото, пирит и арсенопирит.

Самородное золото составляет главную промышленную ценность. При минералогическом анализе дробленой руды свободное золото встречается, начиная с класса – 0,4 + 0,2 мм и тоньше. Золото образует сростки с кварцем, с сульфидами, реже отмечается в свободном виде. Как правило, оно имеет каплевидную и дендритовидную форму. Золото мелкое, поверхность золотин неровная, бугристая с ямчатыми углублениями. Цвет золотин изменяется от желтого до красного. Золото высокопробное, по данным ЗабНИИ пробность составляет 889-961.

Из рудных минералов наиболее обилен пирит. На его долю приходится до 10,3% от всех рудных минералов. Пирит представлен в виде неравномерной вкрапленности в виде кучных, полосовидных, линзовидных скоплений с образованием прожилковидной, прожилково-вкрапленной, неравномерновкрапленной структуры. Форма зерен разнообразная от идиоморфной до неправильной и скелетной. Размеры кристаллов изменяются от 0,08 до 2,2 мм. Наиболее крупные кристаллы корродированны антимонитом и другими минералами. Пирит тесно ассоциирует с антимонитом, часто образуя сростки. В качестве включений в пирите отмечаются сфалерит, халькопирит, пирротин. Спектральным полуколичественным анализом в мономинеральном пирите обнаружены примеси меди, свинца, сурьмы, цинка, кобальта, вольфрама, молибдена, висмута, серебра и др.

Арсенопирит является вторым по степени распространения рудным минералом, его количество достигает 2,83%. Он образует призматические, игольчатые, копьевидные, ромбические кристаллы и мелкие скопления зерен неправильной формы, образующие тонкозернистую и сыпьевидную вкрапленность. Размеры зерен арсенопирита изменяются от 0,01 до 0,27 мм. Во многих случаях арсенопирит образует тесные срастания с пиритом, внедрясь в его внутренние части или образуя тонкие оторочки.

Антимонит представлен ксеноморфными вкрапленниками в молочно-белом кварце, образующими между собой сростки и агрегаты. Размеры агрегатов антимонита достигают 1,2-1,5 х 4-5 мм. Характерны сростки с пиритом в виде в виде тонких ксеноморфных вкраплений и редко – прожилковидных выделений.

Сфалерит представлен выделениями неправильной формы в кристаллах пирита. Его количество в руде составляет 0,07%. Размеры выделений колеблются от 0,06 до 0,09 мм.

Халькопирит и блеклая руда встречаются в единичных количествах в виде ксеноморфных включений в пирите, размеры которых изменяются от 0,01 до 0,09 мм.

Промышленную ценность в первичных рудах представляет самородное золото. Оно обнаруживается во всех классах дробленной руды, начиная с класса – 0,4 + 0,2 мм и тоньше как в свободном виде, так и в сростках с кварцем и сульфидами. Основное количество золота связано с пиритом и арсенопиритом. Пробность золота изменяется от 944 до 961. Среднее содержание его составляет 4,5 г/т.

Таблица 3.102

Характеристика мелких рудных тел

№ РЛ	Кол-во рудных тел			Ширина рудоносной полосы		
	Всего	Выходящих на поверхность	"Слепых"	На поверхности	На гор. +230 м	На гор. +150 м.
1	7	3	4	5	6	7
2	2	2	-	-	-	-
3,5	1	1	-	-	-	-
4,5	16	7	9	150	40	10
5,5	9	2	7	60	160	160
6,5	10	1	9	120	160	110
7,0	10	2	8	190	80	20
7,5	8	2	6	100	90	30
8,0	20	2	18	150	80	60
8,5	10	1	9	90	100	60
9,5	8	1	7	10	150	100
11,5	3	-	3	70	40	30
Всего	104	24	80			

Содержание серебра составляет 0,2 г/т. Текстура руд массивная, прожилково-неравномерно-вкрапленная, брекчиевидная, катакластическая, полосовидная, скелетная.

Минеральный состав окисленных руд

Минеральный состав окисленных руд не отличается большим разнообразием и характеризуется, прежде всего, широким развитием гипергенных минералов железа, количество которых достигает 11%. Изучение минерального состава руд позволило выделить около 30 минералов в составе окисленных руд. Минеральный состав и соотношение основных групп минералов в окисленных рудах приведены в таблицах 3.105 и 3.106.

Гипогенные минералы в руде представлены редкими вкрапленными выделениями пирита, сфалерита, халькопирита, галенита, марказита, тетраздрита и их реликтов, сохранившимися от замещения вторичными минералами железа, мышьяка, цинка, меди и свинца. Их общее количество в окисленной руде не превышает 0,15-0,2%. Из всех рудных минералов наиболее важное значение имеют самородное золото, гидроокислы железа, пирит и арсенопирит.

Самородное золото составляет в руде главную промышленную ценность. Золото в рудах находится в тесной ассоциации с лимонитизированными седеритсодержащими кварц-хлорит-серицитовыми сланцами. Самородное золото обнаруживается в шлифах в виде мелких выделений каплевидной формы размерами от 1-5 мкм до 0,1-0,1 мм. В дробленой руде класса - 0,2 + 0,1 золото встречается в виде редких выделений дендритовидной и каплевидной формы размерами до 0,2 мм. Поверхность золотин ноздреватая, цвет красноватый из-за наличия "рубашки" из гидроокислов железа. Гидроокислы железа распространены весьма широко. Они представлены, главным образом, тонкодисперсными разностями, пропитывающими и окрашивающими породы в различные оттенки бурого, коричневого, желтого, красно-бурого цвета, образующими прожилковидные, полосовидные, кучные, цепочечные, линзовидные скопления и сростки между собой. Достаточно широко развиты и самостоятельные выделения, представленные новообразованиями по пириту в результате его псевдоморфного замещения. Отдельные выделения гидроокислов железа сохраняют кубическую форму пирита и имеют зональное колломорфное строение. Пирит иногда сохраняется в поле гидроокислов железа в виде тонких реликтовых включений размерами 0,003-0,007 до 0.01 мм. Для гидроокислов железа характерна тесная ассоциация с вторичными минералами меди, свинца, марганца, сурьмы. Последние проявляются в виде корочек и налетов вишнево-красного и фиолетового цвета (псиломелана и кермезита). Лимонит, как правило, заполняет пустотки выщелачивания или образует мелкие оолитовые образования. Пирротин образует единичные выделения неправильной формы среди нерудных минералов, размерами до 0,055 мм. Арсенопирит в шлифах и дробленой руде встречается в виде единичных зерен призматической и неправильной формы размерами до 0,18 мм, а также в виде тонко рассеянной вкрапленности. Халькопирит, сфалерит, галенит, тетраздрит отмечаются в виде редких вкраплений и реликтов в поле замещающих их вторичных минералов. По халькопириту развиваются халькозин и малахит в виде тонких каемок. Текстура руд тонко-нервномерновкрапленная с широкой вариацией вторичных текстур замещения – пятнистой, колломорфной, первичной реликтовой, псевдоморфной.

Таблица 3.103

Минеральный состав первичных руд

Главные	Рудные	Нерудные
Главные	Самородное золото, пирит, арсенопирит	Кварц
Второстепенные	Марказит, антимонит, гематит, гетит, лимонит, галенит	Полевые шпаты, кальцит, сидерит, хлорит
Образующие незначительную примесь в руде	Пирротин, халькопирит, сфалерит, халькопирит, ковелин, тетраздрит, леллингит, псиломелан, ильменит, магнетит, брошантит	Апатит, рутил, циркон, биотит, мусковит

Таблица 3.104

Соотношение основных групп минералов в первичных рудах Боголюбовского месторождения

Группа минералов	Рудные	Нерудные
Минералы железа	Пирит, магнезит, пирротин, лимонит, гематит	10,5-13,5
Минералы меди	Халькопирит, халькозин, малахит, ковеллин, брошантит, блеклая руда	0,03
Минералы мышьяка	Арсенопирит	2,83
Минералы цинка	Сфалерит	0,07
Минералы свинца	Галенит	0,1
Минералы сурьмы	Антимонит	0,03
Минералы марганца	Псиломелан	0,12
Минералы титана	Ильменит, рутил	1,1
Нерудные минералы	Кварц, карбонаты, полевые шпаты, хлорит, мусковит, биотит, апатит, циркон	ед. зерна 82,2 - 85,2

Содержание золота в окисленных рудах колеблется от 4,8 до 5,3 г/т. Среднее содержание серебра составляет 1 г/т. Серебро является попутным компонентом и не обнаруживает корреляции с содержанием золота.

Геохимические особенности месторождения

Для выявления геохимических особенностей Рыбинской рудной зоны, Боголюбовского и Попутнинского рудных полей и месторождений поводилось площадное литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния по сети 100х20 м, а также опробование коренных пород в горных выработках и скважинах (Ашаров, 1978 г.; Целыковский, 1985 г.; Кондратенко, 1990 г., Дорофеев 1995 г.). Статистическая обработка данных проводилась двумя способами: по программе "Анализ многомерного поля" и вручную с составлением карт содержаний по каждому элементу. По программе "Анализ многомерно поля на ВЦ ПГО "Красноярскгеология" было обработано 12000 результатов спектрального и пробирного анализов по 14 элементам: свинец, медь, цинк, кобальт, хром, никель, ртуть, марганец, молибден, вольфрам, серебро, мышьяк, бор и золото. В ручную обработку было включено 13 000 результатов литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния. Пробы анализировались на 15 элементов: свинец, медь, цинк, кобальт, никель, хром, марганец, вольфрам, серебро, мышьяк, сурьма, бор, ртуть и золото. В результате обработки материалов опробования получены данные о средних содержаниях элементов, коэффициенты контрастности и вариации, составлены карты содержаний элементов, по которым выделен 31 класс, отражающий распространение и взаимоотношения элементов между собой. Для поисков коренного золота наибольший интерес представляют 13 классов, объединенные в три группы с содержаниями золота от 6,78 до 50x10^{-3}, 51-100x10^{-3} и > 100x10^{-3}, отвечающие классам з, й, к, л, щ; у, м, ф; и х, о, ц, ь соответственно (табл. 3.107). Эти группы выделяются в пределах как Боголюбовского, так и Попутнинского рудного поля.

Боголюбовское рудное поле характеризуется широким распространением полей 1 группы, на фоне которых выделяются локальные участки полей 2 и 3 групп. В центральной части рудного поля эти участки соответствуют Боголюбовскому месторождению и проявлению Змеиному. Для Попутнинского рудного поля характерно широкое развитие 2 и 3 групп. Определенные неравномерности в распределении, как элементов, так и групп их полей обусловлены, по-видимому, установленной для золотого оруденения в Попутнинском рудном поле с интрузиями основного состава и наличием, пока еще недостаточно изученной, минералогической и геохимической зональности, как в пределах рудных полей, так и месторождений. В ходе работ в Рыбинской рудной зоне было выявлено более 20 комплексных и моноэлементных аномалий различной интенсивности (Кондратенко, 1990 г.). По своему характеру большинство аномалий, выявленных по вторичным ореолам рассеяния, относятся к остаточному диффузионному и диффузионно-дефлюкционному типам, являются слабосмещенными.

Несмотря на достаточно четкую контрастность выявленных аномалий, их следует считать ослабленными из-за выноса элементов из подзолистого горизонта, характерного для кислых горно-таежных почв. Для аномалий характерны вытянутая, эллипсовидная, округлая, реже неправильная изометричная формы. Размеры аномалий колеблются от 1500-150 м в длину, до 650-50 м в ширину. Аномалии ориентированы, преимущественно, в субширотном, северо-восточном и северо-западном направлениях, в целом, совпадающих с простиранием рудных зон и рудных тел на месторождении. Аномалии с субмеридиональной ориентировкой длинной оси встречаются реже. По набору компонентов, выполняющих аномалии, выделяются комплексные: золото-мышьяковые, золото-сурьмяно-мышьяковые, золото-мышьяково-кобальт-борные, золото-медные и моноэлементные: золота, мышьяка, серебра, меди, цинка, марганца, ртути, бора и др. Наиболее распространены золото-мышьяковые аномалии. Аномалии элементов в комплексных аномалиях в общих чертах вписываются в общую форму аномалии, или накладываются одна на другую под некоторыми углами, иногда дают точечные аномалии внутри аномалий золота и мышьяка. Наиболее контрастная золото-мышьяково-кобальт-борная аномалия зарегистрирована над Центральным участком Боголюбовского месторождения. Аномалия золота имеет размеры 1300х250 м, ориентирована с запада на восток. Содержания золота изменяются от 5 до 30x10^{-3} г/т, в единичных пробах составляет 3000x10^{-3} г/т. Аномалия мышьяка, практически, совпадает с аномалией золота и имеет те же размеры. Содержания мышьяка изменяются от 5 до 30x10^{-3} г/т, в единичных пробах достигает 100,0x10^{-3} г/т. Аномалия кобальта имеет эллипсовидную форму размерами 200х500 м, ориентирована с запада на восток и приурочена к западной части аномалии золота. Содержания элемента изменяется от 3 до 5x10^{-3} г/т. Аномалия бора в этой комплексной аномалии имеет размеры 300х600 м, ориентирована с запада на восток и приурочена к центральной части месторождения. Содержания бора изменяются от 5 до 10x10^{-3} г/т. Мощность рыхлых отложений в эпицентре данной аномалии составляет 2,0 м. Кроме комплексных аномалий в пределах Боголюбовского рудного поля по данным опробования выделяется ряд контрастных аномалий бора, цинка, марганца, серебра, свинца. Аномалии бора отчетливо проявляются южнее Центрального участка и на западном фланге месторождения. Концентрации бора колеблются от 2 до 8x10^{-3} %. Цинк в концентрациях от 4 до 8,1x10^{-3} % обнаруживается в единичных пробах на площади. Максимальные его концентрации приурочены к комплексной аномалии в центральной части месторождения на водоразделе руч. Боголюбовского и Сорочьего. Аномалии марганца с концентрациями 60-80x10^{-3} выявляются в южной части месторождения и тяготеют к аномалиям бора. Для них характерна ориентировка с запада на восток. Серебро и ртуть встречаются в отдельных пробах на всей площади в концентрациях от 0,01 до 0,02 x10^{-3}% и от15 до 100,1x10^{-3} % соответственно. Их локальные единичные аномалии практического интереса на представляют. Медь, никель и хром в незначительных количествах распространены по всей площади Боголюбовского рудного поля, но повышенные их концентрации и аномалии тяготеют к базит-ультрабазитовым телам в Попутнинском рудном поле.

Анализ материалов поисков по вторичным ореолам рассеяния свидетельствует о их высокой эффективности. При заверке аномалий горными и буровыми работами 83% горных выработок подтвердили наличие золотого оруденения в коренных породах.

Эндогенные геохимические ореолы представляют собой поля повышенных концентраций элементов вдоль рудных зон и рудных тел. Мощность ореолов вкрест их простирания составляет первые метры или первые десятки метров. Полная мощность ореолов по падению рудных зон и рудных тел не выявлена, так как рудные зоны и тела имеют крутое падение, и их выклинивание на глубину не установлено. Оценка месторождения дана на глубину до 200-350 м. Вследствие крайне неравномерного оруденения ореолы характеризуются слабой выраженностью в поперечном и продольном сечении. В первичных геохимических ореолах, выявленных по результатам спектрального анализа, отмечается тесная взаимосвязь золота с мышьяком, сурьмой, серебром и, в меньшей степени, с барием, вольфрамом, кобальтом и никелем (рис. 3.99). В то время, как во вторичных ореолах над рудными зонами и телами эти элементы, за исключением мышьяка, в меньшей степени, бария и сурьмы, имеют слабое информативное и корреляционное значение. Наиболее тесная прямая корреляция устанавливается между золотом и мышьяком. Промышленные руды по данным спектрального анализа характеризуются содержаниями мышьяка 0,8 % и более. По отдельным профилям отмечается слабая корреляционная связь золота со свинцом, медью, цинком, марганцем. Обратная корреляционная связь у золота наблюдается с ванадием.

Геофизическая характеристика месторождения

Площадь Боголюбовского месторождения и территория, прилегающая к нему, достаточно детально изучены различными геофизическими методами. Территория района месторождения покрыта гравиметрическими съемками масштабов 1:200 000 и 1:50 000 (Жураковский, Князев, 1971 г., Жураковский, Козлов и др. 1985 г.), аэромагнитной съемкой масштаба 1:25 000 и 1:50 000, магнитометрами АСГ-46 (Чепик, 1965 г.), приборами АМ-13, АММ-13. В связи с началом поисков рудного золота в черносланцевых толщах рифея были проведены комплексные геофизические исследования, включавшие прецизионную аэромагнитную съемку масштаба 1:25 000 квантовым магнитометром КАМ-28, дипольное двухразносное электропрофилирование, электроразведочные работы методом ЕП по сети 400х20 м и частично методом ВП.

Анализ геофизических работ, проведенных в пределах Рыбинской рудной зоны и на площади Боголюбовского месторождения, с учетом геологических данных позволяет представить следующую общую геофизическую характеристику Боголюбовского месторождения и его положения в геофизическом поле Рыбинской рудной зоны.

Гравиметрическое поле в пределах Рыбинской рудной зоны и Боголюбовского месторождения характеризуется спокойным характером со значениями силы тяжести от 20 до 22 мГл. Это объясняется однородным строением

Таблица 3.105

Минеральный состав окисленных руд Боголюбовского месторождения

Распространенность минералов	Рудные	Нерудные
Главные	Самородное золото	Кварц, измененные обломки вмещающих пород – кварц-серицит-хлоритовых сланцев
Второстепенные	Гидроокислы железа (гетит, лимонит, гидролепидокрокит, пирит, ярозит)	Полевые шпаты, кальцит, сидерит, хлорит
Образующие незначительную примесь в руде	Псиломелан, ильменит, магнетит, арсенопирит, скородит, сфалерит, халькопирит, галенит, пирротин, плюмбоярозит, марказит, кермезит	Апатит, рутил, серицит, лейкоксен, мусковит

Таблица 3.106

Соотношение основных групп минералов окисленных руд Боголюбовского месторождения

Группа минералов	Минералы	% распространения
Минералы железа	Гидроокислы железа (гетит, гидролепидокрокит, лимонит, пирит, пирротин, марказит, ярозит	11,0
Минералы меди	Халькопирит, халькозин, малахит, тетраэдрит	0,1
Минералы мышьяка	Арсенопирит, скородит	0,01
Минералы цинка	Сфалерит, смитсонит	0,01
Минералы сурьмы	Кермезит	ед. зерна
Минералы титана	Ильменит, рутил, лейкоксен	1,1
Минералы марганца	Псиломелан	0,04
Нерудные минералы	Кварц, полевые шпаты, карбонаты, хлорит, серицит, мусковит, апатит	87,7

Таблица 3.107

Среднее содержание элементов во вторичных ореолах рассеяния по классам и группам

Группа	Класс	Содержания элементов пх10^{-3}											
		Au	Cs	Pb	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Mr	B	Hg	Ag
I	з	7,0	4,0	1,0	2,0	7,0	2,0	4,0	2,0	70,0	3,0	26,0	0,006
	й	18,0	5,0	1,0	2,0	7,0	2,0	4,0	2,0	71,0	3,0	28,0	0,006
	к	29,0	6,0	1,0	2,0	7,0	3,0	5,0	3,0	75,0	4,0	19,0	0,006
	л	44,0	5,0	1,0	1,0	7,0	2,0	5,0	1,0	71,0	4,0	26,0	0,006
	щ	48,0	2,5	1,0	2,0	7,0	5,0	22,0	21,0	96,0	1,0	19,0	0,005
II	у	57,0	4,0	1,0	2,0	7,0	2,0	7,0	5,0	72,0	3,0	19,0	0,006
	м	60,0	10,0	1,0	2,0	8,0	3,0	4,0	2,0	88,0	5,0	26,0	0,006
	ф	98,0	6,0	1,0	1,0	6,0	2,0	4,0	2,0	58,0	4,0	26,0	0,006
III	х	150,0	5,0	1,0	2,0	6,0	2,0	6,0	6,0	72,0	3,0	32,0	0,005
	ц	200,0	8,0	1,0	2,0	6,0	2,0	9,0	6,0	71,0	4,0	26,0	0,005
	о	200,0	12,0	2,0	2,0	7,0	2,0	4,0	2,0	63,0	6,0	22,0	0,007
	ч	300,0	6,0	1,0	2,0	7,0	2,0	6,0	4,0	76,0	4,0	38,0	0,006
	ь	550,0	12,0	1,0	2,0	6,0	2,0	6,0	3,0	62,0	5,0	22,0	0,006

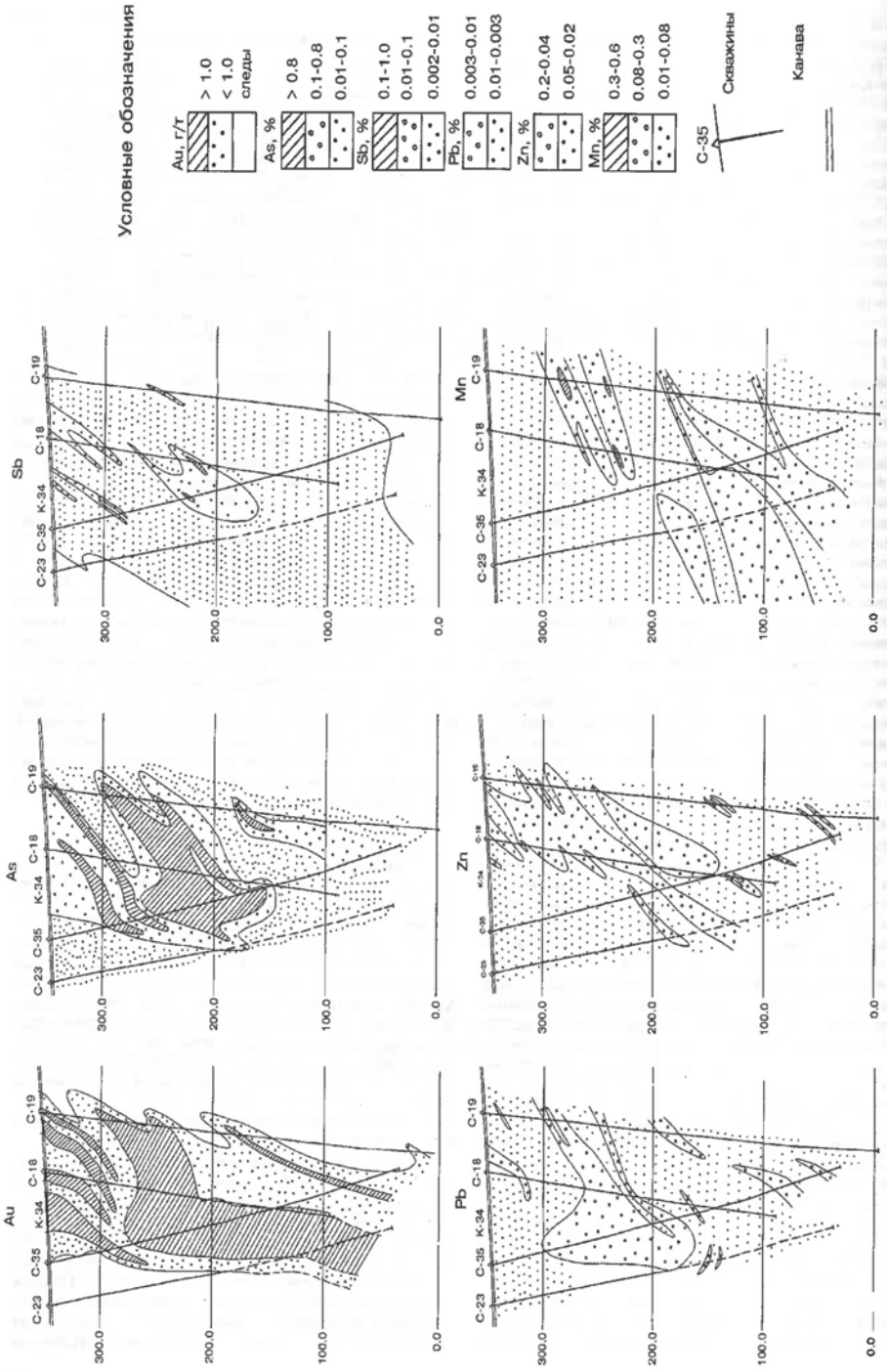


Рис. 3.99. Первичные ореолы Au, As, Sb, Pb, Zn, Mn по профилю 8.5 на Боголюбовском месторождении золота

осадочно-метаморфического слоя земной коры и отсутствием резко выраженных неоднородностей вещественного состава. Обращает на себя внимание приуроченность месторождения к участку изгиба изоаномал силы тяжести с субмеридионального на северо-западное, затем на субширотное. Этот факт Б.А. Жураковским и Л.В. Ли объясняется S- образным поворотом Ишимбинского глубинного разлома в условиях сдвиговых деформаций (Жураковский и др., 1985 г., Ли 1990 г.). Такая интерпретация вполне согласуется с геологическими данными и позволяет говорить о приуроченности месторождения к периферии данного участка глубинного разлома, характеризовавшегося повышенной проницаемостью земной коры и локальным высвобождением тепловых потоков, флюидов и гидротермальных растворов в определенные интервалы времени. К этому же участку приурочены интрузии базитов, ультрабазитов и "слепые" гранитоидное массивы, которые также могли служить источниками тепла и гидротермальных растворов.

Магнитное поле над преобладающей частью района и месторождения имеет нормальные значения от 0 до 50 нТл. На фоне этих значений выделяются локальные аномалии преимущественно небольших размеров интенсивностью до 50 нТл и выше. Месторождение пространственно тяготеет к одной из локальных положительных аномалий север-северо-восточного простирания, включающей серию мелких изометричных и "точечных" положительных аномалий различной интенсивности (Бобыкин, 1976 г.).

В электрическом поле выявляется приуроченность Рыбинской рудной зоны и Боголюбовского месторождения к аномальной зоне субмеридионального простирания интенсивностью до 1000 Ом.м и более. Эта зона по характеру электрического поля неоднородна и подразделяется на две части: северную и южную. Северная часть, включающая Боголюбовское месторождение, отличается значительной дифференциацией электрического поля и общим повышением среднего уровня кажущихся сопротивлений ($c_к$ от 50 до 4000 Ом.м) и изопотенциалов. Здесь широко развиты зоны окварцевания и графитизации, которые оказывают влияние на общий уровень кажущихся сопротивлений. Южная часть зоны имеет менее контрастное электрическое поле, пониженный фон кажущихся сопротивлений ($c_к$ от 50 до 750 Ом.м) и изопотенциалов, что обусловливается развитием кор выветривания, выявляющими значения $c_к$ от 50 до 100 Ом.м.

Радиационное поле над районом Боголюбовского месторождения характеризуется исключительной однородностью. На фоне поля интенсивностью 13-16 мкр/час отмечаются локальные повышения до 20-24 мкр/час, приуроченные к зонам интенсивного окварцевания и серицитизированным зальбандам кварцевых жил.

Непосредственно на площади Боголюбовского месторождения использовались следующие методы: магнитная съемка про сети 100 Х 20 м (Целыковский, Авдеевский, 1975 г.). При проведении поисково-оценочных работ в 1985-1990 на месторождении проводились работы методами ВП-СГ, ВП-ЦЭ, ЧИМ и СДВР, геофизические исследования в скважинах методами ГК, ГГК-П, РРК, СК, ЭП, а также инклинометрия и кавернометрия (Кондратенко, 1990 г.). Кроме того, в 1984-1987 гг. сотрудниками КНИИГиМС под руководством Ф.Б. Бакшта, совместно с геофизиками АГРЭ, на площади месторождения была проведена магнитометрическая съемка масштаба 1:25 000 с детализацией до 1:1000, а также электроразведка методами ЕЭП и ЕЭП и профилирование методом СДВР и в ограниченном объеме радиометрическая съемка (Бакшт, 1987 г.). В период проведения поисково-оценочных работ геофизические исследования на месторождении были ограничены проведением инклинометрии (Дорофеев, 1995г.). В связи с тем, что близкие по характеру и методикам исследования проводились в разное время, разными авторами, различной аппаратурой на различных участках, представляется целесообразным проанализировать результаты геофизических работ по отдельным методам.

Петрофизические свойства пород и руд

Выбор геофизических методов для изучения Боголюбовского месторождения основывался на различиях физических свойств вмещающих пород, кварцевых прожилково-жильных зон, кварцевых жил, зон сульфидной минерализации, зон интенсивной трещиноватости и рассланцованности, а также зон тектонических нарушений. Петрофизические свойства пород в Рыбинской зоне и на площади Боголюбовского месторождения изучены достаточно полно. Измерение физических свойств пород проводилось на образцах из горных выработок и скважин Центрального участка Боголюбовского месторождения, Попутнинского месторождения, проявлений Антониновского, Светлого и других. По данным измерения петрофизических свойств, проводившихся при ГДП-50, поисковых работах на Боголюбовском и Попутнинском месторождении (Кондратенко, 1990 г., Пустозеров, 1995 г.), работ исследовательская КНИИГиМС (Бакшт, 1987 г.) и др. вмещающие породы, рудные зоны, зоны прожилково-жильного окварцевания, трещиноватости и рассланцованности, достаточно контрастно отличаются по основным параметрам, что дает возможность для выявления оконтуривания и прослеживания по простиранию на и глубину зон золотосульфидной минерализации, выявления их морфологических особенностей и картирования тектонических нарушений. Измерения магнитной восприимчивости показали, что рудовмещающие сланцы отличаются слабой магнитной восприимчивостью (от 0.05 до $0.3x10^{-3}$ ед. Си), в то время как в сульфидизированных сланцах с тонкими кварц-карбонатными прожилками она увеличивается до $1,3x10^{-3}$ ед. Си, а богатые пиритовые руды и кварцевые жилы, практически, не магниты. Сильно выветрелые сланцы на контактах с последними показывают повышенную магнитную восприимчивость до $4,0x10^{-3}$ ед. Си. Поляризуемость горных пород в пределах Боголюбовского рудного поля изменяется в широких пределах от 0,3 до 10%. Аномальные значения поляризуемости от 2 до 10%, характерны для первичных сульфидизированных пород, не затронутых процессами выветривания и окисления. Фоновая поляризуемость вмещающих пород на месторождении не превышает 0,5%. В зонах гипергенеза породы характеризуются пониженными значениями поляризуемости. По электропроводности ($c_э$) на Боголюбовском месторождении выделятся три группы пород. Собственно рудные зоны и тела с золото-сульфидной минерализацией контролируются снижением электросопротивления, причем тем существеннее, чем больше скопления сульфидов. Однако, на $c_к$ разреза значительное влияние оказывают процессы окварцевания и графитизации. В первом случае наблюдается увеличение $c_к$, во втором – снижение. Модальные значения плотности вмещающих пород в пределах Боголюбовского рудного поля изменяются в пределах 2,6-2,8 г/см³. Плотность первичных оруденелых пород существенно выше и, в среднем, составляет 3,0 г/м³, при максимальных значениях в рудных телах 3,8 г/см³. Наиболее низкие значения плотности характерны для пород, затронутых гипергенными изменениями. Магнитные свойства определялись на магнитометре МАЛ-036, массовые определения были выполнены с помощью каппаметра КТ-5, поляризуемость определялась на приборе ЭСК с приставкой и станцией СПВ-

74, плотность – гидростатическим взвешиванием на весах ВНЦ-200. Рассмотренные выше различия в петрофизических свойств разреза обуславливают возможность применения различных геофизических методов. Однако, наибольшую дифференциацию они имеют по электрическим свойствам, что обусловило применение методов электроразведки в качестве ведущих. Основные сведения о физических свойствах пород Боголюбовского месторождения приведены в таблице 3.108.

Наземные геофизические работы

Электроразведочные работы

Метод ВП-ЦЭ

Работы методом ВП-ЦЭ проводились с целью определения размеров и формы поляризующихся тел и прослеживания их по простиранию и на глубину. Электропрофилирование было выполнено аппаратурой ВП-Ф с параметрами установки: АБ=6000 м (линия "бесконечность"), АО=500 м; А=100 м, шаг М=20 м; f – 1,2 Гц. Обработка результатов по этим профилям проводилась с использованием ЭВМ ЕС-1035 по методике интерпретации точечных зондирований, предложенной В.А. Комаровым. В поле интенсивности кажущихся сопротивлений известные рудные зоны и тела выделяются по незначительному понижению интенсивности кажущегося сопротивления на фоне общего высокого кажущегося сопротивления. Не исключено, что некоторая часть аномалий повышенной интенсивности $\eta_к$ и пониженных значений $c_к$ может быть вызвана повышенной графитизацией пород.

Метод ВП-СГ

Электроразведочные работы методом ВП с установкой срединного градиента выполнялись станцией ВП-Ф по сети 50 Х 10 м, на частоте f- 1,2 Гц, при длине питающей линии 1200, 1600 м. Цель постановки метода заключалась в выявлении и оконтуривании объектов с аномальной поляризуемостью и картировании разрывных нарушений. Основным критерием для выделения поляризующихся объектов является превышение величин $\eta_{вп}$ в 2-3 раза над нормальным фоном, который в пределах Боголюбовского месторождения составляет 0,3-0,5%. Результаты измерения методов ВП-СГ представлены в виде карт-графиков и изолиний $\eta_{вп}$, $c_{ц}$. Известным рудным зонам и телам соответствуют повышенные значения $\eta_{вп}$. Для месторождения, в целом, выявлена слабая дифференциация значений $c_{ц}$ и η. Методом ВП-СГ рудная зона уверенно прослеживается в интервале профилей 13,0-20,5. В районе канавы 33 она, вероятно, раздваивается на северную и южную. Южная ветвь отличается большей интенсивностью аномалии и, следовательно, более высокой сульфидной минерализацией. В районе профилей 13,5-13,0 и 14,0 14,5 выявлены тектонические нарушения и более интенсивная сульфидная минерализация. Максимальные значения $\eta_{вп}$ установлены на профиле 15,0. Восточнее профиля 20,5 интенсивность и контрастность аномалий $\eta_{вп}$ снижается. За пределами рудной зоны выявлены локальные аномалии $\eta_{вп}$ субширотной ориентации, представляющие поисковый интерес. Субмеридиональная ориентировка профилей позволила достоверно выделить лишь зоны окварцевания субширотного простирания.

Методы ЕЗП и ПЕЗП

Электроразведочные работы методом естественного электрического поля и переменного естественного электрического поля были проведены сотрудниками КНИИГМС под руководством Ф. Б. Бакшта (1987 г).

Электроразведкой методом естественного электрического поля установлено, что район Боголюбовского месторождения располагается в пределах региональной Рыбинской аномальной зоны субмеридиональной ориентировки. Эти аномалии большой интенсивности (до –600 мВ) непрерывно прослеживаются от устья р. Киргитей на юге до пос. Раздолинск на севере. На их фоне отчетливо выделяются аномалии второго порядка, меньшей интенсивности (около 100-200 мВ), имеющие ясно выраженную околоширотную ориентировку. На фоне последних аномалий выделяются многочисленные мелкие аномалии интенсивностью в десятки мВ, имеющие размеры до 100 м в поперечнике. Крупные аномалии ЕЗП, как правило, совпадают с повышенными значениями магнитного поля. Связь мелких аномалий ЕЗП с магнитными аномалиями устанавливается не всегда. Однако, участки сложного электрического и магнитного поля часто совпадают. Электроразведка методом переменного естественного электрического поля также свидетельствует о значительной неоднородности геологического строения месторождения, большой анизотропии толщ, вызванной рядом субширотных зон, имеющих мощность порядка нескольких сотен метров. Контрастность электрических свойств обусловливает большую амплитуду аномалий ПЕЗП, достигающую 8,0 ед. при фоне 1.0 ед. Притизированные и графитизированные филлиты фиксируются низкими значениями поля м. Субширотные контакты этих толщ (сульфидизированные зоны окварцевания) уверенно прослеживаются по максимумам ПЕЗП до 8 ед. Природа аномалии ЕЗП и ПЕЗП связывается с зонами повышенной электропроводности, вызванными зонами рассеянной сульфидной минерализации.

Метод СДВР

Работы методом СДВР выполнялись с целью поисков

Таблица 3.108

Физические свойства пород Боголюбовского месторождения (по данным Ф.Б. Бакшта, 1987 г.)

Порода	Кол-во образцов	Статистические характеристики	Физические параметры				
			ж 10^{-3} ед. Си	I п 10^{-3} ед. Си	Q ед. Си	σ кг/см^3	R, %
Филлиты неизмененные (керн)	75	минимум	0	0	0	2,76	0,1
		максимум	0,50	5,2	0,79	3,07	5,9
		среднее	0,23	1,87	0,23	2,88	0,8
Филлиты с сульфидами из рудных зон	46	минимум	0,05	-	-	2,48	-
		максимум	1,55	-	-	3,93	-
		среднее	0,35	-	-	3,08	
Филлиты околорудные	239	минимум	0,02	-	-	-	-
		максимум	1,92	-	-	-	-
		среднее	0,42	-	-	-	-
Филлиты выветрелые	25	минимум	0,02	0	0	2,43	0,7
		максимум	1,48	1092,0	62,0	3,28	13,3
		среднее	0,17	13,92	4,8	2,6	1,4

и прослеживания кварцевых жил, локальных зон проводимости и маломощных проводящих пластов, оконтуривания участков с повышенной мощностью рыхлых отложений, которым, зачастую, соответствуют зоны дробления и рассланцевания. В работе использовалась аппаратура СДВР-4, радиостанция с частотой 17,44 кГц (Кондратенко, 1990 г.) и 11,9 кГц (Бакшт, 1987 г.). Результаты проведения измерений представлялись в виде карт графиков горизонтальной составляющей магнитного поля (Н), вертикальной составляющей магнитного поля (H_z) горизонтальной составляющей электрического поля $E_г$ и импеданса – отношения горизонтальной составляющей электрического поля $E_г$ к Н. Для комплексной интерпретации полученных данных использовалась информация об относительном изменении поля сопротивлений по величинам Н, H_z и Z, с учетом влияния рельефа местности на величину Н. По данным метода СДВР оконтурены участки с повышенной мощностью рыхлых отложений, приуроченные к долинам ручьев и склонам, менее уверенно выделяются зоны проводимости, которые, соответствуют зонам дробления и рассланцевания.

Метод ЧИМ

Метод частичного извлечения металлов основан на изучении легкоподвижной формы металлов электрическим токам во вторичных ореолах рассеяния. Сущность его заключается в растворении комплекса металлов электрическим током и переносе продуктов растворения в электрическом поле. Наблюдения методом ЧИМ проводились станцией ЧИМ-10, смонтированной на базе автомобиля ЗИЛ-131. Количество элементоприемников одной установки равнялось 28, расстояние между профилями - 20 м, длина профиля составляла 540 м. Элементоприемники, в зависимости от строения почвенно-растительного слоя, устанавливались на глубине 15-25 см. В пределах Боголюбского месторождения было проложено 6 п. км профилей ЧИМ субмеридиональной ориентировки и отобрано 300 проб.

Работы методом ЧИМ, проведенные на Боголюбовском месторождении, показали его низкую эффективность при поисках коренных месторождений золота. Отрицательные результаты работы метода, даже над известными рудными зонами с небольшой мощностью наносов, обусловлены высоким электросопротивлением пород, практически полной обезвоженностью верхней части разреза и повсеместным присутствием золота в ореолах рассеяния в пределах почвенно-растительного слоя и в элювиально-делювиальных отложениях, а также невозможностью учета вклада золотоносности россыпного и коренного типа в выявленных аномалиях.

Магниторазведка

По результатам детальной магнитометрической съемки, выполненной Ф. Б. Бакштом, магнитное поле над площадью Боголюбовского месторождения характеризуется присутствием аномалий трех типов (Бакшт, 1987 г.):

1. Сравнительно обширные в плане, размерами от 0,3 до 1,5 км, с небольшими градиентами, интенсивностью от 100 до 300 нТл;

2. Узкие, размерами от 2 до 20 м, линейные аномалии, ориентированные в широтном направлении, протяженностью от 5 до 150 м, интенсивностью до 100 нТл;

3. Точечные аномалии с размерами в плане первые метры, интенсивностью от 5 до 25 нТл.

Аномалии первого типа вытягиваются в цепочки, ориентированные в субширотном направлении, что отчетливо отражается на плане изолиний ΔТа (рис. 3.100). Аномалии второго и третьего типа объединяются в субмеридиональные зоны шириной до 200 м. Последние выделяются только при детальной съемке по сети 10х2 м (рис. 3.101). Глубина залегания аномалий 1 типа оценивается в 50-100 м, аномалии 2 и 3 типов являются близповерхностными. Ф.Б. Бакшт полагает, что аномальные зоны и отдельные аномалии фиксируют положение выходов на поверхность объектов, обогащенных сульфидами (пирит, пирротин и др.). Разрывным структурам соответствуют линейно вытянутые аномалии магнитного поля с повышенными градиентами значений (Бакшт, 1987 г., Кондратенко, 1990 г.).

Радиометрические исследования

Обычная и маршрутная гамма-съемка проводилась с целью выявления гамма аномалий и выявления их связи с другими геофизическими полями и рудными объектами. В работе применялись приборы СП-4, и СРП-68-01. Шаг съемки составлял 5-20 м. Специальные исследования проводились с целью выявления активных вод и установления их природы. По радиоактивности площадь месторождения достаточно однородна. На фоне 13-16 мкр/час отмечаются локальные повышения до 20-24 мкр/час, приуроченные к зонам интенсивного окварцевания и серицитизированным зальбандам кварцевых жил в отдельных канавах. На задернованных участках аномальные значения гамма-фона не выявляются. Вблизи скважины 189, в долине руч. Боголюбовского обнаружены 4 восходящих источника слабо радиоактивных вод радоновой природы. Активность воды в источниках составляет 16-18 мкр/ч (1,3 пА/кг), при фоне 9-13 мкр/ч (0,65-0,95 пА/кг).

Геолого-геофизические разрезы Боголюбовского месторождения приведены на рис. 3.102.

Геофизические исследования в скважинах

Геофизические исследования в скважинах проводились Мотыгинским каротажным отрядом Южной геофизической экспедиции с целью частичного литологического расчленения разреза, выявления радиоактивной минерализации, выделения рудных зон и тел по характеру распределению минералов спутников золота – пирита и арсенопирита, определения траектории и состояния стенок скважин, зон дробления и выветривания. На Боголюбовском месторождении был использован следующий комплекс ГИС: гамма-каротаж (ГК), гамма-гамма каротаж плотности (ГГК-П), рентген-радиометрический каротаж (РРК), каротаж скользящих контактов (СК), каротаж электродных потенциалов (ЭП), инклинометрия и кавернометрия. Объемы выполненных работ приведены в таблице 3.109.

Геофизические исследования в скважинах выполнялись с использованием каротажных станций СК-1-74 и СК-0,4. Запись каротажных диаграмм велась в масштабе 1:200. Интерпретация данных ГИС производилась на основании различий горных пород по радиоактивности и электрическим свойствам. По диаграммам КС и СК выделялись интервалы с аномально высокой проводимостью, характеризующиеся низкими значениями кажущегося удельного сопротивления и повышенными значениями тока на кривой КС. По диаграммам ЭП выделялись интервалы с повышенной электронной проводимостью, отвечающие зонам с сульфидной минерализацией. На кривой ЭП аномальные интервалы уверенно фиксируются резкими положительными "пиками". Рентген-радиометрический каротаж проводился с целью выявления интервалов распространения арсенопирита, как минерала спутника золота. Возбуждение характеристического излучения осуществлялось источником Кадмий-109. Гамма-каротаж выполнялся с целью частичного литологического расчленения разреза.

Кварцевые жилы и зоны окварцевания выделяются

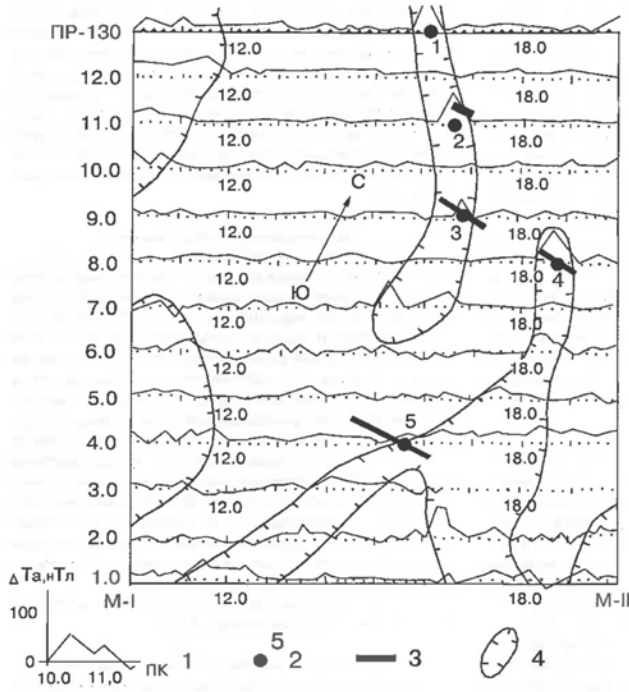


Рис. 3.100. План графиков ΔTa над Боголюбовском месторождением
1 – графики ΔTa; 2 – эпицентры магнитных аномалий и их номера; 3 – оси околоширотных аномалий, вызываемых зонами лимонитизации и гетитизации на выходах предполагаемых зон кварц-сульфидного прожилкования; 4 – зоны лимонитизации над выходами сульфидизированных зон кварцево-жильного прожилкования по данным магниторазведки (слабо положительное поле) (По данным А.М.Кондратенко, 1984 г. и Ф.Б. Бакшта, 1986 г.)

на кривых ГК аномально низкими значениями естественной радиоактивности и аномально высокими значениями кажущегося удельного сопротивления. Средневзвешенные значения для филлитовидных сланцев составляет 18,7 мкр/ч; кварца – 9,2 мкр/ч. Зоны дробления и повышенной трещиноватости довольно уверенно выделяются методом ГГК-П, кавернометрией и по рассеянию излучения РРК. Проведение инклинометрии позволило оперативно определять и корректировать траекторию скважин в процессе бурения. Наименее информативным оказался метод СК, так как характер кривых СК в значительной степени обусловлен наложенными эффектами от зон сульфидизации и разуплотнения пород. Наиболее эффективные результаты при выделении рудоносных интервалов получены при совместном использовании и интерпретации методов РРК и ЭП в интервале глубин 120-280 м. Радиоактивных аномалий, заслуживающих внимания, не выявлено.

Вещественный состав и технологические свойства руд

Технологические исследования руд Боголюбовского месторождения проводились на стадии поисковых работ в 1980-1985 гг. (Кондратенко, 1990 г.). В стадию проведения поисково-оценочных работ технологические исследования руд остались незавершенными. Изучение технологических свойств руд и их минералого-петрографических характеристик проводилось в Забайкальском комплексном научно-исследовательском институте по двум лабораторным пробам: ТП-1 – окисленные руды и ТП-2 – первичные руды с целью изучения вещественного состава и разработки схем обогащения золотосодержащих руд Боголюбовского месторождения. Максимальная крупность каменного материала составила 70 мм (Кондратенко, 1990 г.).

Технологическая проба ТП-1 весом 433 кг была отобрана из полотна канавы № 34. Материал отобран в интервале 120-150 м бороздой 5х10 см и представлен интенсивно окисленными тонкопрокварцованными лимонитизированными сидеритсодержащими кварц-хлотрит-серицитовыми сланцами удерейской свиты. Проба характеризует средний состав золотосодержащих руд зоны окисления Боголюбовского месторождения. Среднее содержание золота в пробе составляет 4,7 г/т, по месторождению 5,8 г/т. Содержание сульфидов при этом составляет 0,6-0,8%. По данным минералогического анализа протолочек из кварцевых жил и лимонитизированных пород устанавливается, что основные рудные минералы пробы представлены псевдоморфозами лимонита по пириту (до 80%), единичными зернами пирита кубической формы и скородитом. В акцессорных количествах присутствуют: апатит, магнетит, ильменит, лимонит, пирротин, галенит, рутил, марганцевые минералы. Самородное золото мелкое, встречается в количестве от 1 до 12 знаков размерами до 0,1 мм. Для него характерна дендритовидная, реже каплевидная форма.

Технологическая проба ТП-2 отобрана из скважины № 35 в интервале 58,5-186,0 м и характеризует средний состав первичных руд Боголюбовского месторождения. Материал пробы представлен тонкопрокварцованными сульфидизированными сидеритсодержащими сланцами удерейской свиты. Максимальная крупность каменного материала составила 70 мм. Среднее содержание золота в пробе составляет 9,79 г/т. По данным минералогического анализа протолочек установлено, что основные рудные минералы представлены пиритом (90-95 %) и арсенопиритом (до 10 %). Самородное золото встречается в количестве от 1 до 12 знаков, размерами до 0,1 мм. Для него характерна неправильная и дендритовидная фор-

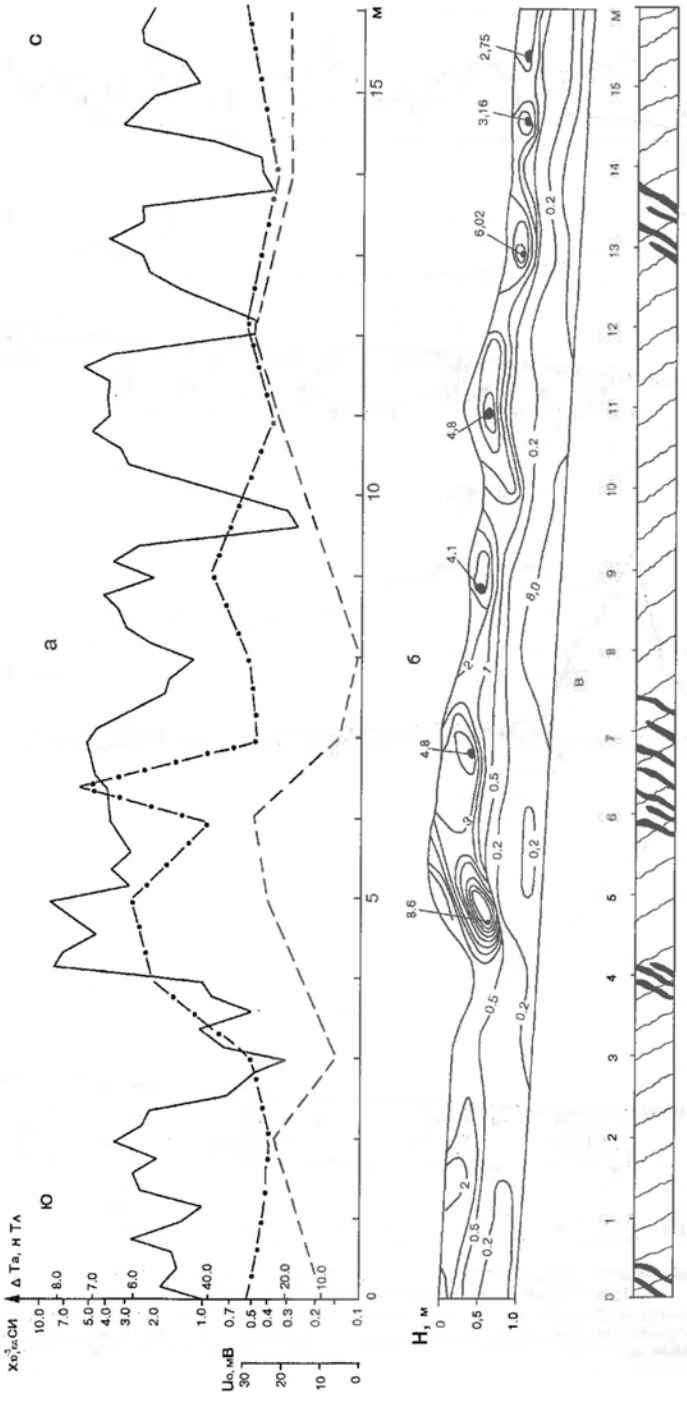


Рис. 3.101. Результаты геофизических исследований на Боголюбовском месторождении: Магнитная аномалия №2, канава 40. (По материалам Б.Ф. Бакшта, 1986 г.)
а – графики: 1 – ΔTa; 2 – Uc; 3 – æ (на глубине 30 см); б – разрез æ по западной стенке: 4 – изолинии æ, проведенные через точки со значениями 0,2; 0,5; 1,0; 2,0,... 3,0х10⁻³ ед. СИ; 5 – эпицентры аномалий æ и их значения; в – схематизированная зарисовка полотна канавы: 6 – сланцы филлитизированные; 7 – кварцевые прожилки

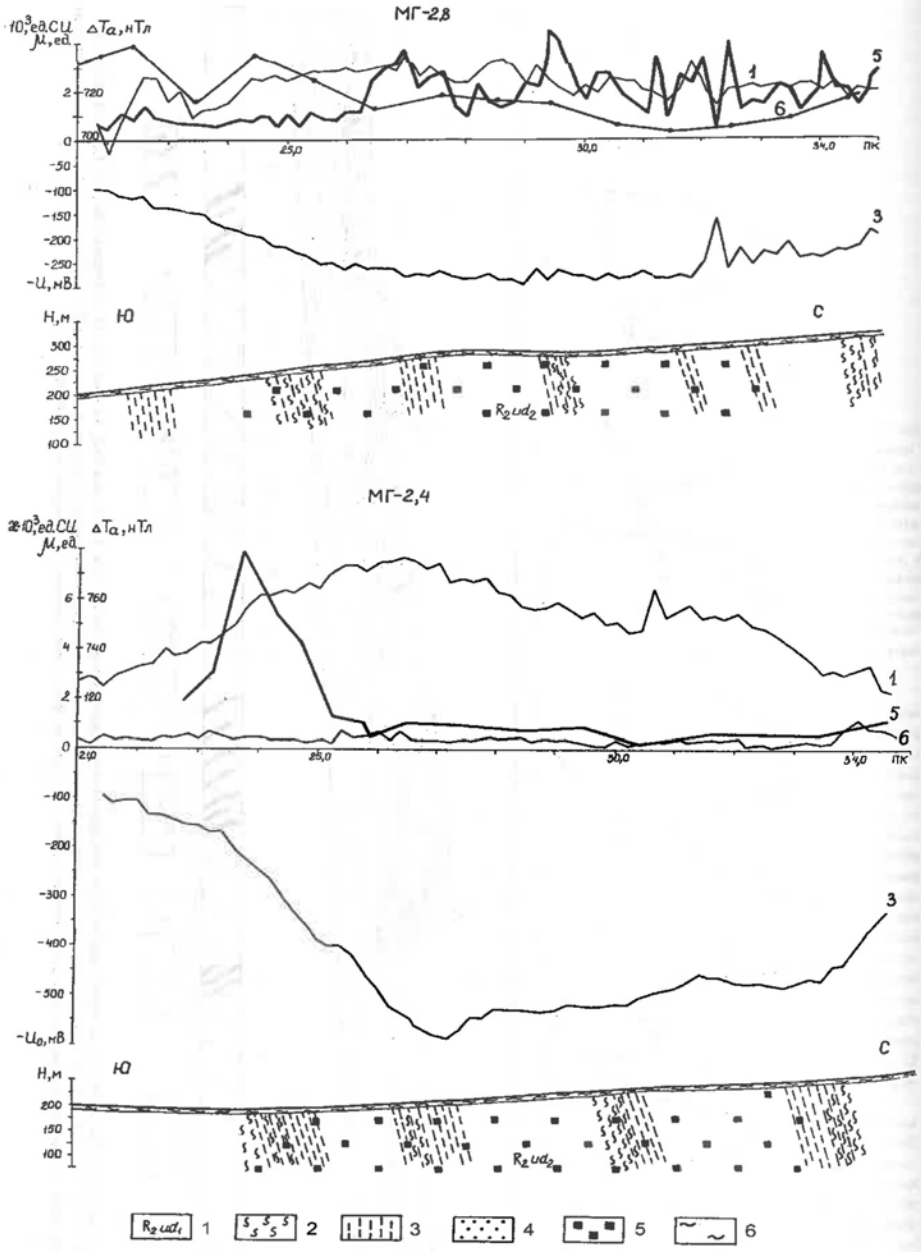


Рис. 3.102. Геолого-геофизические разрезы Боголюбовского месторождения. Составлено по материалам АРГЭ (Целыковский, 1986; Кондратенко, 1990; Бакшт, 1987)

1 – сланцы филлитизированные удерейской свиты; 2 – кварцевые жилы,зоны окварцевания; 3 – зоны дробления и трещиноватости; 4 – зоны лимонитизации; 5 – сульфидная минерализация, предполагаемая по геофизическим данным; 6 – четвертичные отложения. Графики: 1 – T_a, 2 – концентрация золота по данным ЧИМ; 3 – Uo, 4 – rO и r_x по данным СДРВ и ДЭП; 5 - с по данным каппаметрии; 6 – по данным ПЕЭП

Таблица 3.109

Объемы выполненных ГИС

Стадия работ, отв. исполнитель	Объем бурения	Методы каротажа, п.м. / охват %							Ср. выход керна, %
		ГК.	ГГК-П	РРК	СК	ЭП	Инкл.	Каверн.	
Поисковые работы, Кондратенко, 1986-1990	14541,1	13456 89,3	10286 68,2	1983 13,2	3641 24,1	4582 30,3	14262 98,1	9590 63,6	88
Поисково-оценочные работы, Дорофеев, 1990-1995	13120	-	-	-	-	-	13120 98		75-95

ма. В акцессорных количествах присутствуют ильменит, магнетит, пирротин, апатит, рутил, циркон, сфалерит, галенит, тетраэдрит, джемсонит, ульманит, кобальтин, халькозин, антимонит и минералы марганца.

Для изучения вещественного состава проб проведены полный химический, спектральный полуколичественный, пробирный, фазовый и ситовой виды анализы. Минеральный состав руд изучался под микроскопом в аншлифах и искусственных брикетах с целью выявления форм нахождения золота в исходных рудах и характера взаимосвязи основных рудных и нерудных минералов. Дробленная руда, начиная с класса - 2,5 мм и тоньше, изучалась под бинокулярной лупой с применением иммерсионных жидкостей и микрохимических реакций. Основные характеристики руд приведены в таблицах 3.110-3.113.

Таблица 3.110

Результаты химического анализа технологических проб ТП-1 и ТП-2

Компонент	Содержание, %	
	ТП -1	ТП -2
SiO_2	61,67	56,93
Al_2O_3	16,41	16,70
TiO_2	1,04	0,94
CaO	0,16	1,50
MgO	0,16	1,18
MnO	0,02	0,06
Na_2O	0,60	0,51
K_2O	3,13	3,06
P_2O_5	0,97	0,64
FeO	0,53	1,50
Fe_2O	10,69	7,92
As	-	1,3
Zn	0,009	0,034
Cu	0,009	0,015
Pb	0,005	0,05
Sb	-	0,01
S общ.	0,2	6,08
Au	4,8-5,3	9,0
Ag	1,0	0,2

Как видно из приведенных таблиц распределение золота по классам крупности пробы ТП-1 неравномерное: более 50 % золота находится в классе – 2,0 + 0,63 мм и около 20 % золота находится в тонком классе. В пробе ТП-2 более 50 % золота сосредоточено в классе – 2,0 + 1,0 мм, в остальных классах крупности дробленой руды золото распространено относительно равномерно, что вполне характерно руд подобного типа. При этом более 80 % золота находится в сульфидах, основная часть которых представлена пиритом (с ним связано 62 % золота) и арсенопиритом (в нем 18 % золота).

Результаты изучения вещественного состава показали, что руда технологической пробы ТП-1 относится к убогосульфидному окисленному типу. Промышленную ценность в окисленной руде составляет самородное золото, основная часть которого находится в сростках с другими минералами. Традиционным способом переработки руд данного технологического типа является прямое цианирование исходной руды. Наличие в руде свободного золота и золота, связанного с сульфидами, обуславливает необходимость испытания на данной руде флотационного метода обогащения. Руда технологической пробы ТП-2 относится к сульфидному золото-кварцевому типу. Промышленную ценность в руде представляет золото, более 80 % которого по данным фазового анализа в виде тонкодисперсных частиц заключено в сульфидах. Переработка таких руд обычно заключается в их коллективной флотации с получением золото-мышьяково-пиритового концентрата.

Технологические исследования пробы ТП-1 (окисленные руды). Результаты флотации исходной руды пробы ТП-1, при различной крупности измельчения и стандартных реагентных режимах, выявили низкую эффективность процесса флотации. Максимальное извлечение золота в концентраты основной флотации составило 37,3%, контрольной флотации 16,1% при крупности измельчения 97% класса минус 0,0074 мм. Результаты флотации при различной крупности измельчения исходной руды показаны в таблице 3.114.

Основные потери золота при флотации обусловлены нахождением его в сростках с нерудными минералами, окислами железа и присутствием шламовой примеси.

В ходе дальнейшего изучения технологических свойств окисленных руд были проведены эксперименты по прямому цианированию исходной руды в различных вариантах с целью достижения максимального извлечения золота в раствор. Наиболее рациональным способом переработки оказался способ прямого сорбционного цианирования с использованием ионообменной смолы или активированного угля. Сравнительные показатели обычного цианирования и цианирования с использованием ионообменной смолы марки АМ-2Б и активированного угля марки БАУ приведены в таблице 3.115. Таким образом, анализ проведенных технологических испытаний окисленных руд Боголюбовского месторождения дает основание рекомендовать для их переработки метод цианирования с использованием сорбционных технологий. В лабораторных условиях данная методика сорбционного цианирования с применением ионита АМ-2Б обеспечивает извлечение золота 94,8 %, с применением активированного угля марки БАУ 93,3 %. При этом следует добавить, испытания окисленных руд методом гравитационного обогащения с применением концентрационных столов и аппаратов типа "Кнельсон" не проводились.

Технологические исследования пробы ТП-2 (первичные руды). Проба для изучения технологических свойств первичных руд была отобрана из скважины № 35. Ее вес составил 370,6 кг. Методика исследования пробы ТП-2 предусматривала испытание гравитационных методов обогащения, коллективной флотации исходной руды и разработку технологии переработки сульфидного золотосодержащего концентрата.

Гравитационное обогащение

Гравитационное обогащение первичных руд во многих случаях является эффективным методом извлечения мелких частиц золота, особенно имеющих поверхностные

Таблица 3.111

Результаты полуколичественного спектрального анализа технологических проб ТП-1 и ТП-2

Элемент	Содержание, %		Элемент	Содержание, %	
	ТП -1	ТП -2		ТП -1	ТП -2
Серебро	0,00005	0,0005	Литий	0,003	0,005
Мышьяк	0,5	1,0	Молибден	0,0005	0,0001
Золото	-	0,001	Марганец	0,03	0,1
Барий	0,03	0,02	Никель	0,002	0,002
Бериллий	0,002	0,002	Ниобий	0,001	0,001
Висмут	0,0001	0,0001	Свинец	0,005	0,003
Кобальт	0,001	0,003	Олово	0,0003	0,0003
Медь	0,01	0,007	Скандий	0,003	0,002
Хром	0,007	0,005	Сурьма	0,007	0,007
Церий	0,007	0,007	Титан	0,5	0,3
Кальций	0,02	0,5	Ванадий	0,015	0,015
Железо	-	-	Вольфрам	0,002	0,002
Алюминий	-	-	Иттрий	0,05	0,02
Магний	0,2	-	Иттербий	0,0005	0,0002
Кремний	-	-	Цинк	0,015	0,02
Галлий	0,002	0,0015	Торий	0,003	0,003
Германий	0,0001	0,0001			
Лантан	0,005	0,005			

Таблица 3.112

Распределение золота в продуктах ситового анализа дробленой руды

	ТП -1				ТП -2		
Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение, %	Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение, %
-2,0+1,0	31,2	5,8	33,3	-2,0+1,0	33,0	8,0	31,9
-1,0+0,63	17,2	7,6	24,1	-1,0+0,63	19,8	8,8	21,0
-0,63+0,40	8,2	5,6	8,5	-0,63+0,40	11,0	7,9	10,5
-0,40+0,20	8,2	5,6	8,4	-0,40+0,20	11,5	7,2	10,0
-0,20+0,10	5,0	5,2	4,8	-0,20+0,10	6,5	6,6	5,2
-0,10+0,074	2,0	0,13	0,1	-0,10+0,074	2,7	6,0	2,0
-0,074+0,040	1,3	5,5	1,3	-0,074+0,040	3,0	25,9	9,4
-0,040+0,030	0,8	3,5	0,5	-0,040+0,030	0,5	19,2	1,1
-0,030+0,020	1,3	3,8	0,9	-0,030+0,020	0,7	21,5	1,8
-0,020	24,8	4,2	19,1	-0,020	11,3	5,2	7,1
Исходная руда	100,0	5,4	100,0	Исходная руда	100,0	8,3	100,0

Таблица 3.113

Формы нахождения золота в руде проб ТП-1 и ТП-2

Форма золота в руде пробы ТП-1	Распределение		Форма золота в руде пробы ТП-2	Распределение	
	г/т	%		г/т	%
Золото свободное с чистой поверхностью	0,66	12,1	Золото свободное	0,28	3,46
Золото в сростках (извлекается цианированием)	4,40	80,9	Золото в сростках (извлекается цианированием), в т.ч. с чистой поверхностью покрытое пленками	0,8 0,7 0,1	9,90 8,70 1,20
Золото в сульфидах	0,27	5,0	Золото в сульфидах, в т. ч с мышьяковистыми минералами с пиритом и халькопиритом	6,5 1,5 5,0	80,46 18,57 61,89
Золото в кислоторастворимых минералах	0,05	0,9		-	-
Золото в породе	0,06	1,1	Золото в породе	0,5	6,18
Исходная руда	5,44	100,0	Исходная руда	8,08	100,0

покрытия. Проведенные исследования на первичной неклассифицированной руде крупностью – 2 мм, свидетельствуют о низкой эффективности этого метода. Полученный концентрат характеризуется низким извлечением золота. Результаты гравитационного обогащения приведены в таблице 3.116.

Флотационное обогащение

Флотационные испытания проводились с использованием наиболее распространенных реагентов, применяющихся в практике флотации золотосодержащих сульфидных руд. По результатам проведенных опытов установлены следующие оптимальные условия основной и контрольной флотации (табл. 3.117).

С целью снижения выхода концентрата, подлежащего дальнейшей переработке, рекомендуется введение операции перечистки без подачи реагентов с возвращением продуктов перечистки в голову процесса. Технологическая схе-

Таблица 3.114

Результаты флотации руды пробы ТП-1

Крупность измельчения, % класса минус, 0,074 мм	Наименование продукта	Выход, %	Содержание золота, г/т	Извлечение золота, %
79,8	Концентрат основной флотации	6,8	22,0	26,6
	Концентрат контрольной флотации	10,0	8,0	14,2
	Хвосты	80,2	4,0	59,2
	Исходная руда	100	5,6	100,0
85,5	Концентрат основной флотации	7,0	21,3	28,4
	Концентрат контрольной флотации	11,4	7,2	15,6
	Хвосты	81,6	3,6	56,0
	Исходная руда			
94,0	Концентрат основной флотации	79	24,8	36,6
	Концентрат контрольной флотации	12,6	6,7	15,8
	Хвосты	79,5	3,2	47,6
	Исходная руда	100,0	5,4	100,0
97,0	Концентрат основной флотации	8,6	23,8	37,3
	Концентрат контрольной флотации	13,8	6,4	16,1
	Хвосты	77,6	3,3	46,6
	Исходная руда	100,0	5,5	100,0

Таблица 3.115

Сравнительные показатели цианирования исходной окисленной руды пробы ТП-1

Условия опыта	Продолжительность цианирования, час														
	Цианирование без сорбентов					Цианирование с ионитом АМ-2Б					Цианирование с активир. углем марки БАУ				
	2	4	8	16	24	2	4	8	16	24	2	4	8	16	24
Массовая доля класса -0,074, %			97					97					97		
Массовая доля твердого в пульпе, %			33-34					33-34					33-34		
Концентрация цианида, г/л			1,0					1,0					1,0		
Концентрация извести, г/л			0,2					0,2					0,2		
Концентрация смолы г/т			-					0,2					10		
Содержание золота в исходной руде г/т			5,4					5,4					5,4		
Содержание золота в кеке, г/т	1,14	1,12	0,9	1,0	1,1	0,56	0,28	0,3	0,28	0,28	0,7	0,36	0,4	0,38	0,36
Извлечение золота в раствор,%	78,9	79,2	83,3	81,5	79,6	89,6	94,8	94,8	94,8	94,8	85,2	93,3	92,6	93,0	93,3

Таблица 3.116

Результаты гравитационного обогащения руды пробы ТП-2

Наименование продукта	Выход, %	Содержание золота, г/т	Извлечение золота, %
Концентрат гравитации	4,8	17,9	10,8
Хвосты гравитации	95,2	7,5	89,2
Исходная руда	100	8,0	100,0

Таблица 3.117

Оптимальные параметры основной и контрольной флотации

Основные условия и реагенты	Основная флотация	Контрольная флотация
Крупность измельчения	94-95 % - 0,074	
Регулятор среды (соляная кислота)	pH =5	
Собиратель (ксантогенат бутиловый)	0,15 кг/т	0,05 кг/т
Активатор (медный купорос)	0,15 кг/т	-
Вспениватель (сосновое масло)	0,8 кг/т	0,04 кг/т
Продолжительность, (мин.)	6	10

ма с возвращением продукта перечистки и концентрата контрольной флотации в голову процесса обеспечивает стабильные результаты: выход коллективного концентрата – 15,07 %, содержание золота в отвальных хвостах – 0,32%. Схема флотации первичных руд показана на рис. 3.103.

Рис. 3.103. Принципиальная схема флотации первичных руд

Характеристика коллективного флотоконцентрата, полученного в условиях замкнутого процесса приведена в таблице 3.118.

Анализ коллективного концентрата показывает, что более 80 % золота находится в сульфидах. Основная его часть, около 62 %, связана с пиритом и около 18 % с арсенопиритом. Остальная часть золота находится в сростках с кварцем, обломками породы, в меньшей степени, гидроокислами железа. Практика переработки сульфидных золотосо-

Таблица 3.118

Характеристика коллективного флотоконцентрата первичных руд
Переработка флотационного коллективного концентрата

Наименование продукта	Выход, %	Содержание золота, г/т	Содержание мышьяка, %	Содержание серы, %	Извлечение золота, %
Коллективный концентрат	15,07	52,2	9,0	39,2	96,7
Хвосты	84,93	0,32	-	-	3,3
Исходная руда	100,0	18,4	-	-	100,0

держащих концентратов с высоким процентом золота, связанного с сульфидами (в пирите и арсенопирите), свидетельствует о значительных трудностях, связанных с извлечением золота из концентратов. Наиболее распространенным методом переработки таких концентратов является цианирование. Опыты по прямому цианированию в стандартных условиях, проведенные при различной крупности измельчения концентрата и различном времени выщелачивания, свидетельствуют о высокой степени упорности концентрата. Полученные результаты не удовлетворяют требованиям. Максимальное извлечение составило 53,0 %.

Результаты опытов по прямому выщелачиванию приведены в таблице 3.119.

Таблица 3.119

Результаты прямого цианирования флотоконцентрата пробы ТП-2 при различной крупности измельчения

Условия испытания	Крупность измельчения, % кл. – 0,074 мм			
	85,5	96,4	98,4	99,6
Продолжительность выщелачивания, час	24			
Массовая доля твердого в пульпе, часть	3:1			
Цианистый натрий г/л	1,9			
Известь, г/л	0,2			
Расход цианида, кг/т	2,25	2,70	2,85	3,60
Содержание золота, г/т:				
в концентрате	52,2			
в кеке цианирования	35,8	24,8	24,71	24,52
Извлечение золота в раствор, г/т	31,4	53,5	52,7	53,0

Наиболее эффективным методом вскрытия дисперсного золота, ассоциированного с сульфидами (пиритом и арсенопиритом), является окислительный обжиг. При термической обработке золотосодержащих сульфидов происходит изменение структуры минеральных зерен, образуются трещины и микропоры, позволяющие цианистым растворам проникать внутрь зерен и растворять тонкие включения золота. В результате проведения серии экспериментов было предложено три варианта технологических схем: 1. Двухступенчатый окислительный обжиг концентрата, щелочная обработка огарка, цианирование огарка. 2. Двухступенчатый обжиг окислительный обжиг концентрата с получением огарка, пригодного для реализации. 3. Двухступенчатое цианирование с промежуточным двухступенчатым обжигом.

Сравнительные характеристики предложенных методов приведены в таблице 3.120. Принципиальная схема обогащения первичной руды пробы ТП-2 по предложенным вариантам приведена на рис. 3.104.

Извлечение золота из упорных концентратов и применением цианидов, является эффективным, но экологически небезопасным методом переработки. Поэтому была проведена серия лабораторных испытаний с применением хлоридовозгонки. Принципиальным отличием хлоридовозгонки от окислительного обжига и цианирования является то, что данный метод предусматривает полный перевод металлического золота в летучий хлорид с последующим его улавливанием из газов в виде весьма концентрированного по металлу продукта. При постановке опытов коллективный флотоконцентрат последовательно подвергался окислительному и высокотемпературному обжигам. Выход огарка составил 73,9 %. Затем огарок подвергался высокотемпературному хлорированию в окислительной атмосфере при температуре 980 -1000 °С и продолжительности от 180 до 240 мин. В качестве хлорирующего агента использовался хлорид кальция. Опыты проводилось в печи КО-14 в шамотных противнях. Максимальное извлечение золота получено при температуре 1000 °С и продолжительности процесса 240 минут от операции составило 83,8 %, от руды 81,0 %. Полученные данные свидетельствуют о принципиальной возможности выделения золота из флотоконцентрата пробы ТП-2 методом хлоридовозгонки. Однако требуется постановка дополнительных исследований с целью определения оптимальных параметров процесса с целью повышения его эффективности и понижения содержания золота в хвостах. Результаты опытов по хлоридовозгонке приведены в таблице 3.121.

Проведенные технологические испытания золотосодержащих руд Боголюбовского месторождения показали принципиальную возможность достижения высоких показателей их переработки традиционными методами. Однако представляется необходимым проведение дополнительных исследований по разработке методов утилизации из продуктов обогащения мышьяка и серы, которые накапливаются в процессе переработки, а также проведение исследований с использованием современных экологически чистых технологий вскрытия золотосодержащих сульфидов методом бактериального выщелачивания.

Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия месторождения изучались в процессе проведения поисковых и поисково-оценочных работ (Кондратенко, 1990 г., Дорофеев, 1995 г.) и, в целом, характеризуются как простые. Выделяется три водоносных горизонта: пластовые в элювиально-делювиальных отложениях, пластово-трещинные в верхней части разреза, трещинно-жильные, вскрываемые скважинами на различных глубинах. Пластовые воды в четвертичных, элювиально-делювиальных отложениях имеют сезонный характер и образуются только в сезон интенсивного таяния снегов и в период затяжных дождей. По оценке Н.П. Дорофеева они будут представлять наиболее обильный источник поступления вод в эксплуатационный карьер до глубины горизонта 220-230 м – уровня долины ручья Боголюбовского.

Пластово-трещинные воды зоны открытой трещиноватости имеют хорошую гидравлическую связь с пластовыми водами четвертичных отложений. Они вскрываются скважинами на глубинах от 15 до 40 м и устанавливаются по изменению уровней воды в скважинах и интервалам поглощения промывочной жидкости в нижние горизонты. Мощность горизонта пластово-трещинных вод обуславливается глубиной развития эндогенной трещиноватости и изменяется от 50-70 м в центральной части месторождения до 250-300 м в западной части, где наиболее развита

Таблица 3.120

Сравнительная характеристика вариантов переработки коллективного флотоконцентрата пробы ТП-2

Двухступенчатый обжиг концентрата с получением товарного огарка		Двухступенчатый окислительный обжиг с щелочной обработкой и цианированием огарка		Двухстадиальное цианирование с промежуточным обжигом	
Условия обработки	Параметры	Условия обработки	Параметры	Условия обработки	Параметры
Окислительный обжиг:		Окислительный обжиг:		Цианирование I стадия:	
Температура обжига, (°С)		Температура обжига, (°С)		Массовая доля кл. – 0,074, %	96,4
I – стадия	500	I стадия	500		
II – стадия	650	II стадия	650	Массовая доля твердого (Т:Ж), часть	3:1
Продолжительность обжига, ч:		Продолжительность обжига, ч:		Продолжительность цианирования, ч:	24
I – стадия	2	I – стадия	2	Исходная концентрация реагентов, %:	
II –стадия	2	II стадия	2	цианистый натрий	0,185
		Выход огарка, %	70,5	известь	0,02
		Цианирование:		Остаточная концентрация, %	
		Массовая доля твердого (Т:Ж), часть	1:3	цианистый натрий	0,102
		Концентрация реагентов, %		известь	0,005
		цианистый натрий	0,2	Расход цианида, кг/т	2,49
		известь	0,02	Содержание золота в кеке после I стадии цианирования	35,0
Содержание лимитируемых примесей		Расход цианида, кг/т	1,25	Извлечение золота в раствор, %	33,0
Мышьяк, %	0,52	Продолжительность цианирования, ч	24	Двухступенчатый обжиг кека I стадии	
Сурьма, %	0,078	Содержание золота, г/т		I стадия	500
Окись алюминия, %	4,1	в огарке	74,0	II стадия	650
Содержание золота в огарке,%	74	в кеке	4,86	Продолжительность обжига, ч	
Извлечение золота, %	96,7	Извлечение золота в раствор, %	90,4	I стадия	2
				II стадия	2
				Выход огарка, %	70,5
				Содержание золота в огарке, г/т	49,5
				Щелочная обработка огарка:	
				Концентрация едкого натра, %	7,0
				Массовая доля твердого (Т:Ж), часть	3:1
				Температура раствора, °С	90
				Продолжительность обработки, час	2
				Цианирование огарка:	
				Массовая доля твердого (Т:Ж), часть	1:3
				Исходная концентрация реагентов, %	
				цианистый натрий	0,212
				известь	0,02
				Расход цианида, кг/т	1,2
				Содержание золота в огарке, г/т	49,6
				Содержание золота в кеке II стадии цианирования, г/т	3,8
				Извлечение золота от операции, %	92,3
				Извлечение золота от концентрата, %	61,9
				Суммарное извлечение золота от концентрата, %	94,9

зона развития окисленных пород. Воды этого горизонта безнапорные, питание инфильтрационное. Разгрузка горизонта происходит в долине р. Рыбной и руч. Боголюбовского. Трещинно-жильные воды связаны с зонами разрывных нарушений, дробления и рассланцевания. Этот горизонт фиксируется спорадически по изменению уровня промывочной жидкости в скважинах при бурении и по интервалам поглощения промывочной жидкости. Информация о водопритоках в штольню длиной 424 м, пройденную на горизонте +230 м, отсутствует. Расчеты ожидаемых водопритоков на различных горизонтах не проводились.

По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые, кальциево-магнезиальные, реже гидрокарбонатно-натриевые. Минерализация вод слабая, до 1 г/л, среда слабо кислая или нейтральная. Специальные исследования на пригодность подземных вод для питьевого водоснабжения не проводились.

Геолого-структурная модель

Основной пликативной рудоконтролирующей структурой Боголюбовского месторождения и Рыбнинской рудной зоны является Рыбинская антиклиналь с субмеридиональной ориентировкой оси, протяженностью более 30 км. Ядро антиклинали сложено отложениями кординской сви-

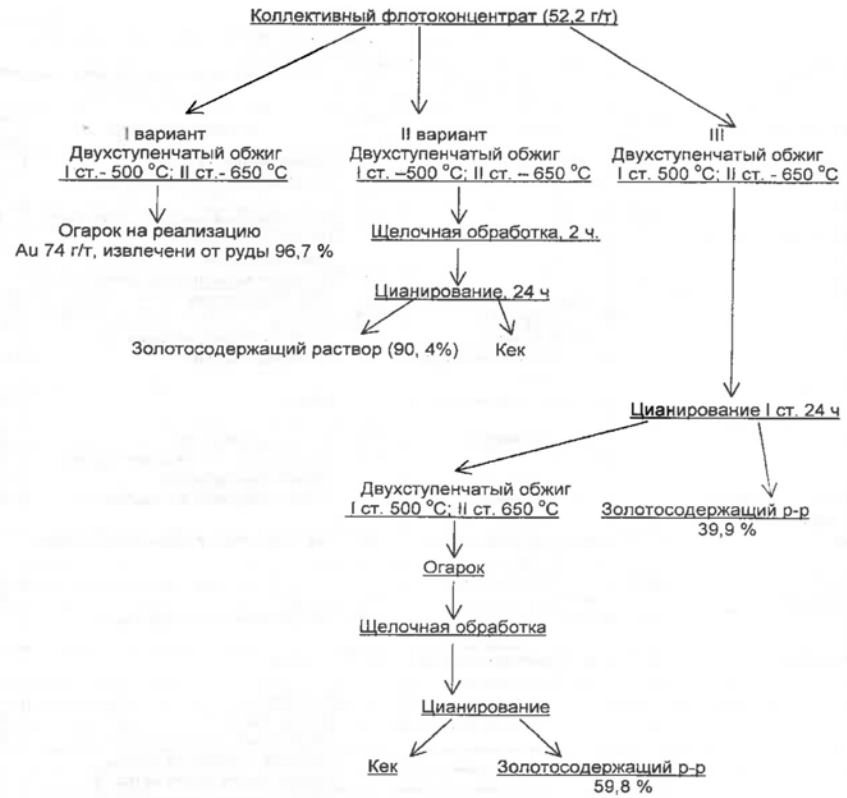


Рис. 3.104. Принципиальная схема переработки коллективного флотоконцентрата

Таблица 3.121

Результаты опытов по извлечению золота из флотоконцентрата пробы ТП-2 методом хлоридовозгонки

Навеска, г		Температура, °С	Продолжительность, мин	Выход:		Содержание золота, г/т	Извлечение, %	
Огарка	CaCl			г	%		от операции	от руды
40,0	2,0	980	180	39,8	94,7	49,4	30,28	29,3
40,0	2,0	980	180	39,9	95,0	39,4	44,25	42,8
40,0	4,0	980	180	40,13	91,2	34,5	50,9	42,5
40,0	4,0	980	180	40,0	90,9	27,0	61,70	59,7
40,0	6,0	980	180	41,63	90,51	13,6	79,92	77,3
40,0	6,0	980	180	41,77	90,80	12,3	81,80	79,1
30,0	4,5	1000	240	30,40	88,12	11,3	83,80	81,0

ты, крылья горбилокской и удерейской. Ядерная часть ее осложнена продольными разломами, прорвана небольшими телами основных и ультраосновных пород и разбита поперечными сбросо-сдвигами на отдельные блоки. Размах ее крыльев составляет не менее 10 км, амплитуда 3-4 км. Шарнир складки в северной части флексурно изогнут. Углы падения крыльев изменяются от 30-40° до 60-80°. Западное крыло антиклинали осложнено серией складок разного порядка с размахом крыльев от 0,5 до 1,5 км и протяженностью от сотен метров до нескольких километров и разбито поперечными разломами на отдельные блоки. Шарниры этих складок ориентированы в северо-восточном и широтном, значительно реже, субмеридиональном и северо-западном направлениях. Восточное крыло складки характеризуется несколько более спокойным залеганием.

В структурном плане западного крыла Рыбинской антиклинали Боголюбовское месторождение приурочено к одноименной, сильно сжатой синклинальной складке с субмеридиональной ориентировкой шарнира. Она приурочена к относительно опущенному блоку, ограниченному продольными и поперечными разрывными нарушениями. Складка асимметричная, острая, с крутым (80-85°) восточным и более пологим (70-80°) западным крылом. Длина складки достигает 5,5 км, ширина 2 км. С востока складка ограничена Рыбинским разломом. Западное ее крыло

обрезано крупным тектоническим нарушением взбросового типа амплитудой порядка 800 м. Боголюбовская синклиналь осложнена складками нескольких порядков протяженностью от первых десятков метров до первых сотен метров, имеющих субширотное, северо-западное и северо-восточное простирание осей. Наиболее крупная из них с субмеридиональной ориентировкой шарнира и пропеллеровидным западным крылом картируется в западной части месторождения, здесь же отмечается крупный горизонтальный флексурный изгиб. Более мелкие складки протяженностью в десятки метров распространены по всей площади месторождения. Достаточно часто встречаются складки с амплитудой и размахом крыльев в первые метры. Морфология складок различна и контролируется их ориентировкой. Субмеридионально ориентированные мелкие складки, как правило, сильно сжаты, имеют закрытые гиперболические замки, наиболее мелкие из них почти всегда изоклинальне, часто наблюдается плойчатость и гофрировка. Складки с северо-западной и северо-восточной ориентировкой шарниров также достаточно сильно асимметричны и сжаты. Субширотные складки на всей площади месторождения, как правило, открытые, пологие, с широкими параболическими замками и, вероятно, представляют собой плавные изгибы крыла основной структуры.

Шарнир основной рудоконтролирующей структуры погружается по азимуту 353° под углом 18-21°, осевая поверхность наклонена на запад под углом 82°, а угол между ее крыльями составляет 50-55°. Менее уверенно выделяются складки более высоких порядков. Их шарниры погружаются по азимутам 172 и 315°, под углами 65 и 40°. На геологической карте месторождения складки такой ориентировки выражаются достаточно четко, хотя их протяженность не превышает десятков метров.

Таким образом, общая структура месторождения представляет собой сильно сжатую синклиналь с субмеридиональной ориентировкой шарнира, осложненную более мелкими складками нескольких порядков и разрывными нарушениями. Пликативная структура месторождения осложнена разрывными нарушениями нескольких порядков. Наиболее крупное из них закартировано в западной части месторождения. Это субмеридиональный разлом с опущенным восточным крылом, морфологически представленный глинистой корой выветривания мощностью от 30 до 50 м, сопровождаемой с обеих сторон зонами сильно перемятых пород с гофрировкой и плойчатостью. К разрывам более высокого порядка относятся широко распространенные по всей площади месторождения зоны интенсивного рассланцевания северо-восточной и субширотной ориентировки. Они являются морфологическим выражением разрывов, совпадающих со сланцеватостью (кливажом), трещиноватостью осевой поверхности, компенсатором избыточной энергии сжатия, явившихся в последствии своеобразными зонами для рудоотложения и образования рудных тел. Зоны состоят из серии отдельных кулис, расположенных по простиранию. Мощность их варьирует от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров.

Анализ структур рудных полей показывает, что такие особенности строения характерны для многих золоторудных месторождений и проявлений Южно-Енисейского золоторудного района. Общими для них являются приуроченность к складкам продольного изгиба, в замках которых формируются зоны относительного разряжения (ЗОР), выраженные полостями отслаивания, ареалами повышенной трещиноватости пород, как правило, минерализованными. При этом масштабы ЗОР зависят от мощности деформирующих толщ, узлов наклона крыльев и, они, как правило, интенсивнее развиты в сводах синклинальных складок (Сердюк, 1984). Одним из близких примеров является модель Васильевского месторождения, в общем плане приуроченное к одноименной синклинали (Сердюк, Коморовский, 2002).

По мнению Н.П. Дорофеева, Боголюбовское месторождение расположено в краевой части предполагаемого купола гранитоидной интрузии. Формирование рудных зон происходило в результате преобразований в надкупольном пространстве, характер которых определяется при возникновении деформаций поперечного изгиба, образовании трещин раскола. Дальнейшие подвижки, по которым привели к образованию зон рассланцевания и складчатым усложнениям и формированию по ним зон золото-сульфидной минерализации и рудных тел. Рудогенерирующим источником являлась предполагаемая гранитоидная интрузия (Дорофеев, 1995 г.).

Таким образом, геолого-структурная модель Боголюбовского месторождения, представляет собой сильно сжатую синклиналь с субмеридиональной ориентировкой шарнира, осложненную более мелкими складками нескольких порядков и разрывными нарушениями. К разрывам высокого порядка относятся зоны рассланцевания, имеющие северо-восточную, субмеридиональную ориентировку, являющиеся морфологическим выражением "вязких "разрывов, совпадающих со сланцеватостью осевой поверхности и контролирующих локализацию золотого оруденения.

Поисковые признаки и критерии локализации оруденения

На основе всей совокупности геологических, геофизических и геохимических данных, полученных при изучении Боголюбовского месторождения и Рыбинской рудной зоны достаточно отчетливо выявляются вполне определенные прогнозно-поисковые признаки и критерии локализации оруденения. Поисковые признаки и критерии по своему содержанию весьма разнообразны и отчетливо подразделяются на структурные, литолого-стратиграфические, гидротермально-метасоматические, минералогические, магматические, геохимические и геофизические. Одни из них имеют локальное значение, связанное с особенностями геологического строения месторождения, другие имеют региональное значение, распространяющееся не только на месторождение и Боголюбовское рудное поле, но и на всю территорию Южно-Енисейского золоторудного района и даже всего Енисейского кряжа, в строении которого принимают участие рифейские черносланцевые отложения.

Структурные критерии. Структурные критерии имеют определяющее значение в размещении Боголюбовского рудного поля и месторождения. Расположение месторождения вблизи зоны Ишимбинского глубинного разлома ИГР, на участке его S-образного изгиба (субширотный локальный изгиб зоны Ишимбинского разлома субмеридионального простирания), было обусловлено повышенной проницаемостью этого участка земной коры и локальным высвобождением глубинных тепловых потоков и рудогенных гидротермальных растворов, которые обеспечили процессы рудообразования на благоприятных для рудоотложения участках. К числу важных событий, связанных с зоной ИГР, в той или иной мере, повлиявших на формирование месторождения можно, отнести внедрение интрузий базит-ультрабазитового состава, широко распространенных в районе месторождение и наличие скрытых гранитоидных массив, выявленных по геофизическим данным. Кроме того, расположение месторождения вблизи зоны глубинного разлома определило высокую интенсивность и сложный характер складчатых деформаций, широкое развитие разрывных структур различного порядка, что в

совокупности и обусловило создание благоприятных условий для рудоотложения. На Боголюбовском месторождении оруденение локализуется в замковой и призамковой части Боголюбовской синклинальной складки, осложняющей западное крыло основной рудоконтролирующей структуры – Рыбинской антиклинали. Приуроченность оруденения к замковым частям складок обусловлена тем, что здесь сосредотачивались максимальные тектонические напряжения, разгрузка которых привела к интенсивным пластическим и хрупким деформациям, выразившихся в образовании зон повышенной проницаемости пород, благоприятных для проникновения рудоносных растворов, усиления метасоматических процессов и связанного с ними рудоотложения. Эти критерии имеют не только локальное значение, характерное для Боголюбовского рудного поля, но отчетливо выявляются на прилегающих площадях. Анализ структурного положения рудных полей и месторождений, относящихся к золото-сульфидной формации показывает, что ведущим критерием локализации таких месторождений и рудных полей, как Васильевско-Удерейское, Олимпиадинское, является и их приуроченность к зонам глубинных разломов – Ишимбинского, Татарского, разлома Мейстера, золотое оруденение на которых также приурочено к замковым частям складок продольного изгиба.

Таким образом, важнейшими структурными критериями оруденения на Боголюбовском месторождении являются:

1. Приуроченность месторождения Ишимбинскому глубинному разлому и участку его S-образного изгиба.

2. Замковые части сильно дислоцированных складок высокого порядка.

3. Зоны интенсивного рассланцевания и трещиноватости, секущие напластование под углами от 30 до 70°, являющиеся структурами, контролирующими развитие прожилково-жильной и золотосульфидной минерализации.

Литолого-стратиграфические критерии. Литолого-стратиграфические критерии на Боголюбовском месторождении проявляются достаточно отчетливо: основные ресурсы золота на месторождении сосредоточены в отложениях среднеудерейской подсвиты, представленной разномасштабнослойчатыми хлорит-сидерит-серицитовыми сланцами со значительным количеством конкреционных сидеритовых прослоев, составляющих до 25-30 % объема подсвиты. Характерной особенностью рудовмещающих отложений является их низкая карбонатность, низкое содержание примеси материала алевритовой размерности и углеродистого вещества. Максимальное содержание $C_{орг}$ не превышает 0,15%. В отложениях кординской и горбилокской свит оруденение быстро выклинивается.

Таким образом, литологический контроль оруденения на Боголюбовском месторождении заключается в приуроченности оруденения к горизонтам конкреционных сидерит-содержащих сланцев, характеризующихся низким содержанием углеродистого вещества. Наличие в составе верхней части разреза сухопитской серии сидеритсодержащих конкреционных горизонтов, при низкой карбонатности и углеродистости пород и благоприятных условиях, в виде зон интенсивного рассланцевания и трещиноватости, может свидетельствовать о возможном наличии сульфидного золоторудного оруденения на других объектах.

Гидротермально-метасоматические критерии. Роль гидротермально-метасоматических преобразований состоит в формировании тонких многочисленных прожилков и просечек, генетически связанных с зонами рассланцевания и дробления пород. Минеральный состав прожилков и просечек в прожилково-жильных зонах имеет кварцевый, сидерит-анкерит-кварцевый, сульфидно-карбонатно-кварцевый состав с непостоянной примесью серицита, хлорита. Наиболее характерной особенностью прожилково-жильных зон является широкое развитие процессов замещения сидерита (в меньшей степени анкерита) серицитом с участием кварца и хлорита, а также пиритом и арсенопиритом. Широкое развитие процессов гидротермально-метасоматического замещения сидерита и анкерита серицитом, пиритом и арсенопиритом может использоваться в качестве благоприятного критерия, так как массовое замещение сидерита пиритом установлено на Удерейском месторождении и, в несколько меньших масштабах, замещение железистых карбонатов серицитом, пиритом и арсенопиритом на Васильевском месторождении.

Таким образом, гидротермально-метасоматические критерии, заключающиеся в широком развитии процессов замещения сидерита серицитом, пиритом и арсенопиритом являются важным поисковым признаком золотосульфидного оруденения на Боголюбовском месторождении.

Минералогические критерии. В Рыбинской рудной зоне и на Боголюбовском месторождении достаточно уверенно отмечается прямая связь между содержанием сульфидов и золота. По данным фазового анализа первичные руды Боголюбовского месторождения характеризуются значительным количеством золота заключенного в виде тонкодисперсной примеси в сульфидах, основная часть которых представлена пиритом (10,3%) и арсенопиритом (2,82%). С первым из них связано 61,89 % золота, со вторым 18,57%. В приповерхностной части рудные минералы окислены. Гипергенные минералы составляют порядка 11% и представлены гидроокислами железа: лимонитом, гетитом, гидролепидокрокитом. Около 80 % гидоокислов приходится на псевдоморфозы лимонита по пириту. Содержание сульфидов в виде реликтов пирита, сфалерита, халькопирита не велико и колеблется от 0,15 до 0,2 %. Основная часть золота в окисленных рудах находится в тесной ассоциации с лимонитизированными сидеритсодержащими кварц-хлорит-серицитовыми филлитизированными сланцами.

Таким образом, золотоносность в пределах Боголюбовского месторождения определяется, прежде всего, интенсивностью развития продуктивной пирит-арсенопиритовой минерализацией, которая является прямым указанием на наличие золото-сульфидного оруденения. В зависимости от содержания сульфидов и количественных взаимоотношений между ними могут быть определены перспективы развития золотоносности минерализованных зон по простиранию и падению. Близкие соотношения между содержаниями сульфидов и их количественными взаимоотношениями наблюдаются на других рудных полях, например Удерейском, Васильевском и Олимпиадинском.

Магматические критерии. Прямые данные о генетической связи магматизма с золотосульфидным оруденением на площади Боголюбовского месторождения отсутствуют. Однако по геофизическим данным и данным дешифрирования АКС, предполагается пространственная приуроченность месторождения к краевой части невскрытого гранитоидного массива, предположительно Татарско-Аяхтинского комплекса (Целыковский, 1985 г.). Тем не менее, магматический критерий нельзя оставлять без внимания, поскольку с интрузиями гранитодов пространственную общность имеет большинство известных месторождений рудного золота Енисейского кряжа. Примером установленной связи золотого оруденения с интрузивом гранит-батолитовой формации может служить Олимпиадинское месторождение, приуроченное к провису в кровле гранитоидной интрузии (Ли, 1985 г.; 2000). Кроме того, на площади Рыбинской рудной зоны достаточно отчетливо установлена приуроченность Попутнинского месторождения золота к интрузивным телам базит-ультрабазитового состава.

Геохимические критерии. По результатам геохимических исследований рудное поле, рудоносные зоны и рудные тела достаточно отчетливо проявляются во вторичных и первичных ореолах рассеяния золота и некоторых других химических элементов. Кроме того, установлены аномальные концентрации значительного числа химических элементов, проявляющих закономерную пространственную связь с рудными телами и рудоносными зонами. Рудные зоны на месторождении выделяются высокими, относительно фоновых, уровнями концентрации золота, мышьяка, сурьмы, свинца, серебра, вольфрама. Из этих элементов наиболее устойчивыми связями с золотом обладают мышьяк, сурьма, серебро, свинец и, отчасти, вольфрам - они являются элементами индикаторами золотого оруденения. Наиболее яркими признаками наличия золотого оруденения являются комплексные, наложенные аномалии элементов-спутников золота. В сочетании с благоприятными геологическими признаками данные геохимические критерии могут служить прямым показателем наличия промышленного золотого оруденения.

Геофизические критерии. На площади Боголюбовского месторождения проведены различные виды геофизических работ: гравиметрические, магнитометрические, электроразведочные и скважинные. На фоне региональных: различной интенсивности и дифференцированности вариаций магнитного поля (ΔTa), поля кажущихся сопротивлений ($c_к$) и поляризуемости пород, достаточно уверенно выделяются локальные участки с аномальными значениями и специфическими вариациями этих параметров в виде линейных, цепочечных, точечных и реже изометричных аномалий. Центральная часть зоны сульфидной минерализации на месторождении достаточно уверенно выделяется аномалиями вызванной поляризации ($\eta_{вп}$), кажущегося сопротивления ($c_к$), горизонтальной магнитной составляющей (H), слабоконтрастными аномалиями (ΔTa). Разрывные нарушения достаточно уверенно картируются линейными аномалиями ΔTa с большими градиентами, а также по резким сменам характера электрических полей. В тоже время, характер геофизических аномалий над рудными зонами в условиях неравномерного оруденения, зачастую, оказывается близким характеру аномалий над участками с неравномерным окварцеванием и графитизацией, не содержащих золотосульфидного оруденения. Поэтому геофизические критерии являются косвенными и могут эффективно использоваться только в комплексе с геологическими и геохимическими данными для геолого-структурного картирования и выявления рудоконтролирующих структур. При проведении геофизических работ на Боголюбовском месторождении оказались наиболее эффективными электрические методы. В частности, рудные зоны на Боголюбовском месторождении наиболее достоверно фиксируются существенными понижениями фона скорости ($з_к$) спада и нарастания потенциала РС-ВП. Аналогичное снижение скорости ($з_к$) наблюдается на Удерейском и Самсоновском месторождениях. Данный факт указывает на то, что отдельные параметры геофизических полей можно использовать в качестве индикационных.

В скважинах кварцево-прожилковые зоны и кварцевые жилы отчетливо фиксируются резкими пиками повышения удельного сопротивления. Зоны сульфидной минерализации и рудные тела характеризуются резким повышением и изрезанностью графиков значений на диаграммах РРК и ЭП.

Генезис

Основными вопросами генезиса Боголюбовского месторождения, представляющими практический и научный интерес, является происхождение зон тонкого прожилково-жильного окварцевания, кварцевых жил, рассланцованности, трещиноватости, сульфидной минерализации и связанного с ними золотого оруденения, а также источников золота, путей его миграции и механизмов локализации. На источники золота, достаточные для образования месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации, и вопросы его миграции и локализации существует несколько точек зрения. Одни исследователи считают вероятными источниками скрытые гранитоидные массивы, предположительно Татарско-Аяхтинского комплекса, выявленные по геофизическим данным (Жураковский, 1983г.). Другие видят значительную роль в широком развитии образований базит-ультрабазитов попутнинского и исаковского комплексов. Третьи считают, что для образования месторождений достаточно компонентов, содержащихся во вмещающих породах (Петров, 1974, Кондратенко, 1990, г.). При этом все исследователи придают важную роль приуроченности месторождения к зоне Ишимбинского глубинного разлома, осложненного серией оперяющих разломов различного ранга, на участке его S-образного изгиба, который в условиях левого сдвига по разлому находился в тектонически разгруженном состоянии и мог отличаться повышенной тепло-флюидопроводностью. Анализ геологической ситуации на сопредельных площадях Южно-Енисейского золоторудного района свидетельствует о том, что внедрение Татарского гранитоидного массива сопровождалось интенсивными гидротермальными процессами минералобразования и, следовательно, установленные по геофизическим данным скрытые гранитоидные интрузии могли иметь прямую генетическую связь с рудообразованием на Боголюбовском месторождении.

С массивами гранитоидов в различной степени проявляют пространственную общность все известные, более или менее значительные по масштабам, месторождения золота Енисейского кряжа, такие как Олимпиадинское, Аяхтинское, Советское.

Вторая точка зрения достаточно определенно подтверждается приуроченностью Попутнинского месторождения и ряда других проявлений к интрузивам базит-ультрабазитового состава. Однако в пределах Боголюбовского месторождения интрузивные образования базит-ультрабазитового состава прямыми методами не установлены. Их наличие на глубине предполагается по геофизическим данным. Контрастная аэромагнитная аномалия, выявленная съемкой масштаба 1:25 000 в междуречье руч. Сорочьего и Гусельникова, интенсивностью 120 нТл связывается с интрузией основных пород (Бакшт, 1998 г.). Эта предполагаемая интрузия имеет небольшие размеры, предположительно, перекрывает гранитоидный массив и поэтому, вряд ли могла играть существенную роль при образовании Боголюбовского месторождения. На основании явной приуроченности Попутнинского месторождения и других проявлений к телам базит-ультрабазитового состава и видимого их отсутствия по площади Боголюбовского месторождения, А.М. Кондратенко в пределах Рыбинской рудной зоны выделяет два самостоятельных рудных поля Боголюбовское и Попутнинское (Кондратенко, 1990 г.). Формирование гранитоидных и ультраосновных интрузивов могло служить лишь дополнительным источником тепла и гидротермальных растворов, способных проникать через разломы к зонам интенсивной трещиноватости и рассланцевания на большие расстояния. Значительную роль в образовании месторождения могли играть оперяющие глубинные разломы и тектонические ослабленные участки, широко развитые в зоне Ишимбинского глубинного разлома, по которым поступали гидротермальные

растворы. По мере своего передвижения термальные растворы обогащались различными компонентами, что способствовало образованию участков окварцевания, сульфидной минерализации и золотого оруденения. Касаясь состава гидротермальных растворов и процессов рудообразования и учитывая тесную корреляцию золота и мышьяка, можно говорить об их совместном переносе в рудообразующих растворах в виде сернисто-мышьяковистых соединений, которые в результате метасоматоза замещали зерна сидерита и кристаллизовались в виде слабомышьяковистого пирита и аресенопирита – основных концентраторов золота в рудах (Кондратенко, 1990 г., Ли, 1990 г.). Своеобразными "ловушками", благоприятными для рудоотложения в пределах месторождения, послужили зоны интенсивного развития пликативных деформаций, трещиноватости и интенсивного рассланцевания субширотной ориенитировки, сформировавшиеся в обстановке сжатия осевой поверхности складки субмеридионального простирания, являющейся основной рудоконтролирующей тектонической структурой месторождения. Некоторыми исследователями образование сильно развитой системы рассланцевания северо-восточного простирания связывается с процессами пострудной тектоники, затушевывающей систему трещиноватости рудогенеза. Основными причинами, повлиявшими на приуроченность оруденения к зонам трещиноватости и рассланцевания, вероятно следует считать следующие факторы:

- резкое изменение давления (как в большую, так и меньшую сторону) по отношению к поступающим рудным растворам;
- наличие в зонах разгрузки растворов катализаторов, способствующих началу кристаллизации сульфидов, таких как сера и сероводород и др.;
- резкое изменение температуры растворов;
- влияние различных геофизических полей, в первую очередь, электрических, магнитных, возникающих в зонах тектонических напряжений.

При этом на месторождении достаточно четко выделяется литологический фактор: максимальное орудение приурочено к сидеритсодержащим филлитизированным сланцам средней пачки среднеудерейской подсвиты. В отложениях кординской и горбилокской свит оно выклинивается на коротких расстояниях. Процессы замещения сидерита пиритом и арсенопиритом хорошо наблюдается в шлифах (Ли, 1990 г.), а также детально описаны на Удерейском месторождении М.С. Смирновым.

Прогнозная оценка

Оценка прогнозных ресурсов на Боголюбовском месторождении проводилась на всех стадиях его изучения. В 1985 г. при проведении геологической съемки масштаба 1:50 000 была дана оценка прогнозных ресурсов Боголюбовского проявления. По категории P_2 она составила 70,35 т, в том числе прогнозные ресурсы Центрального участка были оценены в 33,65 т, и участка Северного в 36,7 т (Целыковский и др., 1985 г.). На поисковой стадии ресурсы категории P_1+P_2 по рудным телам Центрального участка были оценены в 20168,385 тыс. т руды и 96925,158 кг золота, при средней мощности 8,4 м и среднем содержании золота 4,8 г/т на площади 162163,0 м². С учетом коэффициентов достоверности для категории P_1 – 0,8 и P_2 – 0,6 прогнозные ресурсы составили: по категории P_1 – 61505,275 кг, по P_2 – 12026,888 кг. Суммарные ресурсы золота по P_1+P_2 – 73531,163 кг. Ресурсы золота на флангах месторождения оценивались по категории P_2. На участке Змеином ресурсы руды по двум рудным телам с общей площадью сечения 3923,0 м² составили 2353,8 тыс. т руды и 4223,469 кг золота, при среднем содержании 3,5 г/т. На участке Северном подсчитаны ресурсы по трем рудным телам с общей площадью сечения 3092,9 м². Ресурсы составили 550,90 тыс. т руды и 876,025 кг золота, при среднем содержании 2,8 г/т. В том и другом случае применялся коэффициент достоверности 0,6 (Кондратенко, 1990 г.).

Геологическим заданием на проведение поисково-оценочных работ на Боголюбовском месторождении предусматривалась оценка его запасов по категории C_2 (Дорофеев, 1995 г.). Однако, в силу объективных причин, фактическое выполнение запланированных объемов поисково-оценочных работ, в значительной мере, было ограничено и недостаточно для обоснования запасов промышленных категорий. По этой причине был выполнен только уточненный подсчет прогнозных ресурсов по категории P_1 и P_2. Подсчет прогнозных ресурсов был проведен в соответствии с требованиями "Инструкции по применению и классификации запасов к золоторудным месторождениям" (ГКЗ СССР, 1983 г.). Ресурсы категории P_1 подсчитывались только в пределах контура геологоразведочных работ по данным горных и буровых работ. В случаях экстраполяции или выхода рудных тел за пределы горного отвода ресурсы оценивались по категории P_2. Ресурсы по категории P_1 подсчитывались по бортовому содержанию 1 г/т, минимальной мощности рудных тел 3 м и максимальной мощности прослоев пустых пород или некондиционных руд не более 4 м. К категории P_1 отнесены ресурсы рудных тел РТ-1, 2 и 3, являющиеся наиболее изученными как по простиранию, так и по падению. Ресурсы 35 оперяющих мелких рудных тел отнесены к категории P_2. Подсчет прогнозных ресурсов был произведен методом продольной проекции рудных тел на вертикальную плоскость. Блоки ограничены двумя смежными разведочными линиями и опираются на выработки с принятыми бортовыми и промышленными содержаниями. Около 107 мелких тел, вскрытых единичными горными выработками, в подсчет ресурсов не принимались.

Прогнозные ресурсы по категории P_1 по рудным телам РТ-1, РТ-2 и РТ-3 составили 11136,3 тыс. т руды и 64713,5 кг золота, при средней мощности 8,4 м и среднем содержании 5,8 г/т на суммарной площади рудных блоков 452610 м². Прогнозные ресурсы по категории P_2 составили 1086,9 тыс. т руды и 6304,0 кг золота, при средней мощность рудных тел 3,9 м и среднем содержании золота 5,8 г/т площади 92750 м². Суммарные ресурсы категорий P_1+P_2 составили 11954,88 тыс. т руды и 71017,5 кг золота. Значительная часть прогнозных ресурсов по данным поисково-разведочных работ оказалась сосредоточенной в пределах своеобразного рудного столба в пределах РЛ 7,0-8,5. Прогнозные ресурсы этой части месторождения по категории P_1 оцениваются 4798,95 тыс. т руды и 34662,7 кг золота при средней мощность рудного столба 17,8 м и среднем содержании золота 7,2 г/т.

На всей площади месторождения верхняя часть рудоносных горизонтов расположена в зоне окисления. Проведенные технологические испытания руд месторождения выявили необходимость их отдельной переработки. Прогнозные ресурсы месторождения в зоне окисления по категории P_1 оцениваются в 2020,68 тыс. т руды и 7952,4 кг золота (Дорофеев, 1995 г.).

Значительный вклад в оценку прогнозных ресурсов Боголюбовского месторождения и Боголюбовского рудного поля внесли работы, проведенные сотрудниками КНИИГиМС. В 1986-1987 гг. под руководством Ф.Б. Бакшта проводились геофизические исследования, совместно с геофизиками АГРЭ в рамках темы № 339 с целью уточнения структурного плана месторождения, выявления объектов (зон сульфидной минерализации), перспективных для поисков золота (Бакшт, 1987 г.). Исходя из имеющейся геологической и геохимической и геофизической информации им была дана прогнозная оценка по категории P_2 на основании следующих выявленных параметров: общая длина выявленных аномалий 5500 м, средняя горизонтальная мощность зон – 50 м, глубина промышленного оруденения по геофизическим данным – 300 м, коэффициент рудоносности – 0,26. Поправочный коэффициент, учитывающий погрешность интерпретации геофизических данных, был принят равным 0,5, плотность руды 3,0 т/м³ и среднее содержание золота в руде – 7 г/т. Прогнозные ресурсы золота по этим параметрам по категории P_2 были оценены 225,2 т.

Перспективы наращивания потенциала Боголюбовского месторождения связываются, прежде всего, с завершением поисково-оценочных работ в его центральной части и проведением поисково-оценочных и работ на северном и южном флангах месторождения, участках Северном, Змеином, Западном, где пройдены единичные горные выработки и скважины. Рассматривая в качестве перспективной площадь всего Боголюбовского рудного поля и территорию расположенную к западу от известных проявлений Змеиного, Светлого, Антониновского и Попутнинского (20 км²), М.Г. Пустозеров в 1995 г., а затем и Ф.Б. Бакшт в 1993 г. на основе комплексного анализа геологической, геофизической и геохимической информации помимо известных выделили еще 7 перспективных участков. В качестве эталона для их выделения и оценки прогнозных ресурсов была выбрана наиболее хорошо изученная центральная часть Боголюбовского месторождения, для которой была составлена физико-геологическая модель (Пустозеров, 1995 г.; Бакшт, 1993 г.).

Суммарные ресурсы Боголюбовского рудного поля по P_1+P_2+P_3, включая прогнозные ресурсы Боголюбовского месторождения, оцениваются в 140,7 т.

Заключение

Обобщение и анализ материалов по геологическому строению Боголюбовского месторождения позволяют сделать вывод о том, что закономерности размещения золотого оруденения являются характерными для месторождений, локализованных в сидеритсодержащих, слабоуглеродистых сланцах позднего рифея и приуроченных к асимметричным, сильно дислоцированным складкам высокого порядка, в замках которых формируются зоны относительного растяжения, а на крыльях зоны интенсивного рассланцевания и трещиноватости, благоприятные для золотого рудоотложения (Ли, 1990, 2003; Сердюк, 1984, 2002, 2004). Другими характерными особенностями месторождения, обуславливающими его структурно-тектоническую близость с другими известными месторождениями Енисейского кряжа, являются его пространственная приуроченность к S-образному изгибу Ишимбинского глубинного разлома и близость к предполагаемому, по геофизическим данным, крупному гранитоидному массиву. Такая пространственная связь отмечается Л.В. Ли для Олимпиадинского месторождения, расположенного в провисе кровли гранитоидного массива. Наличие глубинного разлома, приуроченность к нему гранитоидного массива и тел базит-гипербазитового состава, равно как вмещающие сидеритсодержащие черносланцевые отложения с зонами интенсивной деформации и рассланцевания пород, явились важнейшими составляющими, обусловившими формирование золотого оруденения на Боголюбовском месторождении. С этих позиций геолого-структурная модель Боголюбовского месторождения определяется в виде сильно сжатой синклинальной складки, осложненной складками более высоких порядков и зонами нарушений, среди которых четко обособляются зоны рассланцевания северо-восточного простирания, которые являются основными рудоконтролирующими структурными элементами месторождения. Незначительная часть оруденения контролируется непротяженными зонами рассланцевания субмеридиональной ориентировки, связанными с рассланцеванием осевых поверхностей складок высокого порядка. Зоны рассланцевания характеризуются широким распространением прожилков и просечек сидерит- и анкерит-кварцевого с серицитом и мусковитом, кварц-мусковитового, серицит-хлорит-кварцевого, кварц-хлорит-анкеритового, сидерит-анкерит-кварцевого, кварцевого с серицитом состава с сульфидной минерализацией. Рудные зоны выделяются по данным опробования (Au: 0,1-0,3 г/т) и прослеживаются на расстояние 1800 м при ширине до 250 м и на глубину до 350 м. Рудные тела в пределах рудных зон отчетливых геологических границ не имеют и также выделяются по данным опробования. Рудные тела имеют лентообразную, слабоизвилистую форму, крутое до вертикального падение. На отдельных участках они иногда представляют собой относительно выдержанные по простиранию и падению крутопадающие тела. Всего на месторождении выявлено три основных кулисообразно расположенных рудных тела протяженностью от 1100 до 560 м при средней мощности 7,4 м и среднем содержании золота 5,8 г/т. Установленный бурением вертикальный размах промышленного золотого оруденения составляет 150-350 м, при этом нижняя граница распространения рудных тел, как и рудных зон не установлена. Основные рудные тела сопровождаются роем мелких тел. В общей сложности их насчитывается более 100. По 35 мелким рудным телам подсчитаны прогнозные ресурсы по категории P_2. Судя по имеющимся пересечениям, они имеют линзовидную форму и характеризуются невыдержанной мощностью с неравномерным распределением в них золота. Как и основные рудные тела они располагаются кулисообразно. Для них характерно субширотное простирание и крутое падение, согласное с простиранием и падением основных рудных тел. Перспективы освоения Боголюбовского месторождения связаны, прежде всего, с переводом его ресурсов в запасы промышленных категорий и расширением прогнозного потенциала за счет изучения его северного, южного и западного флангов. Важнейшее значение при этом будет иметь разработка эффективной технологий обогащения руд и извлечения золота.

Представляется, что разработанная модель Боголюбовского месторождения будет способствовать более полному и точному познанию геологического строения месторождения, оценке его промышленного потенциала, а также перспектив золотоносности Рыбинской рудной зоны и Южно-Енисейского золоторудного района в целом.

3.1.5.2. Золото-кварц-сурьмяная формация

Раздольнинское месторождение

Введение

Разведка месторождения осуществлялась проходкой поверхностных и подземных горных выработок в комбинации с наземным и подземным колонковым бурением скважин.

Основным видом разведочных работ являются подземные горные выработки, среди которых главнейшее значение имеют штреки, проходимые на всех эксплуатационных горизонтах, прослеживающие рудную зону по простиранию до выклинивания и вскрывающие ее, в подавляющем большинстве случаев, на полную мощность. В отдельных участках, характеризующихся осо-

бой сложностью геологического строения (наличием складок, апофиз и т.п.) проходятся квершлаги. Последние закладываются при окончании проходки штреков на флангах месторождения. С целью детализации геологического строения, поисков сброшенных частей жил, обнаружение возможных апофиз, освещения характера вмещающих пород и их околожильных изменений - из подземных горных выработок проходятся подземные буровые колонковые скважины, играющие существенную роль при определении направления проходки подземных горных выработок как разведочных, так и эксплуатационных. Подземными горными выработками оконтуриваются запасы высших категорий А и В.

Колонковое бурение с поверхности, хотя и производится на месторождении в большом объеме, не имеет, однако, в стадию разведки такого значения, как подземные горные выработки.

Раздольнинское месторождение с поверхности прослежено полностью горными выработками (карьер, канавы), на северо-восточном участке не разведывалось - за отсутствием в этом острой необходимости и ввиду высокой водообильности пойменных отложений - на юго-западном участке.

По простиранию месторождение разведано в северо-восточном направлении до выклинивания на поверхности (канавами) и до неполного выклинивания на горизонтах №№ 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8. Юго-западное выклинивание рудной зоны № 1 зафиксировано на горизонте № 6, штреком № 2-бис и соответствующими подземными буровыми скважинами. Северо-восточный фланг месторождения разведывался по простиранию на горизонтах №№ 6, 7 и 8; юго-западный фланг - на горизонтах №№ 7 и 8.

Суммарная разведанная длина месторождения рудной зоны № 1 (по простиранию, считая от забоя штольни № 4 до забоя штрека № 2-бис горизонта № 6, составляет 1260 метров, из которых 570 метров приходится на северо-восточную и 690 метров на юго-западную часть.

На глубину Раздольнинское месторождение полностью не прослежено. Наибольшая глубина подсечения рудной зоны № 1 на северо-восточном участке определяется скважиной № 16-бис и составляет 326 метров по вертикали, считая от наивысшей точки рудного выхода на дневную поверхность. Ниже скважины № 16-бис пройдена скважина № 16, давшая отрицательные результаты, в смысле наличия сурьмяного оруденения или даже кварцевой жилы, что не говорит еще, впрочем, о выклинивании или общем обеднении рудной зоны. На юго-западном участке месторождения максимальная глубина подсечения промышленных руд по скважине № 99 составляет 377 м. Разведка этого участка не закончена.

Расстояния между подземными горными выработками по вертикали соответствуют нормальной высоте эксплуатационного этажа и не превышают 30 метров. Выработки, проходимые по восстанию рудного тела (восстающие) являются обычными горно-подготовительными и удалены друг от друга на величину длины эксплуатационного блока, не превышающую 50 метров. Также расстояния между выработками, при полном оконтуривании блоков с четырех сторон, дают возможность подсчитывать в них запасы по кат. A_2, а при неполном оконтуривании или при увеличении расстояния по падению до двойной высоты этажа - по категории В.

Расстояния между подземными колонковыми скважинами не превышают, как правило, 25 м, то есть половины максимальной длины эксплуатационного блока. Следует отметить, что скважины эти в подсчете балансов обычно не участвуют, ибо рудное тело вскрывается штреками на полную мощность.

Расстояние между колонковыми буровыми скважинами, проходящими с поверхности, не подчиняется какой-либо системе и колеблется в довольно широких пределах.. Глубокие горизонты месторождения разведаны неравномерно: на северо-восточном участке на глубине ниже последнего вскрытого горными выработками горизонта имеется только одна скважина, на юго-западном фланге расстояния между буровыми скважинами составляют 70-120 метров, в центральной части месторождения - между северо-восточным и юго-западным участками - вообще нет буровых скважин. Такая неравномерность буровой разведки объясняется, конечно, большей или меньшей перспективностью тех или иных участков: наибольшие объемы работ выполнялись на юго-западе, перспективы которого еще велики, меньшие - на северо-востоке, то есть на участке, значительно менее перспективном, совсем незначительные в центральной части, характеризующейся, по данным горных выработок горизонта № 6, весьма низкими содержаниями сурьмы.

Горизонтальные подземные выработки, как разведочные, так и горно-подготовительные, проходятся обычно сечением 5,8 м² в проходке. Отдельные участки штреков (на флангах месторождения и короткие квершлаги, не могущие быть использованными для нужд эксплуатации, имеют сечение 3,6 м². Восстающие проходятся сечением 4 и 6 м².

Наземные колонковые скважины забуриваются диаметром 127 мм и бурятся далее, после пересечения рудных отложений, диаметрами 110, 90 и 75 мм. Бурение осуществляется станками КАМ-500. В качестве истирающих материалов применяются победиты, а при проходке по кварцевым жилам и особенно крепким окремненным сланцам - дробь. Промывка производится водой. Длина рейсов бурения обычно колеблется в пределах 0,5-2,80 м, в среднем составляет один метр, в отдельных же случаях, при пересечении исключительно крепкого монолитного кварца, снижается до 0,05 м.

Закладываются наземные буровые скважины в лежачем боку рудного тела, с расчетом пересечения под углом, возможно более близким к прямому. Зенитные искривления скважин замеряются методом плавиковой кислоты и колеблются в пределах 1-29° на 100 погонных метров, составляя в среднем 7° на 100 погонных метров. Азимутальные искривления буровых скважин не замерялись.

Выход керна при наземном колонковом бурении (по данным скважин, участвующих в подсчете запасов) составляет в среднем по рудной зоне 51%, варьируя в пределах 14-100%.

Подземное колонковое бурение производится станками ГП-1. Скважины задаются горизонтально, диаметр бурения 75, 56, 44, 33 мм.

Геологическое строение месторождения

Характеристика геологического строения месторождения приводится по материалам геологоразведочных работ (1933-1953 гг.), проводившихся под руководством А.С. Голикова, С.Г. Файзулина, В.И. Новиля, А.А. Богданова, Г.И. Петрова, А.В. Лесгафта, А.С. Аладышкина, Э.Ф. Гербека, а также по данным геологосъемочных и поисковых работ последних лет.

Раздольнинское месторождение, приурочено к породам горбилокской, и частично, кординской свит среднего-нижнего рифея, слагающим западное крыло Рыбинской антиклинали и характеризуется развитием кварцевых жил, несущих сурьмяное оруденение. Промышленное значение имеют рудные зоны №№ 1, 2 и 2-бис, вблизи которых известно еще 14 сурьмяноносных кварцевых жил, не несущих (кроме жилы № 6) сколько-нибудь значительного оруденения.

Стратиграфия

В геологическом строении рудного поля месторождения принимают участие породы кординской, горбилокской, удерейской свит сухопитской серии верхнего протерозоя, неогеновой и четвертичной систем, а также магматические образования ультраосновного (попутнинский комплекс) и основного (исаковский комплекс) состава.

Рифей

Кординская свита (R_1kd).Свита занимает около 50% всей площади и обнажается в долине р. Рыбной. По литолого-фациальным особенностям, структурно-тектоническому положению и о степени отображения в физических полях отложения свиты разделены на три подсвиты.

Нижнекординская подсвита (R_1kd_1) вскрыта на левобережье р. Рыбной, в бассейне рр. Мал. Аверихи и Афонихи и руч. Рудничного. В разрезе подсвиты преобладают филлитовые «углистые» кварцево-серицитовые сланцы, реже встречаются тонкослоистые алеврито-глинистые и известково-глинистые сланцы. Мощность подсвиты 430 м.

Среднекординская подсвита (R_1kd_2). Наиболее полный разрез подсвиты вскрыт горными выработками Раздолинского сурьмяного месторождения, скважинами в долине руч. Боголюбовского и в береговых отложениях р. Рыбной. Нижняя часть подсвиты представлена тальк-карбонат-хлоритовыми сланцами образовавшимися по основным эффузивам, доломитизированными известняками, кварц-серицитовыми, кварц-серицит-хлоритовыми сланцами и туфосланцами. На контакте тальк-карбонат-хлоритовых сланцев с терригенно-осадочными породами развиваются линейные коры выветривания. В верхней части подсвита представлена толщей черных и темно-серых филлитизированных глинистых и алеврито-глинистых сланцев. Мощность подсвиты 650-750 м.

Верхнекординская подсвита (R_1kd_3) отложения прослежены по правому бортовому склону долины р. Рыбной. Разрез представлен кварцево-серицитовыми сланцами, доломитами и доломитизированными известняками. Мощность подсвиты 900-960 м.

Горбилокская свита (R_2qr).Слагают свиту сидеритсодержащие филлитизированные сланцы неравномернослоистые с заметной примесью алевритового материала. Характерно послойно-неравномерное распределение углеродистого вещества. Преобладающей является серая и светло-серая с зеленоватым оттенком окраска пород. По литологическому составу и структурно-текстурным особенностям ее пород свита подразделяется на две пачки: нижнюю (R_2qr^1) – сланцевую и верхнюю (R_2qr^2) – терригенно-сланцевую. Мощность свиты 1150 м.

Основные типы пород рудного поля месторождения представлены глинистыми и песчано-глинистыми сланцами.

Глинистые сланцы, широко развитые по левому склону долины реки Рыбной, где они образуют прекрасные обнажения в береговых обрывах, и, в меньшей мере, на водоразделе ключей Ребровикового и Баландина, представляют собой темную зеленовато-серую породу, характеризующуюся обычно отчетливо выраженной слоистостью, определяющейся чередованием тонких прослойков различных оттенков. Реже встречаются глинистые сланцы неслоистые. В отдельных местах, в особенности, висячем боку рудной зоны № 1, глинистые сланцы филлитизированы. Почти повсеместно в сланцах встречается вкрапленность пирита.

Песчано-глинистые сланцы имеют широкое распространение на правом берегу реки Рыбной и, в меньшей мере, на левом ее берегу, к северу от месторождения, и характеризуются чередованием невыдерживающихся по простиранию глинистых, алевритовых и песчанистых прослойков мощностью от долей миллиметра до 1-2 см. Алевритовые и песчанистые прослойки обладают светло-серой, почти белой окраской, глинистые - имеют темно-серые и темные зеленовато-серые цвета, благодаря чему сланцы приобретают полосчатый облик. На левом берегу реки Рыбной среди песчано-глинистых сланцев встречаются отдельные прослои мелкозернистых кварцитовидных песчаников мощностью 10-15 см.

Глинистые и песчано-глинистые сланцы являются породами, вмещающими рудоносные кварцевые жилы месторождения. Наибольшее распространение в пределах собственно рудного поля по данным подземных горных выработок, имеют сланцы глинистые, к которым приурочены рудные зоны №№ 1,2 и 2 -бис. Песчано-глинистые сланцы развиты, преимущественно, на крайнем юго-западном фланге месторождения и вмещают, главным образом, убого оруденелые, обычно секущие их, кварцевые жилы.

Микроскопическое изучение глинистых и песчано-глинистых сланцев показывает идентичность их минералогического состава, структуры и текстуры. И те и другие характеризуются бластоалевропелитовой микролепидобластической структурой и сланцеватой текстурой и состоят, главным образом, из мелких параллельно ориентированных чешуек серицита, при подчиненном развитии мельчайших зернышек кварца и иногда мелких чешуек буровато-зеленого хлорита. Изредка, в небольшом количестве, присутствуют мелкие кристаллики рутила, образующие обычно характерные коленчатые двойники. Песчано-глинистые сланцы отличаются от глинистых отчетливо наблюдающимся обогащением отдельных прослоев алевритовыми и песчаными зернами кварца.

Удерейская свита (R_2ud).Отложения свиты подразделяются на две подсвиты: нижнюю и среднюю.

Нижнеудерейская подсвита (R_2ud_1). В строении разреза принимают участие разномасштабнослоистые сидеритсодержащие филлитизированные сланцы серой и темно-серой окраски. По характеру слоистости эти отложения подразделяются на две пачки: нижнюю ($R_2ud_1^1$) – с преобладанием линзослоистых текстур и верхнюю ($R_2ud_1^2$) – представленную преимущественно монотонными сланцами. Мощность подсвиты 420-500 м.

Среднеудерейская подсвита (R_2ud_2). Слагают подсвиту серые до черного яснослоистые сидеритсодержащие филлитизированные сланцы с маркирующими конкреционными горизонтами. Мощность подсвиты 810-900 м.

Меловая и палеогеновая системы нерасчлененные.

Коры выветривания

В пределах рудного поля известны коры выветривания мел-палеогенового возраста площадного и линейного морфологического типов.

Площадные коры выветривания представлены фрагментарными разрезами глинисто-дресвяно-щебнистых образований с элементами зональности, преимущественно, каолинит-монтмориллонитовых, гидрослюдисто-монтмориллонитовых, каолинитовых, в том числе бокситоносных, образований, маршаллитов, локализованных на плоских денудационных водоразделах в пределах мелких депрессий, протяженностью от первых километров до первых десятков километров. Маршаллиты развиты на водоразделе ключей Баландина и Ребровикового и на левом склоне долины реки Рыбной около металлургического завода. Мощность образований коры выветривания достигает нескольких десятков метров. Коры выветривания фрагментами золотоносны, но специально этот вопрос изучен слабо.

Неогеновая система. Кирнаевская свита (N_2kr)

Отложения свиты встречены на водоразделе р. Рыбной и р. Мал. Аверихи. Представлены красновато-бурыми галечниками, гравием, песками, железистыми конгломерато-брекчиями и конгломератами, глинами. Отложения золотоносны. Мощность свиты 42 м.

Неогеновая и четвертичная системы нерасчлененные. Плиоцен-нижнечетвертичные отложения (N_2-Q_I)

К нерасчлененным отложениям отнесены аллювиальные отложения высоких террас, древних долин, аллювиально-озерные и пролювиально-делювиальные красноцветные и сероцветные глины, суглинки, глинистые пески, гравийно-галечный материал сланцев и кварца. Отложения золотоносны. Мощность от первых метров до первых десятков метров.

Четвертичная система. Верхнечетвертичный отдел (Q_{III}).

Представлен плотными сероцветными, реже красноцветными глинами с редкой галькой и линзами галечников, песков 3, 2, 1 надпойменных террас р. Рыбной. Мощность отложений первые метры.

Современные отложения(Q_{IV})

Представлены элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями. Первые развиты на водораздельных пространствах и их склонах (глины с обломками окружающих пород), вторые – в пределах высоких и низких пойм всех водоемов (глины, галечники, пески).

Интрузивные образования

Интрузивные породы представлены образованиями ультраосновного и основного состава и отнесены к попутнинскому и исаковскому комплексам.

Попутнинский комплекс апоультрабазитов представлен линзовидными телами амфиболовых и тальк-хлоритовых сланцев.

Интрузивные образования основного состава исаковского комплекса пользуются незначительным распространением и представлены зеленокаменно измененными диабазами и диабазовыми порфиритами, залегающими в форме даек и штокообразных тел.

Структура рудного поля

Верхнепротерозойские отложения характеризуются весьма сложной тектоникой, обуславливающейся интенсивным проявлением разнообразных пликативных и дизъюнктивных нарушений, и, в частности, развитием дополнительной складчатости, осложняющей основную структуру.

В пределах собственно рудного поля месторождения на фоне основной моноклинали северо-западного простирания и юго-западного падения наблюдается дополнительная складка северо-восточного простирания, вмещающая в себя главную эксплуатируемую рудную зону (рудную зону № 1). Эта дополнительная складка, в свою очередь, осложнена складками третьего порядка, характеризующимися удлиненностью своих осей, небольшими поперечными размерами и наклоном осей к горизонту под углами 8-10°, изредка доходящими до 25°. Складчатость третьего порядка определяет собой форму рудного тела и на фоне ее наблюдаются складки более мелких порядков вплоть до плойчастости и складчатых микроструктур.

Окрестности рудного поля по характеру складчатых структур могут быть разделены на два участка, границами между которыми служит долина реки Рыбной.

Левобережный участок характеризуется сравнительно слабым развитием дополнительных складок второго порядка, и обычно, моноклинальным залеганием с падением, преимущественно, в западных направлениях, причем углы падения слоев варьируют в широких пределах. Западнее рудной зоны на этом участке отчетливо вырисовывается довольно крупная синклинальная складка с меридионально простирающейся осью, часто отклоняющейся от своего основного направления в разные стороны, благодаря наличию дополнительной складчатости третьего порядка. Западное крыло этой синклинали срезается тектоническим нарушением.

Правобережный участок отличается развитием многочисленных дополнительных складок; простирания и падения слоев здесь совершенно не выдерживаются и часто меняются в самых широких пределах; углы падения также непостоянны и варьируют от 30° до почти вертикальных.

Дизъюнктивные нарушения на Раздольнинском месторождении пользуются весьма значительным развитием, зачастую фиксируются кварцевыми жилами, располагающимися внутри этих зон в виде серии линзовидных тел.

Как отмечает А.С. Аладышкин, наибольшим распространением отличаются нарушения юго-восточного падения, характеризующиеся резко несогласным положением по отношению к вмещающим породам и по ряду косвенных признаков (характер изменения элементов залегания пород вблизи дизъюнктива, развитие мощных зон дробления) относимые к типу сбросов. К этим нарушениям нередко оказываются приуроченными кварцевые жилы, несущие убогорассеянное сурьмяное (и мышьяковое) оруденение, характеризующееся содержанием сурьмы не свыше 1% (обычно значительно ниже), а в единичных случаях ("жила" № 6) - отдельные линзы богатых сурьмяных руд.

А.В. Лесгафтом, при проведении работ по геологической съемке окрестностей Раздольнинского месторождения в масштабе 1:5000, были зафиксированы также крупные сбросы меридионального (или близкого к нему) простиранию, круто падающие на запад. Таких сбросов отмечено было четыре, характерным для них оказалось превращение сланцев в зоне нарушения в рыхлый глинистый материал, а в одном случае и наличие тонких жилок кварца. Меньшее распространение имеют согласные нарушения, среди которых особую роль играют сбросо-сдвиги северо-западного падения, развивающиеся из послойных перемещений и встречающиеся в тесном сочетании с последними. С этими нарушениями оказываются связанными рудные зоны №№ 1, 2 и 2-бис, являющиеся, как известно, промышленными объектами месторождения.

Как следует из изложенного, все перечисленные дизъюнктивные нарушения являются дорудными и с большей частью их связано той или иной степени сурьмяное оруденение. Промышленные концентрации сурьмы приурочены лишь к кварцевым жилам, выполняющим трещины нарушений послойных и согласных (рудные зоны №№ 1, 2 и 2-бис). Жила № 6 представляет собой линзу богатых сурьмяных руд среди зоны убогорассеянного сурьмяного оруденения, приуроченной к секущей зоне разлома, свидетельствует о возможной перспективности и этих зон.

Пострудные тектонические нарушения в пределах рудного поля Раздолинского месторождения также пользуются значительным развитием. Сведения о них приводятся при описании отдельных рудных тел.

Характеристика рудных зон

В пределах месторождения промышленное значение имеют три рудных зоны: № 1, № 2 и № 2-бис. В окрестностях промышленных рудных зон развиты непромышленные сурьмяноносные тела и кварцевые жилы.

В рудном поле Раздольнинского месторождения широко распространены кварцевые жилы. Мощность их колеблется от нескольких миллиметров до одного и иногда более метров; простирание, обычно, северо-восточное и север-северо-восточное; падение, главным образом, западное и, очень редко, восточное. Большинство жил являются секущими по отношению к вмещающим их глинистым и песчано-глинистым сланцам, согласные с залеганием сланцев характеризуются крупные рудоносные кварцевые жилы (рудные зоны №№ 1, 2 и 2-бис)(рис. 3.105-3.111).

Рудная зона № 1

Рудная зона № 1, состоящая из сложнопостроенной кварцевой жилы и вмещающей ее узкой полосы оруденелых сланцев, представляет собой главное рудное тело месторождения и по степени отработки, разведанности, а следовательно, и изученности, условно может быть разделена на две части: восточную, расположенную на левом берегу реки Рыбной, и юго-западную, находящуюся под ее поймой.

Общий контур рудной зоны № 1 в ее промышленной части рисуется в следующем виде.

Морфология и структура

Морфология и структура рудной зоны № 1 определяется развитием сложной кварцевой жилы, вместе с вмещающими ее сланцами, смятой в различные рода складки, нередко сопровождающейся более или менее значительными апофизами и зачастую пересекающейся и на то или иное, обычно небольшое расстояние, смещающейся тектоническими нарушениями.

Пространственное положение рудной зоны № 1, в общем, совпадает с направлением слоистости боковых пород и, следовательно, по типу рудная зона может быть отнесена к пластовым жилам. На флангах, в связи с изменением элементов залегания боковых пород, рудная кварцевая жила нередко постепенно становится секущей.

Простирание рудной зоны № 1, в общем, довольно выдержанное - северо-восточное - в отдельных же участках оно испытывает, более или менее, значительные колебания и азимуты его варьируют в пределах 24-59°. Падение рудной зоны северо-западное, под углами 60-85° в северо-восточной части месторождения и более пологое (до 36° по восстающему горизонта № 6) на юго-западном участке.

Мощность рудной зоны невыдержанная и колеблется в пределах 0,2-3,0 метра, причем нередко рудное тело характеризуется отсутствием монолитности и в этом случае имеет характер своеобразного комплекса, сложенного отдельными оруденелыми прожилками кварца и оруденелыми сланцами.

Рудная зона № 1, залегающая в общем согласно с вмещающими ее сланцами, повторяет в общих чертах их структуру, определяющуюся развитием дополнительной складчатости.

Складки рудного тела проявляются достаточно резко как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости и развиваются от едва заметных изгибов до полно развитых синклиналей и антиклиналей, причем во всех случаях в аналогичные складки оказываются смятыми и вмещающие жилу сланцы. Среди разнообразных форм встречающихся складок, наглядно изображенных на зарисовках подземных горных выработок, по положению крыльев различают три основных типа: фестончатые складки с пологим падением крыла согласно основному падению пород, фестончатые складки с горизонтально лежащим шарниром и полноразвитые складки. Последние пользуются наибольшим распространением и среди них наблюдаются разновидности, различающиеся степенью наклона крыльев (крутые и пологие складки), положением осевой плоскости (прямые и косые складки), наличием или отсутствием разрывов. Оси складок повсеместно наклонены к горизонту под углами 8-10°, в отдельных случаях углы наклона их достигают 25°. Склонение осей складок, большей частью имеет, северо-восточное направление, реже наблюдаются склонения юго-западные, приуроченные, преимущественно, к флангам месторождения. По простиранию складки в отдельных случаях прослеживаются на протяжении 400-450 метров, переходя с горизонта на горизонт вплоть до выклинивания рудного тела. Поперечные размеры складок обычно колеблются в пределах 4-5 метров, достигая иногда 12-14 метров. Амплитуда складок большей частью составляет 1-2 метра, реже 2-4 метра.

С дополнительной складчатостью генетически связаны немногочисленные апофизы, сопровождающие почти каждую складку основного рудного тела, далеко не всегда имеющие, однако, промышленное значение.

Вещественный состав

Рудная зона № 1 состоит из оруденелой кварцевой жилы и приконтактовой полосы вмещающих ее сланцев, также несущей сурьмяное оруденение.

Основными рудными минералами, слагающими рудное тело, являются антимонит и бертьерит, при преобладании первого и, несколько меньшим, распространением второго. Из прочих сульфидных минералов встречается пирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит и группа железисто-свинцово-сурьмяных минералов разнообразного состава. Под микроскопом устанавливается также халькопирит, блеклая руда, марказит, самородное золото и серебро, ковеллин, магнетит, галенит, никелин и пентландит. Минералы зоны окисления развиты до глубины 55-60 метров от поверхности. Среди них встречаются фольгерит, сервантит, валентинит, биндгеймит, ярозит, кермезит и лимонит. Основным жильным минералом является кварц, в небольшом количестве развиты карбонаты и серицит.

Антимонит является главнейшим рудным минералом рудной зоны № 1 и встречается, по А.С. Аладышкину, в следующих структурно-генетических типах:

1. Крупнозернистый антимонит, образующий отдельные идиоморфные кристаллы таблитчатой формы, длиной 3-4 см, иногда вытянутые и взаимно параллельно ориентированные, почти всегда смятые и обладающие, благодаря этому, волнистой поверхностью, - встречаются редко и приурочивается к мощным, но небогатым участкам кварцевой жилы.

2. Среднезернистый антимонит развит в виде агрегатов спутанно-волокнистых, изогнутых, с неясными очертаниями кристаллов, иногда субпараллельно ориентированных, между которыми располагается описываемый ниже антимонит чешуйчатый, - встречается довольно часто, приурочиваясь, преимущественно, к складкам рудного тела.

3. Тонкозернистый чешуйчатый антимонит, всегда встречающийся в сочетании с антимонитом предыдущего типа, - характеризуется субпараллельной ориентировкой кристаллов, наблюдается довольно часто и приурочивается, обычно, к складкам рудного тела.

4. Мелкозернистый и тонкозернистый антимонит в ассоциации с кварцем в виде различных размеров (вплоть до микроскопических) округлых зерен, - приурочивается, обычно, к крутопадающим маломощным частям кварцевых жил, апофизам и реже к складкам.

5. Плотный (сплошной) антимонит микрочешуйчатого сложения, - встречающийся довольно редко.

6. Среднезернистый и крупнозернистый антимонит, образующий агрегаты таблитчатых, обычно волнисто смятых кристаллов, цементирующих угловатые обломки и зерна кварца, - пользуется сравнительно редким рас-

пространением и приурочивается как складкам, так и к крутопадающим частям кварцевых жил, тяготея к более мощным их участкам.

7. Пленочный антимонит, развивающийся по трещинам в кварце и вмещающих его сланцах, распространен широко, но практическое значение его незначительно.

8. Игольчатый, звездчатый и волосовидный антимонит, наблюдающийся в виде щеток, друз и кокардовых образований по тектоническим трещинам и в пустотах в антимоните и бертьерите, - обычен в зонах интенсивного проявления пострудной тектоники, часто встречается совместно с карбонатами, практическое значение его невелико.

Образование различных структурных форм антимонита обусловливалось очевидно неодинаковыми условиями кристаллизации его при остывании термальных растворов.

Микроскопическое изучение антимонита выявляет его белый цвет, высокую отражательную способность, сильное двуотражение, низкую твердость (легко чертится медной иглой), сильный эффект анизотропии. При нестрого скрещенных николях обнаруживается цветной эффект (от синего до сиреневого). Внутренний рефлекс не наблюдается. Нередко встречаются двойники.

Бертьерит - как известно, является минералом весьма редким. В рудах Раздольнинского месторождения, однако, распространение его значительно, и, наряду с антимонитом, он является основным рудным минералом, используемым для получения сурьмы.

В большинстве случаев бертьерит встречается в виде мелкозернистых или микрозернистых агрегатов кристаллов с неясными очертаниями. Цвет бертьерита стально-серый с латунным оттенком, часто с радужной побежалостью, черта черновато-серая, блеск металлический. Бертьерит хрупок, твердость его 2,5-3. Под микроскопом бертьерит похож на антимонит (сильно анизотропен), но более ярко окрашен (цвет белый с коричневым оттенком), как буланжерит или джемсонит. Травление -KOH, -HNO_3, -HCl, -KCN, -$FeCl_3$, позволило А.С. Аладышкину выделить следующие структурные разновидности бертьерита:

1. Мелкозернистый (иногда с переходами до среднезернистого) бертьерит, - встречающийся в виде штуфных скоплений в кварце или жилок в сланцах; кристаллы изометричные, обычно с извилистыми очертаниями.

2. Плотный или микрозернистый бертьерит, - также наблюдающийся в виде штуфных скоплений в кварце и жилок в сланцах.

3. Волосовидный бертьерит, - развивающийся по трещинам в кварце и сланцах.

4. Землистые налеты бертьерита по плоскостям дробления в кварце.

Практическое значение имеет только бертьерит первого и второго типов.

Под микроскопом бертьерит характеризуется белым цветом, отражательной способностью 27-38%, высоким двуотражением, сильной анизотропией (наблюдается цветной эффект).

Пирит – известен в двух генерациях - сингенетичный со сланцами и образовавшийся в процессе рудоотложения.

Пирит первой генерации, рассеянный в сланцах, наблюдается в виде правильных кубических кристаллов размерами 2-8 мм, в верхних горизонтах выщелоченных и оставивших после себя правильные пустоты.

Пирит второй генерации чаще всего встречается в зальбандах рудной кварцевой жилы, в сланцах, располагаясь по их сланцеватости. Наибольшая пиритизация развивается в висячем боку рудного тела, причем в случае сливных сульфидных (штуфных) руд здесь нередко наблюдается своеобразная ленточная пиритизация сланцев, в более бедных рудах (оруденелый кварц) встречается рассеянная вкрапленность пирита. Кристаллы пирита второй генерации обычно идиоморфны и отличаются более мелкой величиной (0,1-2 мм). Под микроскопом пирит характеризуется бледно-желтым цветом, высокой отражательной способностью (53%), высокой твердостью, а также нередко раздробленностью и изрезанностью тонкими нитеобразными прожилками кварца и карбоната и, изредка, корродированностью по периферии кристаллов. Мелкие выделения пирита наблюдаются в антимоните и бертьерите; в пирите иногда встречаются правильной формы кристаллы арсенопирита и агрегаты кристаллов пирротина. Взаимоотношения пирита с другими рудными минералами и кварцем свидетельствует о том, что он выделился одним из первых.

Арсенопирит - довольно часто встречается в сланцах (в приконтактной полосе) и реже в кварце, обычно в небольшом количестве, в виде тонкоигольчатой вкрапленности, нередко приурочиваясь к участкам бертьеритового оруденения. Под микроскопом обнаруживается его совместное нахождение с пиритом, иногда наблюдается их взаимное прорастание, свидетельствующее об одновременности выделения и, возможно, о несколько более раннем образовании арсенопирита. Мельчайшие ромбовидные или боченкообразные кристаллы арсенопирита очень часто встречаются в бертьерите.

Под микроскопом арсенопирит характеризуется галенитово-белым цветом, сильной анизотропией, слабым двуотражением, отражательной способностью 67%, высокой твердостью.

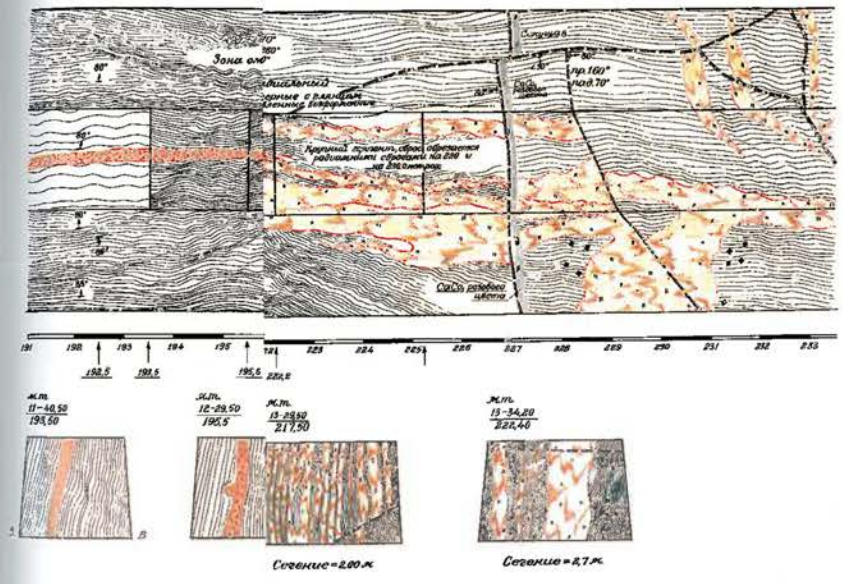
Пирротин наблюдается в виде весьма мелкой вкрапленности или мелких скоплений в кварце и бертьерите (иногда, как уже отмечалось, в срастании с пиритом), эмульсионной вкрапленности в сфалерите и, иногда, в тонкой смеси с марказитом. Кроме того, пирротин встречается и совместно с минералами сульфосолей. Микроскопическое изучение показывает его кремовый цвет, сильную анизотропию, ясно различимое двуотражение и среднюю твердость. Внутренние рефлексы не наблюдаются.

Сфалерит довольно редко встречается в виде тонких жилок и мелкой вкрапленности в кварце, сланцах и карбонатах, устанавливается микроскопически в бертьерите, а также оказывается приуроченным и к минералам группы сульфосолей. Под микроскопом констатируются размеры зерен в пределах 0,07-0,1 мм, их неправильная извилистая форма и эмульсионная вкрапленность в них халькопирита и пирротина, располагающиеся иногда в виде цепочки по границам отдельных зерен сфалерита. Микроскопическое изучение обнаруживает серый цвет сфалерита, отражательную способность 17%, среднюю твердость, изотропность и желтые внутренние рефлексы.

Группа железисто-свинцово-сурьмяных минералов типа сульфосолей была выявлена А.С. Аладышкиным в результате находок нескольких образцов с неизвестными ранее минералами, определенными им как ферробурнонит и ферроджемсонит.

Ферробурнонит был встречен в штреке горизонта № 5, на участке рудного тела, характеризующимся развитием пирротина и сфалерита и отсутствием видимых антимонита и бертьерита, в виде короткостолбчатых кристаллов с совершенной спайностью в трех направлениях (по призме) и штриховкой на гранях, свинцово-серого цвета (несколько более темного, чем таковой антимонита): черта минерала темно-серая, твердость около двух, в концентрированной азотной кислоте на холоде происходит растрескивание его с выделением бурых окислов азота и серы.

Ферроджемсонит был найден в районе восстающих № 8, № 4 в виде бесформенных шлаковидных желваков свет-



(7 горизонта)

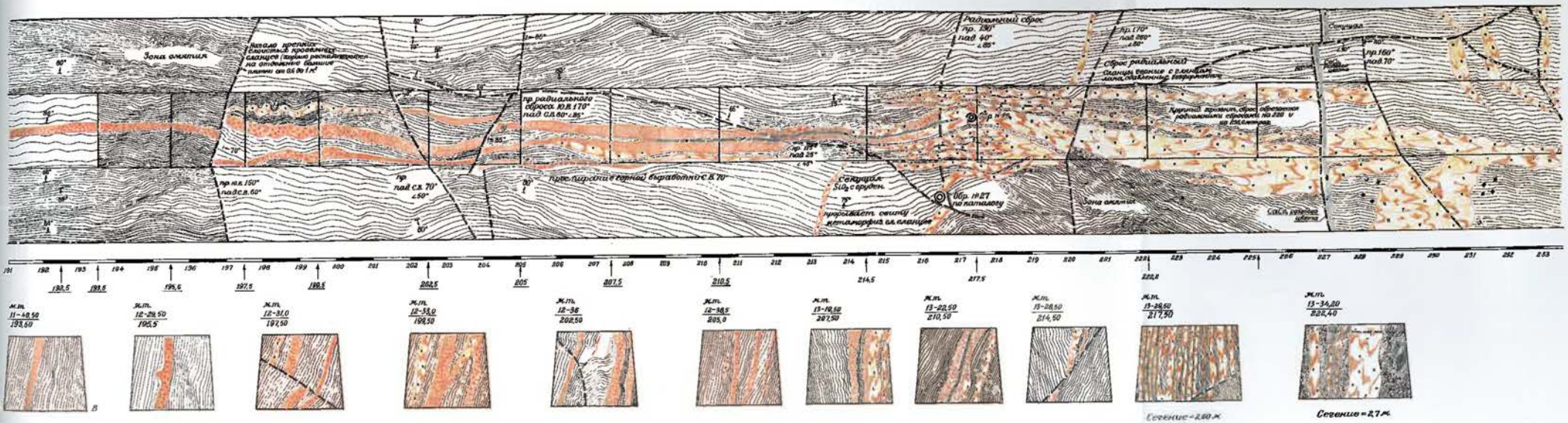


Рис. 3.105. Геологическое строение рудной зоны №1 Раздолинского сурьмяного месторождения (северо-восточный штрек 7 горизонта)
(по материалам Раздолинского рудника, 1950 г.)

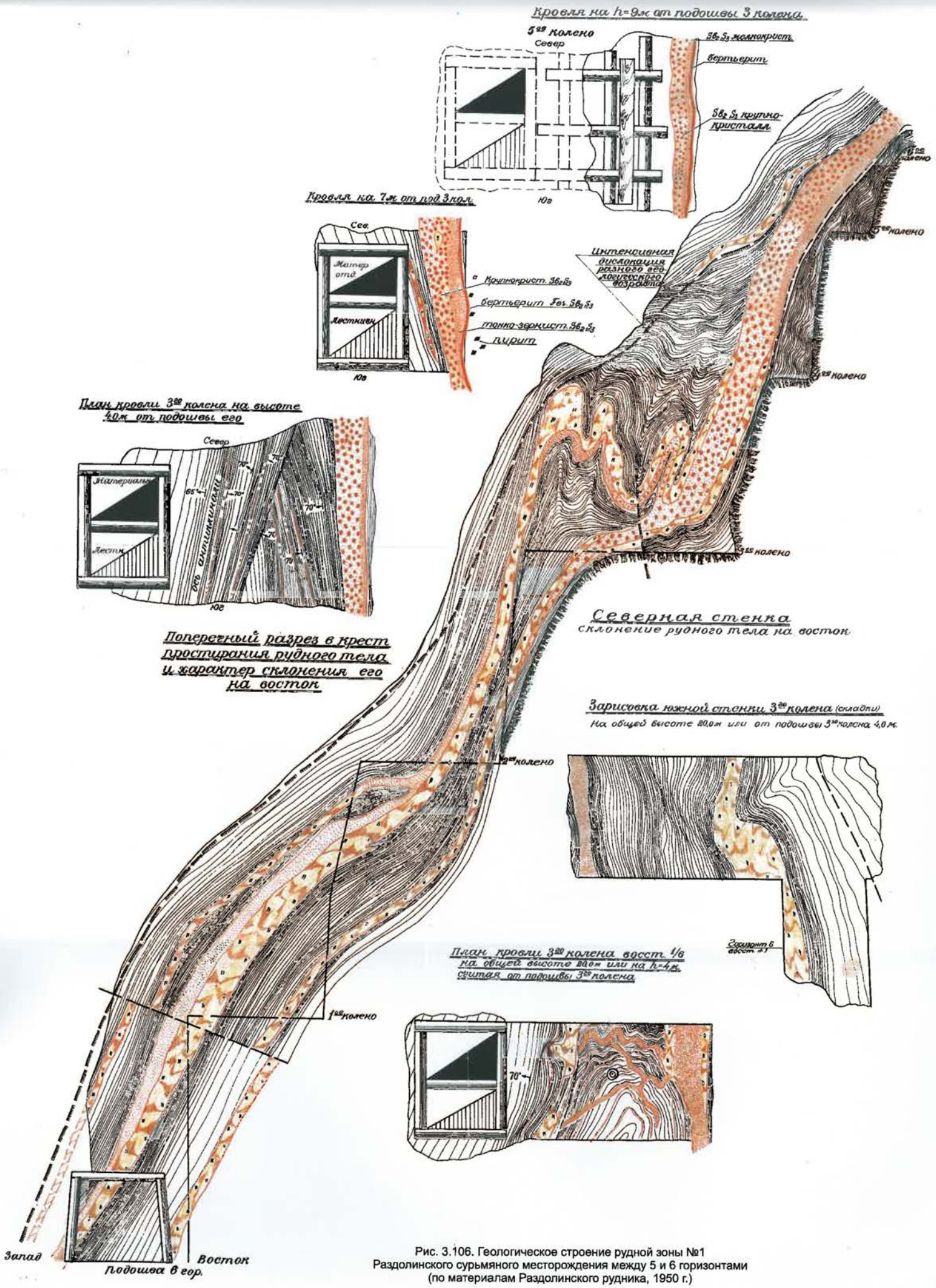
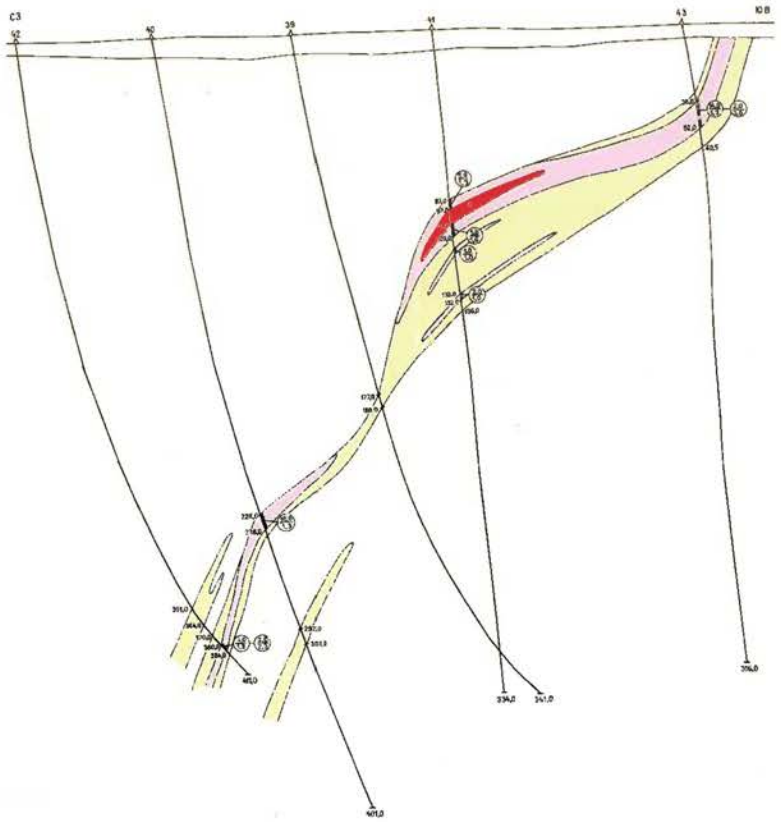


Рис. 3.106. Геологическое строение рудной зоны №1
Раздолинского сурьмяного месторождения между 5 и 6 горизонтами
(по материалам Раздолинского рудника, 1950 г.)

Геологический разрез по поисковой линии **I-I**

(по И.П. Ашарову, 1980 г.)

Масштаб 1: 2000



Геологический разрез по поисковой линии **IV-IV**

*(*Ангарский золото-сурьмяный комбинат,*1961* г.)

Масштаб 1: 2000

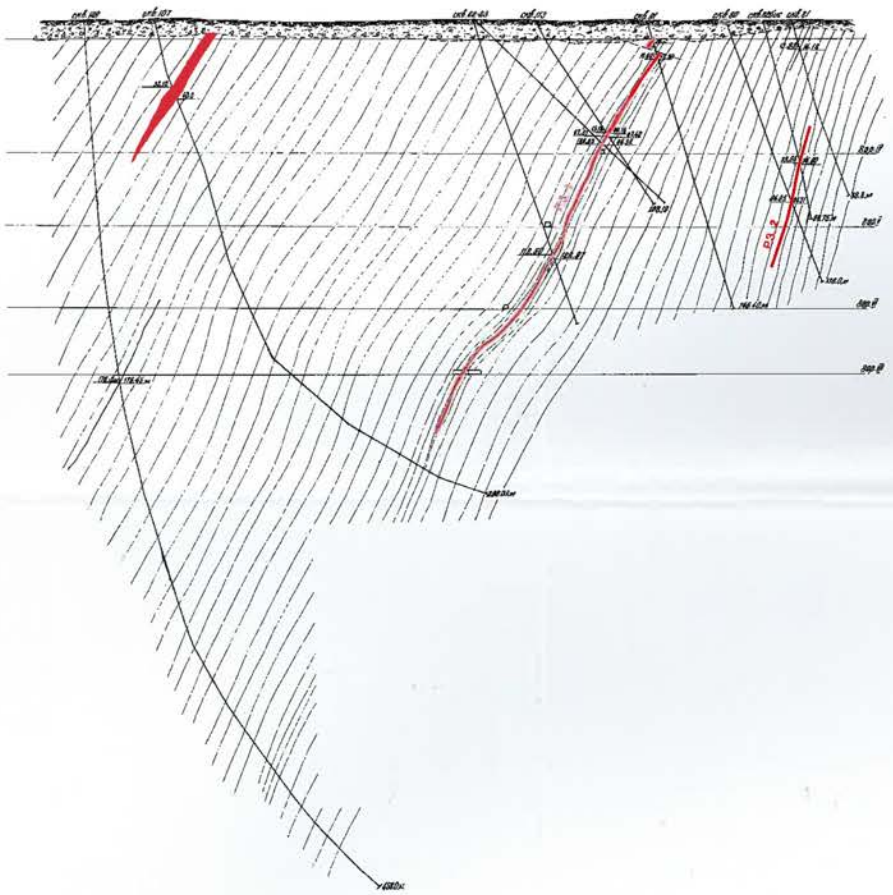
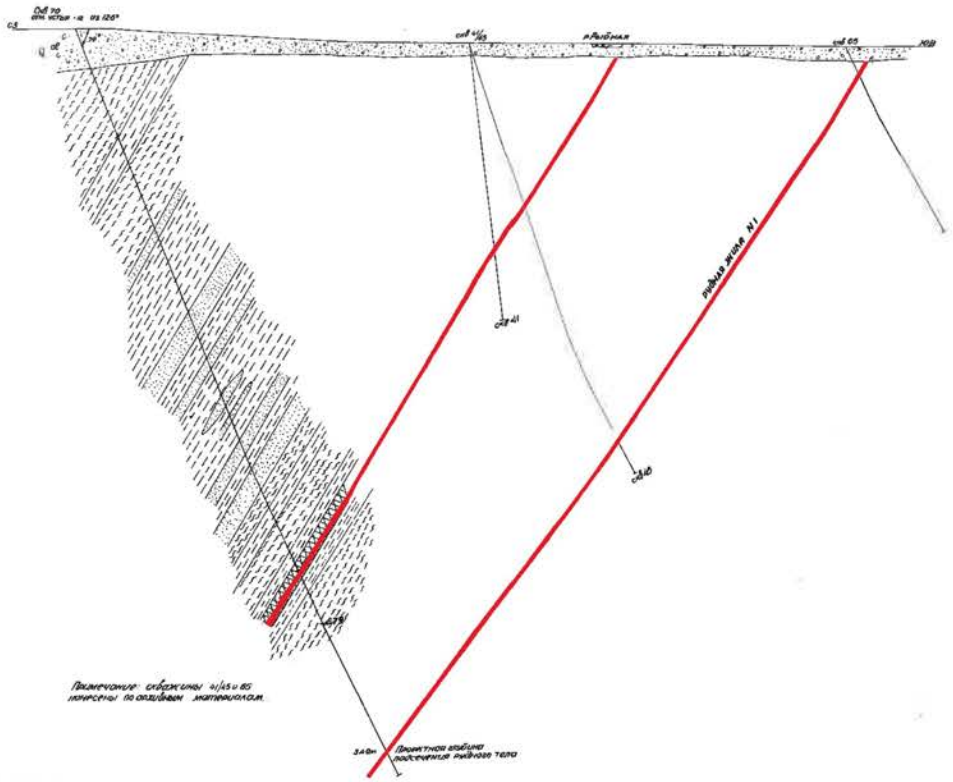


Рис. 3.107. Геологические разрезы по поисковым
линиям **I-I, II-II, III-III, IV-IV, V-V, VI-VI, VII-VII, VIII-VIII** Раздолинского золото-сурьмяного месторождения

(использованы фактические материалы Ангарской ГРЭ, 1980 и Раздолинского рудника, 1945-1961 гг.)

Геологический разрез по поисковой линии **III-III**
(Северо-Ангарское горно-промышленное Управление, *1958* г.)

Масштаб 1: 2000



Геологический разрез по поисковой линии **V-V**
(Ангарский золото-сурьмяный комбинат, *1961* г.)

Масштаб 1: 2000

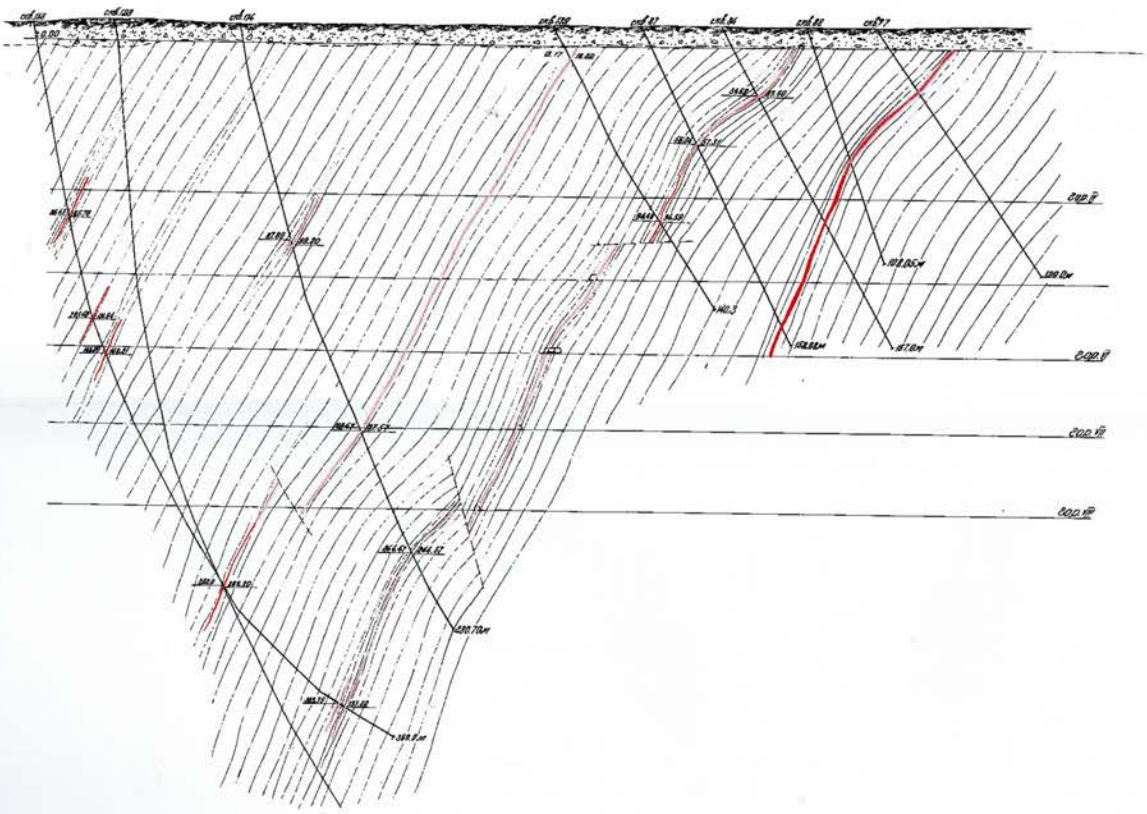
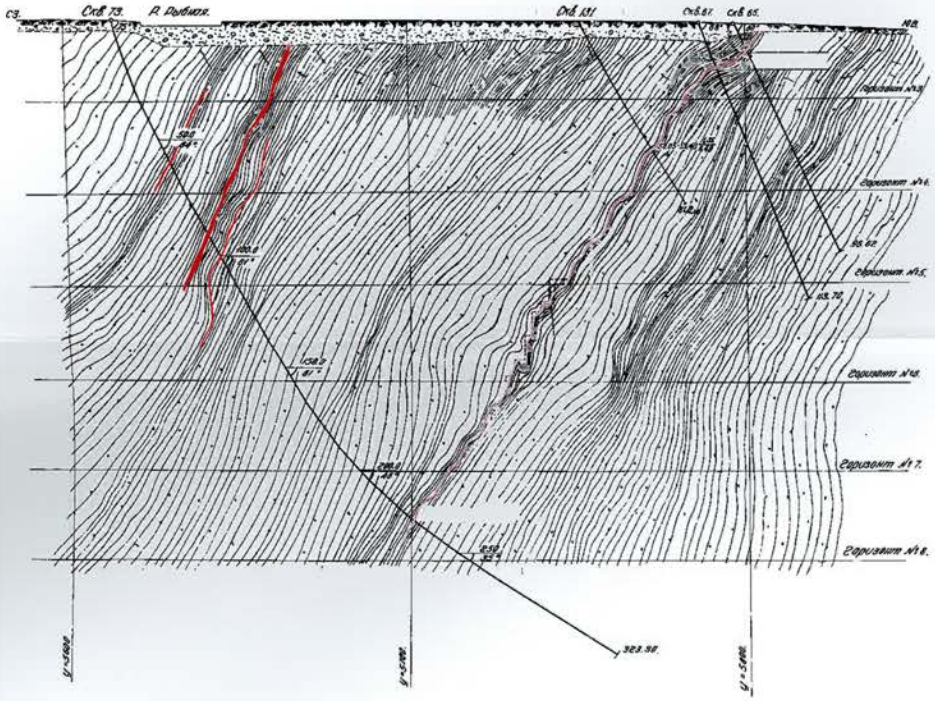


Рис. 3.108. Геологический разрез по поисковой линии **III-III**
(Северо-Ангарское горно-промышленное Управление, 1958 г.)

Геологический разрез по поисковой линии **III-III**
(Северо-Ангарское горно-промышленное Управление, *1958* г.)
Масштаб 1: 2000



Геологический разрез по поисковой линии **VI-VI**
(Ангарский золото-сурьмяный комбинат, *1959* г.)
Масштаб 1: 2000

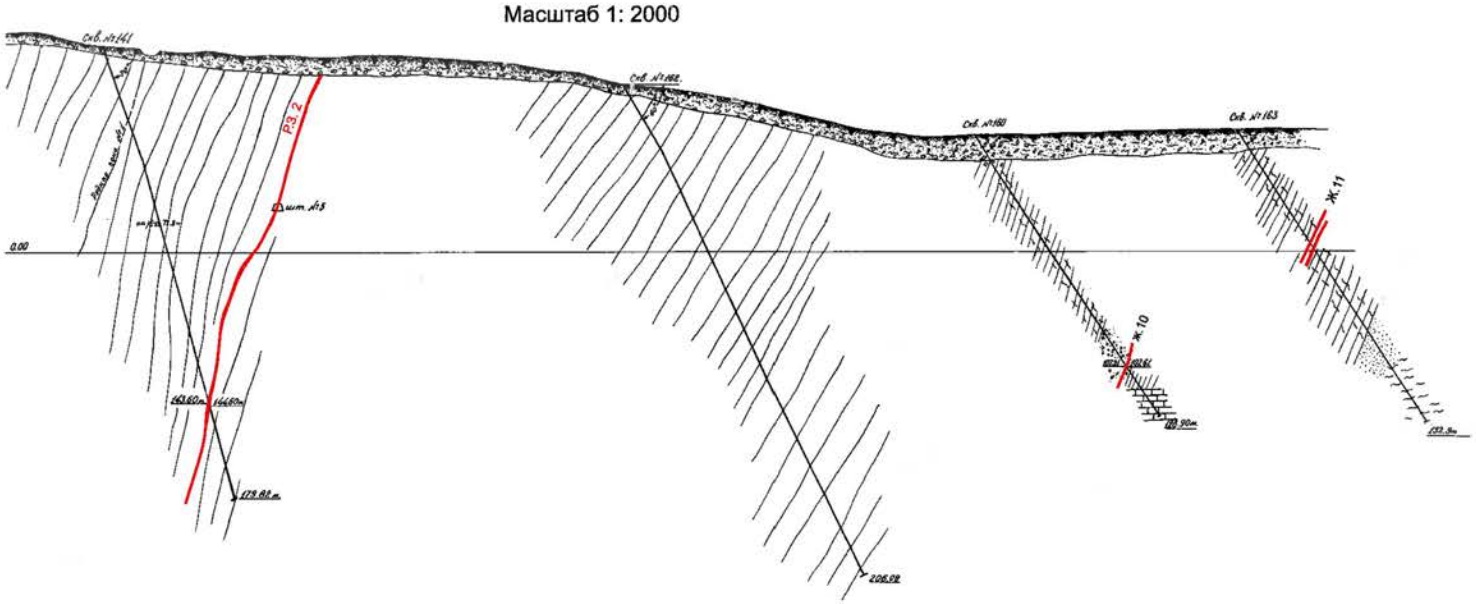
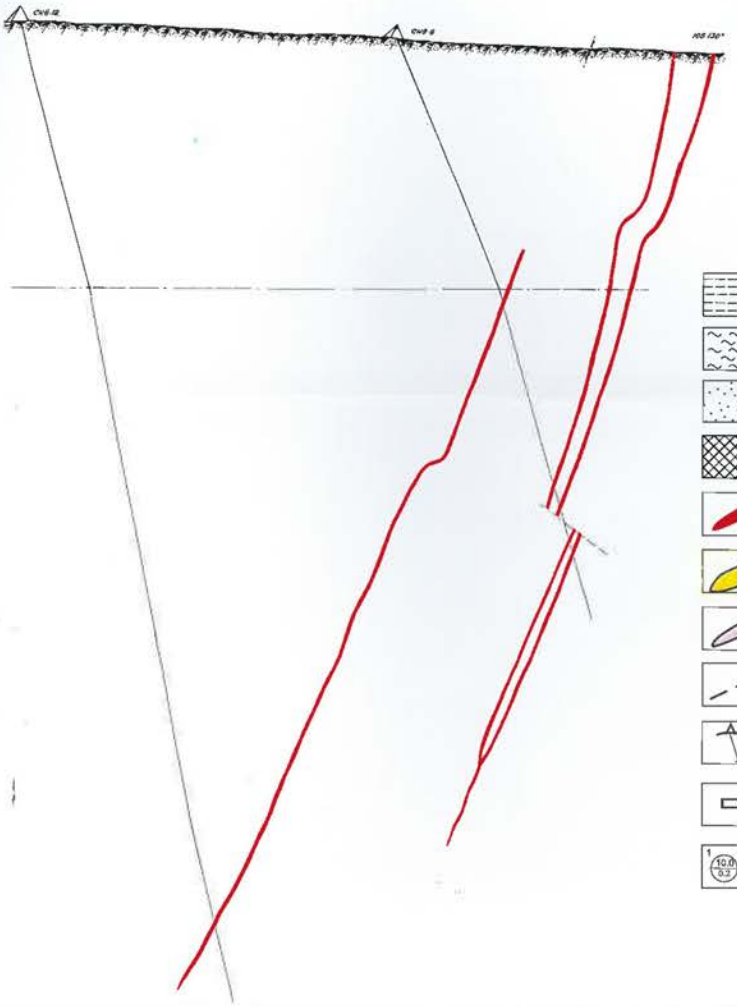


Рис. 3.109. Геологический разрез по поисковой линии **III-III**
(Северо-Ангарское горно-промышленное Управление, 1958 г.)

Геологический разрез по поисковой линии **VII-VII**
(Раздолинский рудник, *1945* г.)
Масштаб 1: 2000



Условные обозначения

Кординская свита (R_3kd)

- Сланцы глинистые ленточные (тонкослоистые)
- Сланцы глинистые массивные (неслоистые)
- Песчано-глинистые сланцы
- Сланцы оруденелы́е (сурьмяная минерализация)
- Кварцевые жилы
- Рудная зона золото-сульфидного оруденения, оконтуренная по бортовому содержанию золота 0,1 г/т
- Рудное тело золото-сульфидного оруденения, оконтуренное по бортовому содержанию золота 1 г/т
- Сбросы
- Скважина, ее номер и глубина проходки (42 / 334.0)
- Горные выработки
- Результаты кернового опробования: 1- длина рудного интервала в м (числитель), содержание золота по данным пробирного анализа, в г/т (знаменатель); 2- повышенные содержания золота и длина интервала внутри рудного тела (1: 10.0 / 0.2; 2: 1.5 / 3.2)

Геологический разрез по поисковой линии **VIII-VIII**
(Ангарский золото-сурьмяный комбинат, *1959* г.)
Масштаб 1: 1000

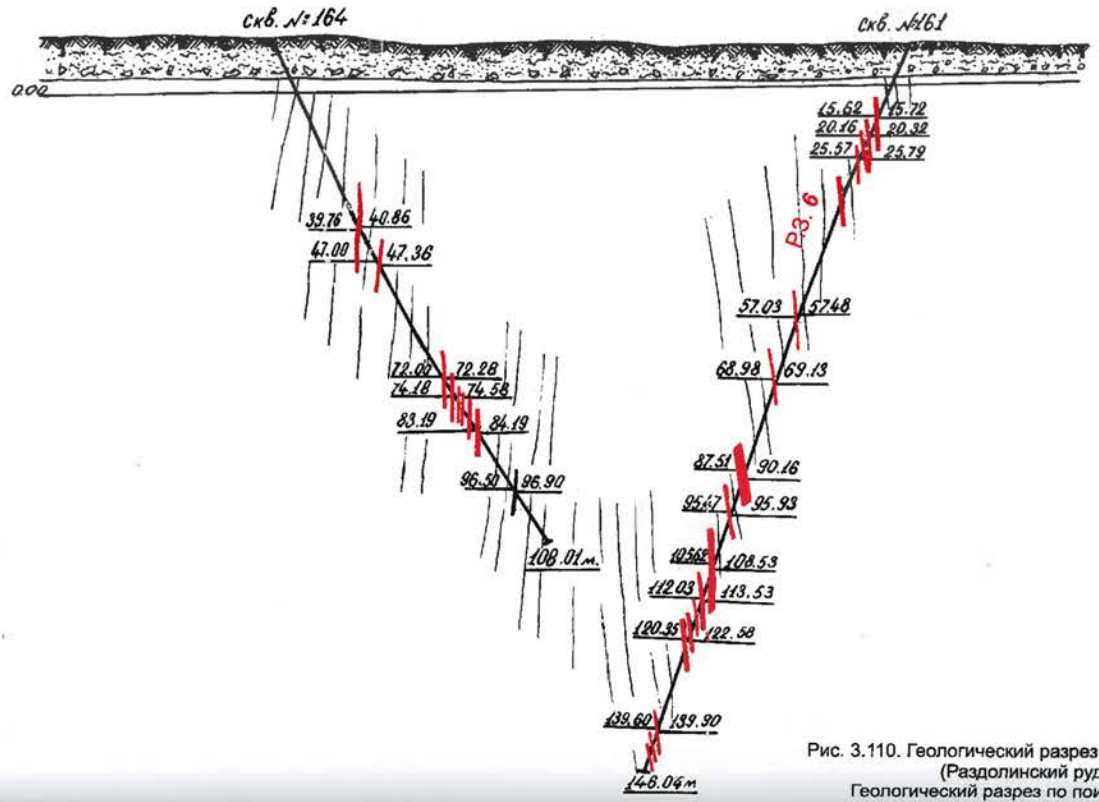


Рис. 3.110. Геологический разрез по поисковой линии **VII-VII** (Раздолинский рудник, 1945 г.)
Геологический разрез по поисковой линии **VIII-VIII** (Ангарский золото-сурьмяный комбинат, *1959* г.)

Геологический разрез по поисковой линии **VIII-VIII**
(Ангарский золото-сурьмяный комбинат, *1959* г.)
Масштаб 1: 1000

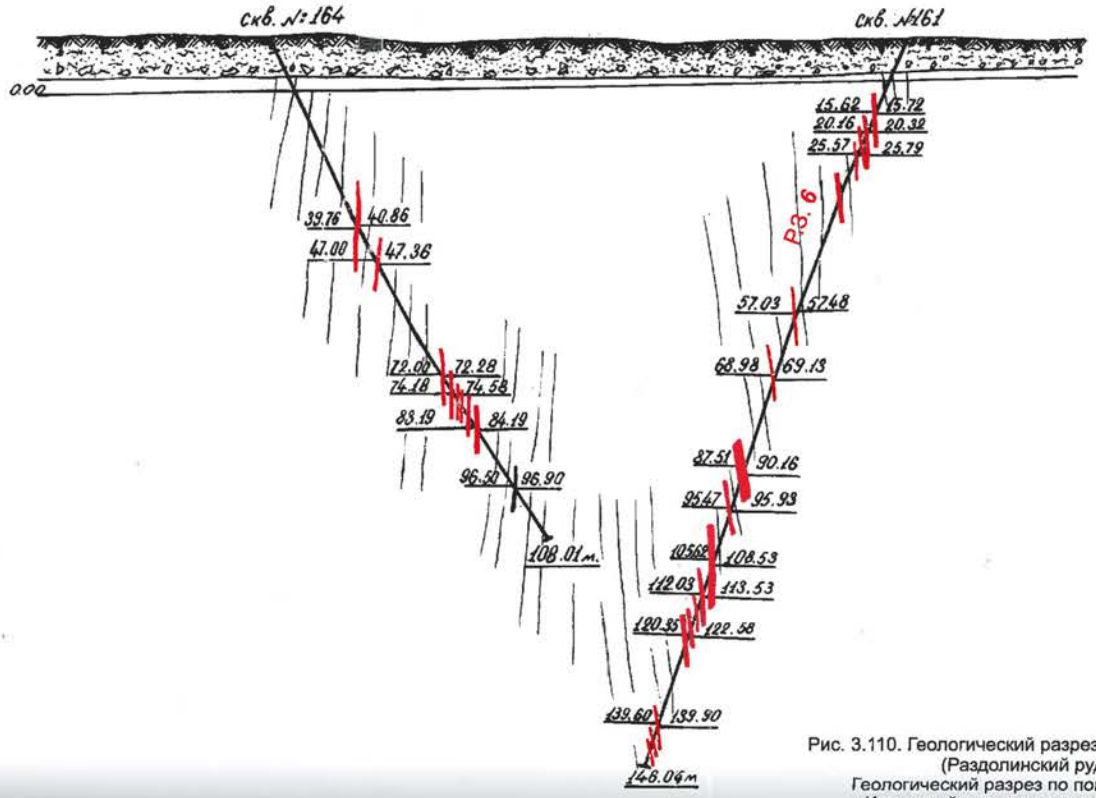


Рис. 3.110. Геологический разрез по поисковой линии **VII-VII**
(Раздолинский рудник, 1945 г.)
Геологический разрез по поисковой линии **VIII-VIII**
(Ангарский золото-сурьмяный комбинат, *1959* г.)

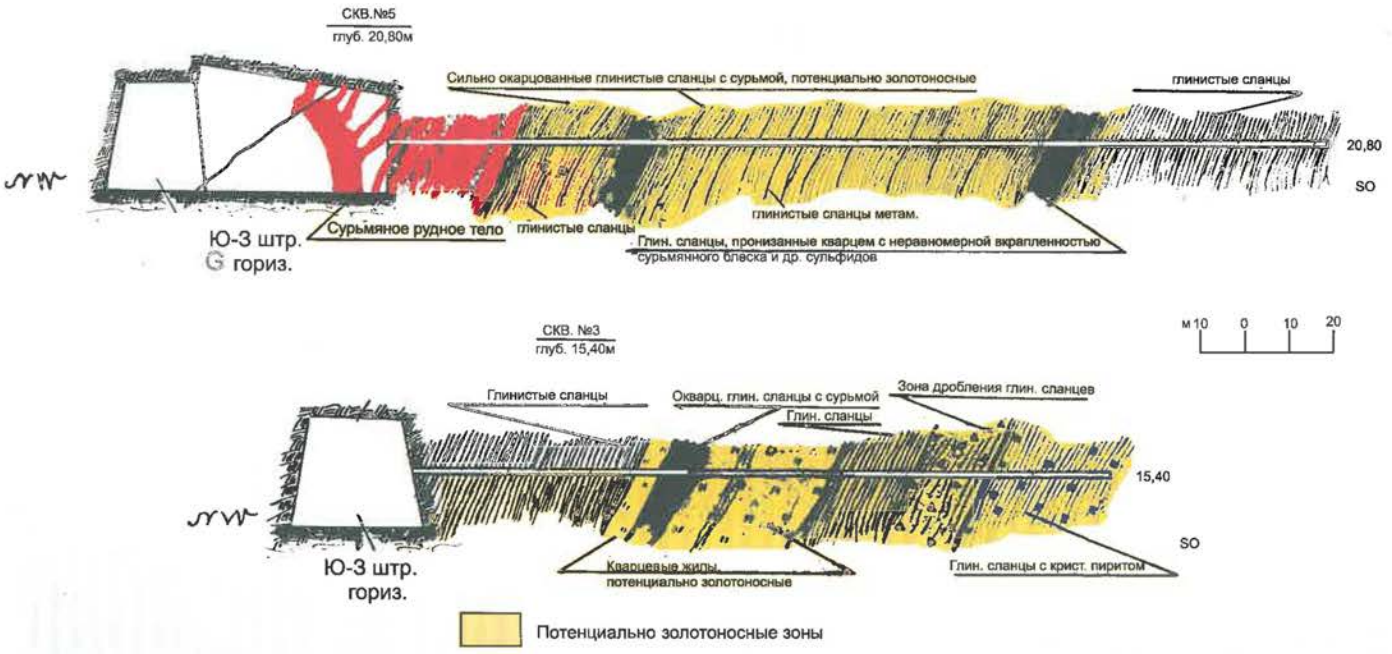


Рис. 3.111. Геологические разрезы по подземным скважинам № 3 № 5 Раздолинского сурьмяного месторождения

ло-стально-серого цвета с латунно-желтой побежалостью, металлическим (до металловидного) блеском. Черта минерала черно-серая, твердость около двух, удельный вес 5,12, реакция с концентрированной азотной кислотой аналогична таковой для ферробурнонита. Химический анализ показывает 36,25% Sb, 35,83% Pb, 4,82% Fe; 21,96% Sb и 0,5 нерастворимого остатка (сумма 99,36%).

Кроме ферробурнонита и ферроджемсонита, А.С. Аладышкиным отмечается также минерал состава $PbS{\cdot}Fe_2S_3{\cdot}6Sb_2S_3$, внешне сходный с тонкозернистым рассланцованным антимонитом и обнаруженный в верхней части блока № 7 горизонта № 3. Химический состав этого минерала показывает 45,35% Sb, 6,35% Pb; 9,24% Fe, 26,91% S и 11,32% нерастворимого остатка (сумма 99,17%).

Халькопирит устанавливается микроскопически в виде мелких включений в бертьерите, самостоятельных выделений в кварце и приконтактовых сланцах, эмульсионной вкрапленности в сфалерите, тончайших прожилков в блеклой руде или на границе ее с бертьеритом, реже наблюдается в пирите. Под микроскопом халькопирит характеризуется желтым цветом, отражательной способностью 47%, изотропностью, средней твердости (чертится без нажима стальной иглой).

Блеклая руда обнаруживается под микроскопом в виде прожилкообразных или неправильных выделений в бертьерите, по периферии, иногда замещенных ковеллином. Микроскопическое исследование показывает ее светло-серый цвет, отражательную способность 29%, изотропность и среднюю твердость.

Марказит развивается редко, по бертьериту или пирротину, окружая их тонкой каймой или находясь с ними в тесном прорастании. Под микроскопом характеризуется бледно-желтым цветом, отражательной способностью 55%, высокой твердостью и анизотропностью.

Золото самородное приурочивается к блеклой руде, бертьериту и халькопириту и было установлено Г.И. Петровым (1937 г.) в шлифах в виде мельчайших зернышек величиной до 0,005 мм, образующихся на границе между этими минералами, а также Т.А. Рубцовой в виде узкой каемки по периферии выделений халькопирита и тончайших червеобразных прожилков по трещинам спайности кальцита.

По результатам пробирного анализа золото установлено в 19 пробах кварца, сланцев и концентрата. Содержание его варьирует от 0,1 до 5,2 г/т. В глинистых сланцах максимальное содержание золота достигает 5,2 г/т, в кварце 0,1-0,6 г/т, в концентрате - 0,2-3,1 г/т (Петров, 1937 г.).

Серебро обнаруживается под микроскопом в бертьерите в виде мельчайших зерен с характерным блеском и цветом.

Ковеллин встречается в виде тонкозернистого агрегата, чаще всего по блеклой руде, а также ассоциирует с окисленными минералами, образующимися по антимониту и бертьериту.

Магнетит наблюдается в рудном теле, во вмещающих его сланцах, в виде очень мелких, устанавливаемых только микроскопически в виде скелетной формы, зерен, характеризующихся светло-серым цветом, отражательной способностью 20%, изотропностью, высокой твердостью и высоким рельефом.

Галенит обнаружен в аншлифах в виде мельчайшей вкрапленности в бертьерите.

Никелин - установлен в виде одиночных, очень мелких зерен в бертьерите и приуроченном к нему сфалерите. Обнаруживается никелин только под микроскопом и характеризуется белым с розоватым оттенком цветом, отражательной способностью 53-56%, заметным двуотражением, анизатропностью, рельефом, более высоким, чем таковой у бертьерита, и положительной реакцией с диметилглиоксином.

Пентландит - обнаружен в одном аншлифе, в виде ангедральной формы выделений (величиной порядка сотых долей миллиметра) в пирротине. Отражательная способность пентландита 53%, цвет бледно-кремовый, твердость средняя, рельеф ниже такового пирротина, реакция отпечатка на никель на фотобумаге с диметилглиоксином положительная.

Основным и почти единственным жильным минералом рудной зоны № 1 (и месторождения в целом) является кварц, встречающийся, по А.С. Аладышкину, в виде четырех структурно-генетических типов, соответствующих четырем основным гипогенным фазам минералообразовательного процесса.

Кварц I генерации - встречается в виде включений в антимоните четвертого и шестого типов и сплошных масс (также совместно с антимонитом) и характеризуется развитием кристаллов и кристаллических агрегатов величиной до 3-5 мм, прозрачных в отдельных индивидуумах и имеющих сероватую окраску в общей массе.

Кварц II генерации - наблюдается в виде сплошных масс в участках бертьеритового оруденения, в виде прожилков и призальбандовых оторочек в местах проявления антимонитового оруденения и характеризуется развитием мелкозернистых непрозрачных, слегка молочного оттенка агрегатов.

Кварц III генерации - обнаруживается довольно редко, в виде прожилков, и в отдельных случаях, жил, слабо минерализованных пирротином и сульфосолями сурьмы. Кварц этой генерации образует мелкозернистые агрегаты молочно-белой окраски, более ярко выраженной, нежели у кварца предыдущего типа.

Кварц IV генерации - развивается в виде тонких прожилков, слагающихся светло-серыми мелкозернистыми агрегатами совместно с карбонатами.

Перечисленные четыре генерации кварца, из которых наибольшим распространением пользуются первые две, относятся к гипогенной фазе рудообразования. Наряду с ними на Раздольнинском месторождении встречается и кварц гипергенный, характеризующийся развитием прозрачных, хорошо ограненных кристаллов, встречающихся совместно с окисленными сурьмяными минералами, а также опал, образующийся по стенкам трещин и имеющий колломорфную структуру.

Карбонаты встречаются на месторождении в небольших количествах, в виде двух генераций.

Карбонаты первой генерации наблюдаются в виде маломощных прожилков, обычно секущих рудное тело и характеризующихся белым с перламутровым оттенком цветом, крупнокристаллическим сложением и наличием вкрапленности антимонита, зафиксированной в восстающем № 1 горизонта № 6 юго-западного участка месторождения, в штреке этого горизонта в районе репера 10, в восстающем № 2 горизонта у северо-восточного участка и в других местах. Изредка с белыми карбонатами оказываются связанными карбонаты темного, почти черного цвета.

Карбонаты второй генерации отличаются желтоватым и розоватым цветом и мелкокристаллическим сложением и никогда не встречаются совместно с антимонитом, ассоциируя иногда со сфалеритом. Карбонаты этой генерации развиваются в виде прожилков (и в некоторых случаях натечных форм в пустотах) и в кварце.

Микроскопическое изучение карбонатов показывает преобладание среди них кальцита, подчиненное развитие доломита и редкое присутствие анкерита.

Серицит наблюдается довольно часто, также в небольших количествах слагая, включения сланцев, сопутствующие в виде неправильных участков в кварцевых жилах и обязанные, по-видимому, "захвату" сланцев кварцем в процессе формирования жил.

Гидротермально-метасоматические образования

Околожильные гидротермально-метасоматические изменения вмещающих кварцевую жилу пород (сланцев) сводятся к их осветлению, серицитизации, отчасти окварцеванию и развитию сульфидного оруденения.

Осветление, которому подвергаются обычно только песчано-глинистые сланцы, развивается большей частью в пределах узкой приконтактовой полосы (мощностью 1-2 метра, лишь в отдельных случаях достигающей ширины 15-20 метров) в районе буровой скважины № 25 и обусловливается, как то было установлено, экспериментальным путем Г.И. Петровым (1937), выгоранием углистого вещества под действием высоких температур, а также разложением хлорита, количество которого резко сокращается по мере приближения к контакту с рудной кварцевой жилой.

Серицитизация обнаруживается также в существенных масштабах в приконтактовой полосе и связана с перегруппировкой молекул в процессе контактового воздействия образовавшейся рудной кварцевой жилы.

Окварцевание выражается в развитии в сланцах приконтактовой полосы тонких жилок кварца, сингенетичного с основной кварцевой жилой.

Сульфидное оруденение в сланцах заключается в повсеместном присутствии в них, в пределах узкой приконтактовой полосы, входящей вместе с кварцевой жилой в состав рудной зоны, сурьмяных минералов, образующих тончайшие жилки, либо вкрапленность, приуроченную главным образом, к плоскостям слоистости, сланцеватости, а также пиритизации и развитии игольчатого арсенопирита.

Сурьмяное оруденение в сланцах, вмещающих рудное тело, в пределах узкой приконтактовой полосы, в большинстве случаев целиком вскрываемой соответствующими горными выработками, оказывается обычно промышленным, и сланцы, вместе с материалом кварцевой жилы, образуют добываемую рудную массу. За пределами горных выработок, за исключением случаев смещения рудного тела или развитием апофиз, промышленное оруденение, как правило, отсутствует

В зоне окисления боковые породы подвергаются каолинизации, приводящей в отдельных случаях к полному превращению сланцев (в пределах небольших участков) в каолин.

Распределение металла в рудном теле

Закономерности распределения металла в рудной зоне № 1, несмотря на обилие фактического материала по отработанным участкам, устанавливаются с большим трудом и изложены лишь в схематическом виде.

Наиболее богатые рудные скопления приурочиваются, обычно, к складкам рудного тела, которые, однако, сами располагаются без заметной закономерности, и, кроме того, степень оруденения в них, как правило, не выдерживается по простиранию.

Оруденение в рудной зоне № 1 (как и во всем месторождении) характеризуется крайней неравномерностью. Наряду с участками обогащенными, лишь в первом приближении могущими быть названными "столбами", наблюдаются пространства, характеризующиеся низкими, порой непромышленными содержанием металла.

Материалы горно-эксплуатационных и геологоразведочных работ дают возможность установить некоторые основные особенности распределения металла в рудной зоне, сводящиеся в общих чертах к следующему.

Северо-восточная и юго-западная части рудной зоны № 1 разделяются на горизонте № 6 и ниже участком непромышленных руд.

В пределах северо-восточной части рудной зоны устанавливаются два обогащенных "столба", характеризующиеся пологим, меняющимся в ту и другую стороны склонением под углами 20-30°, и один (нижний) "столб", склоняющийся более круто. Верхний "столб" - ныне отработанный - располагался на горизонтах №№ 1 и 2, и частично, захватывал горизонт № 3; следующий "столб" - также отработанный - находится на горизонте № 4, и частично, заходил на горизонт № 5; нижний "столб" проходит блоки №№ 73 и 83 и, по-видимому, опускается ниже. Обогащенные "столбы" чередуются с обедненными участками. Вертикальные размеры обогащенных "столбов" колеблются обычно, в пределах 30-70 метров; по простиранию они прослеживались на верхних горизонтах почти через весь северо-восточный участок месторождения и на горизонтах №№ 7 и 8 более ограниченно, захватывая лишь пространство, соответствующее трем первым эксплуатационным блокам, причем наиболее богатый участок располагается только в пределах блоков №№ 73 и 83.

Юго-западный участок рудной зоны № 1, в целом, характеризуется более высоким качеством руд, нежели участок северо-восточный. Горные выработки (и частично буровые скважины) свидетельствуют о наличии здесь двух наиболее интенсивно обогащенных участков. Первый обогащенный участок на глубину ниже горизонта № 6 не разведан. Между интенсивно обогащенными участками на горизонте № 6 располагается участок менее богатый (блок и 62-юз и 63-юз). На глубине юго-западный участок не разведан. Имеющиеся здесь буровые скважины показывают как будто обеднение оруденения, однако, имея в виду крайне редкую сеть этих скважин, их, возможно, случайный характер и наличие среди них все же одной скважины (№ 98), встретившей богатые руды (с содержанием сурьмы 10,5%), заключение об общем закономерном обеднении рудной зоны на глубине сделать нельзя.

Рудные зоны №№ 2 и 2-бис

Рудные зоны №№ 2 и 2-бис располагаются в лежачем боку рудной зоны № 1 на расстоянии соответственно 50 и 70-80 метров от нее и характеризуются близкими к ней элементами залегания: северо-восточным простиранием (по азимутам 40-50°) и падением на северо-запад под углами 65-75°. Рудные зоны развиты только в северо-восточной части месторождения и, как это установлено в результате проходки большого количества буровых колонковых скважин, под поймой реки Рыбной не продолжаются.

Рудная зона № 2 на поверхности прослежена по простиранию канавами до выклинивания - на протяжении 300 метров - и на глубине, на горизонте № 2 - штольней № 5, имеющей длину 210 метров, с детализацией геологического строения квершлагами. Ниже горизонта № 2 (стволом шахты "Капитальная") рудная зона не устанавливается и выклинивается где-то между горизонтами №№ 2 и 3. Часть рудной зоны № 2 находится в пределах охранного целика шахты "Капитальная".

Рудная зона № 2-бис представляет собой слепое рудное тело, вскрытое на горизонте № 3 (квершлагом из шахты "Капитальная"), на горизонте № 4 и между горизонтами №№ 4 и 5) (стволом шахты "Капитальная"). На горизонте № 5 рудная зона № 2-бис отсутствует, выклиниваясь где-то между горизонтами №№ 4 и 5. По простиранию рудная зона прослеживалась штреками на горизонте № 3 на 14 м к юго-западу и 13 м к северо-востоку и на горизонте № 4 на

протяжении 61 метра; продолжение проходки штреков оказалось невозможным, ввиду интенсивного притока воды. Большая часть рудной зоны № 2-бис находится в пределах охранного целика шахты "Капитальная".

Структура рудных зон №№ 2 и 2-бис почти не изучена, вследствие ее весьма слабой разведанности. Состоят рудные зоны №№ 2 и 2 -бис, как и рудная зоны № 1, из сложных кварцевых жил, сопровождаемых апофизами, и узкой приконтактовой полосы оруденелых сланцев.

Минералогический состав рудных зон №№ 2 и 2-бис, в общем, аналогичен таковому рудной зоны № 1, в деталях же не изучен. Отличительной особенностью рудных зон №№ 2 и 2-бис является резкое преобладание бертьерита над антимонитом.

Прочие сурьмяноносные тела и кварцевые жилы

В пределах рудного поля Раздольнинского месторождения и его ближайших окрестностей, кроме рудных зон №№ 1, 2 и 2-бис, известно еще 14 кварцевых жил, среди которых лишь одна (жила № 6) характеризуется наличием промышленных содержаний сурьмы. Все эти жилы (часть которых представляют собой зоны или серии жил, но условно именуются нами в дальнейшем "жилами") занимают секущее положение по отношению к структуре вмещающих пород и, кроме жилы № 6, не несут видимого сурьмяного оруденения.

Краткие сведения об этих жилах приводятся ниже.

Жила № 3 расположена на левом берегу реки Рыбной в 250 м к северо-западу от рудной зоны № 1 и представляет собой серию кварцевых линз, (сопровождающихся большим количеством мелких кварцевых прожилков), прослеживающуюся в целом на 60 м по простиранию и, по-видимому, быстро выклинивающуюся на глубине. Мощность отдельных линз колеблется в пределах 0,03-0,9 м; сурьмяное оруденение не наблюдается.

Жила № 4, лежащая на северо-восточном продолжении "жилы" № 3, представляет собой кварцевую линзу мощностью 0,03-2,2 м с максимальным содержанием сурьмы 0,02%.

Жила № 5, расположенная примерно в 450 м северо-западнее рудной зоны № 1, на том же, что и эта последняя, склоне долины реки Рыбная, представляет собой серию кварцевых линз мощностью до двух метров каждая, несущих убогое рассеянное сурьмяное оруденение, не превышающее 0,01%.

Жила (рудная зона) № 6, расположена на левом склоне долины реки Рыбная, на расстоянии около 600 м на северо-запад от рудной зоны № 1 и представляет собой серию кварцевых линз мощностью 0,10-2,40 м, прослеживающихся на 10-20 м по простиранию и быстро выклинивающихся на глубину. Эти линзы (несущие сурьмяное оруденение) приурочены к разлому почти широтного простирания, падающему под углами 70-75° на юг и фиксируемому зоной перетертых сланцев, и отходят в обе стороны от него. Зона перетертых сланцев, характеризуется мощностью 0,2-0,6 м, несет рассеянное сурьмяное оруденение (до 2% сурьмы), а также тонкорассеянную вкрапленность арсенопирита (с содержанием мышьяка до 1%), приуроченную, главным образом, к вмещающим ее сланцам.

В первые годы разведки месторождения по рудной зоне № 6 была пройдена штольня № 3, вскрывшая в устьевой части две линзы сливных сульфидных сурьмяных руд (штуфных) мощностью 15-25 см, прослеживающихся на 4-5 м по простиранию и на 6-7 м по падению. На глубину 4 м ниже полотна штольни (до уровня водного горизонта) линзы не были отработаны, но не исключена возможность их некоторого продолжения к западу, в сторону реки Рыбной.

В результате проходки штольни (и рассечек из нее), продолжавшейся с перерывами до 1942 года, основная рудная трещина была прослежена на 110 метров по простиранию, причем на всем ее протяжении видимое сурьмяное оруденение не наблюдалось, отходящие же от нее линзовидные кварцевые тела отличались небольшими размерами и непромышленным сурьмяным оруденением. Проходкой шурфа, заложенного в устьевой части штольни в 1938 году, и выработок из него, проходившихся на горизонте, лежащем на 20 метров ниже полотна штольни, промышленное сурьмяное оруденение было установлено лишь при пересечении рудной зоны квершлагом, в штреках же, пройденных в этом участке, видимое оруденение не наблюдалось Ввиду интенсивного притока воды, а также отрицательных предварительных результатов разведки, горные работы здесь были прекращены.

На глубине рудная зона № 6 разведывалась буровыми скважинами №№ 37 и 72, которыми были встречены лишь отдельные кварцевые прожилки, содержащие сурьму в пределах 0,15-0,78%.

Следует отметить, что помимо сурьмы рудная зона № 6 содержит и другие полезные компоненты - кобальт (в количестве сотых долей процента), никель (до 0,1%), висмут (0,02%), медь (десятые доли процента).

Рудная зона № 6 на сегодняшний день не может считаться полностью разведанной. Не исключена возможность наличия в пределах вмещающего ее разлома еще не выявленных рудных линз. Однако, разведка рудной зоны крайне затруднена, с одной стороны, в связи с весьма невыдержанным характером оруденения и, с другой - ввиду тяжелых гидрогеологических условий, требующих специальных средств водоотлива. Учитывая тенденцию отрабатывающихся рудных (штуфных) линз к погружению в сторону реки Рыбной, а также наличие полиметаллического оруденения, разведка рудной зоны № 6 должна быть продолжена.

Жила № 7, расположенная на левом берегу реки Рыбная, на расстоянии около 1200 м к северо-западу от рудной зоны № 1, представляет собой серию залегающих в филлитизированных глинистых сланцах кварцевых линз, прослеживающихся по простиранию на протяжении 30-40 м и характеризующихся мощностью, колеблющейся в пределах 0,15-0,30 м, и наличием раздувов, достигающих 1,2 м. Содержание сурьмы в кварцевых линзах превышает 0,044%.

Жила № 8, прослеженная на протяжении 235 м по простиранию на левом берегу ключа Ребровикового, в 2,5 км северо-восточнее рудной зоны № 1, сопровождаемая кварцевыми линзочками и апофизами, характеризуется невыдержанной мощностью (0,10-3,50 м) и убогим сурьмяным оруденением, не превышающим 0,03%.

Жила № 9 расположена на горе Сапун на юго-западном продолжении рудной зоны № 1, - прослежена канавами на 320 м по простиранию и характеризуется невыдержанной мощностью (0,15-1,50 м) и содержанием сурьмы в пределах 0,01-0,044%. Форма жилы отличается чрезвычайной сложностью - наличием раздувов, расщеплением местами на две или три субпараллельные жилы, нередким сопровождением сериями тонких кварцевых прожилков, образующих зоны мощностью до пяти метров. На глубину жила № 9 разведывалась буровой скважиной № 75, не давшей положительных результатов.

Жила № 10 расположена на расстоянии около 200 метров к юго-востоку от рудной зоны № 1 на левом берегу реки Рыбной, прослежена канавами на протяжении 150 м (причем выклинивание ее не установлено) и имеет мощность 0,50-0,73 м. На глубину жила разведывалась буровой скважиной № 63, встретившей на глубине 120 м кварцевую жилу без видимого сурьмяного оруденения.

Жила № 11 залегает на том же участке, что и жила № 10, вскрыта на поверхности одной канавой, видимая мощность в которой составляет 3,5 м, и несет окисленное сурьмяное оруденение. На глубине жила разведывалась буровой скважиной № 62-бис, встретившей вместо нее кварцевые пески и щебенку кварца и сланцев с псиломелановыми конкрециями. Следует отметить, что скважина № 62-бис осталась недобуренной, ввиду невозможности дальнейшей ее проходки из-за отсутствия в то время обсадных труб.

Жила № 12 находится на северо-восточном продолжении рудной зоны № 1, вскрыта двумя канавами, не дошедшими до коренных пород, и предполагается по наличию крупных глыб кварца.

Жила № 13 расположена на горе Сапун, на расстоянии около 300 м к юго-востоку от жилы № 9, и представляет собой собственно две жилы - северную и южную, расположенные параллельно друг другу в шести метрах. Северная жила на протяжении 40 м имеет выдержанную мощность, равную 2,5 м, а затем выклинивается; жила характеризуется наличием пустот выщелачивания в кварце (и вмещающих сланцах), заполненных гидроокисями железа и ярко-желтыми охрами; содержание сурьмы в ней достигает лишь 0,06%. Южная жила прослеживается на протяжении 50 м, имеет среднюю мощность 2,5 м (а в местах раздувов до 4 м); кварц, ее слагающий, изобилует пустотами выщелачивания, заполненными гидроокисями железа, содержание сурьмы не превышает 0,1%.

Жила № 14, расположенная между жилами №№ 3 и 5, на расстоянии около 400 м к северо-западу от рудной зоны № 1, вскрыта одной канавой, имеет видимую мощность 1,2 м и сложена крупнозернистым кварцем с редкими пустотами выщелачивания.

Жила № 15, вскрытая шурфом в 350 м севернее северо-восточного окончания рудной зоны № 1 на северо-восточном продолжении "жилы" № 5, характеризуется наличием выполненных охрами пустот в кварце, видимой мощностью 0,40 м и содержанием сурьмы 0,02%.

Жила № 16 представляет собой серию маломощных кварцевых прожилков, расположена в 500 м юго-западнее жилы № 13 по направлению ее простирания и характеризуется общей шириной в 350 м, мощностью отдельных прожилков от 0,10 до 0,40 м и содержанием сурьмы в пределах 0,02-0,19%.

Геофизические и геохимические работы

Геофизические работы на Раздольнинском сурьмяном месторождении производились в 1937 году партией Гиредмета под руководством В.Н. Федорчука и в 1950 году Раздольнинской геофизической партией "Енисейстрой", возглавлявшейся В.В. Бородиным.

Работы 1937 года осуществлялись методами сопротивления, естественного электрического поля и микромагнитометрии и заключались в предварительном испытании методов на известной рудной зоне № 1 и в поисках на прилегающей к месторождению площади.

Метод сопротивления, при испытании его на рудной зоне № 1, не дал положительных результатов, ибо выделить аномалии, вызванные кварцевыми жилами, среди большого количества аномалий различной интенсивности и характера, проявившихся на обследованной площади, не представлялось возможным.

Метод естественного электрического поля также оказался неэффективным, так как незначительные констатированные естественные поля были вызваны процессами фильтрации.

Микромагнитометрия и отмеченные два других метода результатов не дали.

В 1950 году геофизической партией под руководством В.В. Бородина на месторождении и в его окрестностях производились работы по электроразведке, магниторазведке и металлометрическому опробованию.

Электро- и магниторазведочные работы, в опытном порядке поставленные на известной рудной жиле № 1, подтвердили непригодность этих методов в условиях Раздольнинского месторождения. Электроразведка не давала однозначных решений поставленных вопросов, не всегда фиксировались при этом кварцевые жилы и тектонические нарушения. Магнитная съемка показала, что рудная "жила по магнитным свойствам не выделяется среди вмещающих пород" и что "монолитная сланцевая толща в районе месторождения с постепенными переходами от филлитовидных сланцев к песчано-глинистым сланцам характеризуется одинаковыми магнитными свойствами и выделить контуры отдельных пород не представляется возможным".

Металлометрическое опробование, поставленное в начале на рудной зоне № 1, показало хорошую выявляемость ореолов рассеяния сурьмы, а поэтому этот метод и был, в основном, использован при работах 1950 г.

В результатах этих работ В.В. Бородиным было выявлено несколько ореолов рассеяния, обусловленных в отдельных случаях наличием маломощных, весьма убого оруденелых сурьмой кварцевых жил, не имеющих никакого практического значения. Отдельные же ореолы рассеяния, при проверке их горными работами (осуществленные А.В. Лесгафтом в 1951 году) не подтвердились, причиной чего является, по-видимому, недостаточная точность спектральных анализов.

Таким образом, из всего комплекса геофизических и геохимических методов поисков, применявшихся на месторождении, пригодным в местных геологических условиях оказался только метод металлометрического опробования, дающий в общем удовлетворительные результаты.

Вещественный состав и технологическая характеристика руд

Руды Раздольнинского сурьмяного месторождения около двух десятков лет перерабатываются на местной обогатительной фабрике и металлургическом заводе, и качество и технологические свойства их к настоящему времени, в значительной мере, изучены.

Основными и единственным полезным компонентом раздольнинских руд является сурьма, находящаяся, как уже отмечалось, в составе двух рудных минералов - антимонита и бертьерита.

Кроме сурьмы в этих рудах присутствуют также железо, мышьяк и, в совершенно незначительных количествах, медь, свинец, цинк, а также никель, золото и серебро. Железо и мышьяк, первое, заключающееся главным образом, в пирите, и, второй - в арсенопирите, содержатся, в среднем, в количествах соответственно 8,0 и 0,3% (по данным обогатительной фабрики); прочие неметаллические элементы присутствуют в столь исчезающе малых концентрациях, что не могут быть установлены при химическом анализе руд и констатируются лишь в готовой продукции металлургического завода, причем содержания их здесь опять-таки столь малы, что они не могут рассматриваться как вредные примеси и наличие их не мешает возможности получения металлической сурьмы высших марок (Су-0).

Руды Раздольнинского сурьмяного месторождения после ручной сортировки в забоях с отбором штуфного концентрата (поступающего, непосредственно, на пирометаллургический передел) подаются в приемные бункеры обогатительной фабрики, оттуда по ленточному транспортеру, на котором производится удаление посторонних предме-

тов, следуют на дробление. Сортировка "пустой" породы на ленточном транспортере, имевшая место в прежние годы, ныне систематически не производится, ибо содержание в ней сурьмы достигает 0,6-0,7%, тогда как в хвостах флотации оно составляет, в среднем, 0,6%. В отдельном случаях, когда из рудника выдается незначительное количество явно безрудной породы, либо значительное же количество штуфного концентрата, таковые отсортировываются с удалением первой в отвал и второго - на пирометаллургический передел. Сортировка штуфного концентрата определяется тем обстоятельством, что значительные его количества в поступающей на обогащение руды снижают извлечение металла в концентрат и, следовательно, увеличивают его потери в хвостах. С ленточного транспортера руда через соответствующий бункер поступает в щековую дробилку, где подвергается дроблению до крупности 70 мм, а затем самотеком по желобу подается в короткоконцевую дробилку, где дробится до крупности 20 мм. Качество дробления контролируется периодическим рассевом на соответствующих ситах.

Дробленая руда разгружается на наклонный ленточный транспортер и поднимается по нему к массоделительному устройству, при помощи которого направляется в те или иные бункеры, откуда поступает на измельчение в шаровые мельницы, а затем для разделения крупных и тонких классов - на классификаторы.

Дробление и измельчение руды производится с целью раскрытия зерен полезного минерала от механической связи с другими минералами и с целью подготовки материала в смысле его крупности к флотации. Вопрос крупности измельчения имеет немаловажное значение при переработке раздольнинских руд, ибо недоизмельчение открывает возможность увеличения потерь полевых минералов за счет нефлотируемых сростков, переизмельчение же ведет также к повышенным потерям, обуславливаемым наличием значительного количества шламистых частичек , которые, в силу малых своих размеров, как не флотируются сами, так и не дают возможность флотироваться более крупным частицам, обволакивая их. Кроме этого, шламистые частицы различных минералов при флотации увлекаются в промпродукт и снижают, таким образом, качество концентрата. Максимальная крупность материала, поступающего на флотацию, установлена в минус 60 меш. Частицы крупностью 35-60 меш. флотируются очень слабо, материал крупнее 35 меш. не флотируется совсем. Наилучшими флотационными свойствами обладают частицы крупностью 100-270 меш., но при тонком измельчении значительно снижается качество концентрата. На флотацию поэтому поступает материал с крупностью минус 60 меш. Однако, измельчение до крупности 100% минус 60 меш. ведет к существенному переизмельчению и к значительным потерям в тонких классах, с целью снижения которых на Раздольнинской обогатительной фабрике в 1959 году введена схема переработки руды, сводящаяся, в основном, к тому, что измельченная до крупности 25% плюс 60 меш. руда поступает на флотацию, причем основная масса сурьмяных минералов флотируется, из хвостов же флотации выделяется крупный класс, доизмельчается в шаровой мельнице до крупности минус 60 меш. и снова направляется на флотацию. Измельченная руда плотностью (содержанием твердого по весу) 52-58% поступает в чан, куда подаются также реагенты - флотационное масло и сланцевый мягчитель. Флотационное масло служит вспенивателем за счет снижения поверхностного натяжения воды способствует образованию устойчивой и подвижной пены. Сланцевый мягчитель является собирателем, путем химической фиксации (хемсорбции) покрывает поверхности сульфидных минералов и тем самым повышает их природную флотационную способность. Оба реагента являются быстродействующими.

В результате основной флотации получается грубый концентрат, содержащий 10-11% сурьмы, который затем доводится до требуемого содержания на специальной флотационной машине.

Готовый концентрат содержит 20-30% сурьмы, 12-17% железа и 1-1,5% мышьяка, остальными составными частями его служит кварц и сланцы. Железо и мышьяк (или точнее пирит и арсенопирит) в процессе обогащения при существующей технологии не могут быть удалены из концентрата. Пирит и антимонит характеризуются по существу аналогичными флотационными свойствами, и лабораторные исследования по подавлению пирита (а также арсенопирита), проведенные на Раздольнинской обогатительной фабрике, не дали положительных результатов.

Качественные показатели процесса флотации при прочих равных (режимных) условиях определяются содержанием сурьмы в исходной руде. С повышением содержания сурьмы в исходной руде повышается извлечение, улучшается качество концентрата и совершенно незначительно увеличивается содержание сурьмы в хвостах. Кроме того, из таблицы явствует, что требуемое содержание сурьмы в концентрате (не ниже 20% для электролитического передела) достигается только при переработке руды с содержанием сурьмы свыше 1,36%.

Готовый концентрат в виде пенного продукта из очистной флотационной машины поступает в сгустители, где сгущается до плотности 60-80%, причем осветленная вода (слив) возвращается в процесс флотации. Сгущенный материал подается на фильтр-прессы и в результате фильтрации образуется кек и фильтрат.

Кек направляется в вагонетках на электролитный завод, фильтрат возвращается в процесс флотации.

Флотационный концентрат (кек) с обогатительной фабрики поступает на металлургический завод, где разгружается в соответствующие лари. Из ларей кек загружается в репульпатор, куда самотеком заливается оборотный электролит и получается пульпа (в отношении т:ж=1:2) следует далее самотеком же в реактор-сборник, где разбавляется также оборотным электролитом в отношении т:ж=1:6 и частично подогревается глухим паром, идущим по расположенным в реакторе змеевикам. В результате протекающего в реакторе процесса выщелачивания, обуславливаемого взаимодействием трехсернистой сурьмы с содержащимися в растворе сернистым натром и едким натром по формулам:

$$Sb_2S_3 + 3Na_2S \rightarrow 2\,Na_3Sb_2S_3$$

$$Sb_2S_3 + 4NaOH \rightarrow NaSbO_2 + Na_2Sb_2S_3$$

Сурьма переходит в раствор в основном виде сурьмяной сульфосоли. Окончательное выщелачивание сурьмы происходит в реакторах с паровым подогревом до 80-90°С.

Из реактора пульпа поступает в сгустители, сливы которых представляют собой готовый электролит и направляются в соответствующие баки. Сгущенный продукт (кек) подается на фильтр-прессы, фильтрат с которых возвращается в сгуститель, там после соответствующей двоекратной промывки репульпируется с водой в отношении т:ж = 162,5 и выбрасывается по кекопроводу в отвал.

Готовый электролит направляется в напорные баки, откуда по желобам следует в электролитные ванны, на катодах которых в результате электролиза осаждается металлическая сурьма, или так называемый катодный сырец. Из электролитных ванн электролит самотеком поступает в сборную трубу, а оттуда в напорные баки для циркулирующего и оборотного электролитов. Циркулирующий электролит оборачивается до снижения в нем содержания сурьмы до 20-25 г/л, после чего (получая уже наименование оборотного электролита) частью направляется на выщелачивание флотационного концентрата, частью же следует на ванны обеднения, где обедняется до содержания в нем сурьмы 5 г/л и выводится в отвал.

Катодный сырец вручную сбивается с катодов и направляется на рафинирование. Туда же поступает и черновая сурьма, получаемая в результате пирометаллургического передела концентратов (в частности, штуфного концентрата) - плавки в отражательной печи.

Рафинирование сырца производится с целью удаления железа, мышьяка и серы и получения в результате металлической сурьмы высших марок и сводится к переплавке при температуре 900-1000°С с соответствующими флюсами.

Удаление железа осуществляется введением в шихту сульфата натрия и кварцевого песка, причем шлакование происходит по уравнению:

$$nNa_2SO_4 + mSiO_2 + kFe \rightarrow nNa_2O{\cdot}kFeO{\cdot}mSiO_2 + SO_2$$

Рафинирование сурьмы от серы и мышьяка производится в результате окислительного процесса, при котором сера окисляется до сернистого ангидрида и улетучивается, а мышьяк переводится в окисное состояние и при введении каустической соды шлакуется с окисью натрия по уравнениям:

$$2NaOH \rightarrow Na_2O + H_2O$$

$$nNa_2O + mAs_2O_3 \rightarrow nNa_2O{\cdot}mAs_2O_3$$

Получаемые в процессе рафинирования содовые шлаки, содержащие в своем составе некоторое количество сурьмы в виде антиионидов натрия, отправляются на восстановительную плавку в отражательную печь. Топочные газы рафинировочных печей направляются в электрофильтры, где из них извлекается трехокись сурьмы, восстанавливаемая в последующем до металла. Черновой металл, получаемый в результате восстановления содовых шлаков и трехокиси сурьмы, выплавляется вместе с катодным сырцом.

Готовая продукция металлургического завода - сурьма высших марок (Су-0 и Су-1) разливается в звездчатый шлак, а затем, после освобождения от последнего, подвергается чистке, опробованию, упаковке и маркировке в соответствии ГОСТ-1089-41.

Горно-эксплуатационная характеристика и горно-технические условия эксплуатации

Раздольнинское сурьмяное месторождение эксплуатировалось в период с 1935 года по 1963 годы.

Северо-восточная часть месторождения первоначально была вскрыта небольшой вертикальной шахтой и двумя штольнями (№№ 2 и 4) на уровнях горизонтов №№ 1 и 2, затем шахтой "Капитальная" (и соответствующими горизонтальными выработками из нее) до уровня горизонта № 6. Более глубокие горизонты (№№ 7 и 8) были вскрыты шахтой "Слепая", заложенной на горизонте № 6 в лежачем боку рудной зоны № 1, в 22 метрах от штрека и в 140 метрах от квершлага, идущего от ствола шахты "Капитальная".

Горизонты №№ 1, 2, 3 и 5 северо-восточной части месторождения к настоящему времени почти полностью отработаны и погашены. Исключение представляют лишь фланговые блоки, не полностью подготовленные к выемке во время ведения здесь очистных работ, по причинам интенсивных притоков воды (юго-западные блоки участка) или низких содержаний металла, считавшихся ранее непромышленными (северо-восточные блоки).

Горизонт № 6 также почти полностью отработан, за исключением трех непогашенных блоков (№№ 60, 61, 62) и надштрековых целиков, служивших для поддержания штрека, необходимого до полного погашения участка в целях вентиляции и сохранения здесь запасного выхода. В настоящее время целики отрабатываются.

Следует отметить, что на горизонтах №№ 3, 4, 5 и 6 в прежние годы были оставлены неотработанными ряд целиков. В последующем, с течением времени, целики эти оказались в сдавленном, недоступном для ведения очистных работ пространстве.

Горизонты №№ 7 и 8 северо-восточного участка месторождения также почти полностью отработаны. Горизонт № 9 вскрыт разведочным уклоном, пройденным с горизонта № 8, и находится в стадии ведения горно-подготовительных работ.

На горизонте № 6 рудная зона № 1 полностью прослежена по простиранию, и выработки этого горизонта (юго-западный штрек шахты "Капитальная") сбиты с шахтой «новой», расположенной на правом берегу реки Рыбная, на крайнем юго-западном фланге месторождения.. Означенной шахтой (и пройденным из нее горизонтальными выработками) вскрыты горизонты № 7 и 8 юго-западного участка месторождения.

Подготовка промышленных запасов к добыче заключается в проходке штреков на соответствующих горизонтах, отстоящих на 30-35 метров по вертикали друг от друга (что определяется необходимой высотой эксплуатационного этажа) и восстающих, которые по возможности проводятся по рудному телу и потому имеют коленчатый, уступообразный вид. Расстояния между восстающими - или длина эксплуатационных блоков - принята равной для северо-восточного участка месторождения 50 м, для юго-западного 40 метров. В результате проходки указанных штреков и восстающих блоки оказываются оконтуренными горными выработками с четырех сторон. Для полной подготовки блока и выемке на высоте четырех метров от нижнего основного трека проходится нарезной штрек, соединяющийся с основными рудоспусками, расположенными на расстоянии 8-10 метров друг от друга по простиранию рудного тела.

Разработка северо-восточного участка месторождения осуществлялась и осуществляется потолочно-уступной системой с наклонной распорной и костровой крепью, при высоте уступа, равной 2 метрам, ширине, определяемой мощностью рудного тела. Система отработки юго-западного участка, ввиду более пологого падения здесь рудного тела, интенсивного развития складок и расположения очистных блоков под поймой реки Рыбная, принята горизонтальными слоями с сухой закладкой.

Вмещающие рудную зону породы - песчано-глинистые и глинистые сланцы - характеризуются слабой устойчивостью и требуют обязательного крепления, которое осуществляется в горизонтальных выработках обычно неполными дверными окладами, вразбежку, с затяжкой кровли и бортов и в восстающих - при помощи костров. В горных выработках, проходимых по падению (восстанию) рудного тела, породы почвы (лежачего бока) отличаются несколько большей устойчивостью, нежели породы кровли (висячего бока). Обрушение боковых пород может происходить путем отслаивания крупных плит по плоскостям сланцеватости или вывалов, обусловленных развитием трещин отдельности.

Специальных определений крепости и кусковатости руд и вмещающих пород на месторождении не проводилось. Можно сказать лишь, что кварцево-антимонитовые (и бертьеритовые) руды довольно крепки и устойчивы, что оруденелые сланцы зальбандов, вследствие их обычного смятия, гофрировки и перетертости, менее крепки и что вмещающие рудное тело сланцы характеризуются различной степенью твердости, повышающейся с увеличением в их соста-

ве песчаного материала и с развитием окварцевания.

При ведении взрывных работ обнаруживается неодинаковая кусковатость различных составляющих отбиваемой горной массы. Богатые, "штуфные" руды образуют, большей частью, рудную мелочь и, в меньшей мере, куски сравнительно небольших размеров. В мелочь рассыпаются, обычно, и оруденелые сланцы зальбандов. Кварцевые жилы (как оруденелые так и безрудные) дают различной величины куски (размерами от нескольких до десятков сантиметров); безрудные сланцы лежачего и висячего бока зачастую откалываются при взрыве в виде более или менее крупных плит и глыб, образуя в то же время и большое количество мелкого щебня.

Горно-технические условия эксплуатации Раздольнинского месторождения не отличаются, таким образом, существенной сложностью. Разработка месторождения не требует проведения каких-либо специальных мероприятий и укладывается в рамки существующих общеизвестных систем.

Следует отметить, что отработка блоков на участках особенно интенсивного развития складок или апофиз вызывает необходимость проведения дополнительных горно-эксплуатационных выработок и что будущие очистные работы на верхних горизонтах подпойменной части месторождения (юго-западный участок) будут связаны с некоторыми трудностями, обусловленными возможными тяжелыми гидрогеологическими условиями.

Подсчет запасов

Последний подсчет запасов был выполнен Э.Ф. Гербеком по состоянию на 01.01.1953 г. Подсчитанные запасы Раздольнинского сурьмяного месторождения сведены в таблицу 3.122.

Сравнение результатов настоящего подсчета с запасами, утвержденными ВКЗ по состоянию на 1 января 1945 года, показывает, что по сумме кат. A_2+B+C_1 величины эти весьма близки между собой и что, следовательно, за восемь лет, прошедших с момента последнего утверждения запасов, они, в общем, остались неизменными, то есть общее количество добытого за это время из недр металла компенсировалось приростом запасов за счет разведки месторождения. Запасы высших категорий (A_2+B) в результате проведения горных работ на Раздольнинском руднике превышают в настоящее время запасы этих категорий, утвержденные ВКЗ в 1945 году, примерно в два раза. Запасы категории C_1 настоящим подсчетом определяются в значительно меньших цифрах, нежели в 1945 году, ввиду слабой разведанности месторождения на глубину ниже современных горизонтов горных работ.

Таблица 3.122

Балансовые запасы руд и металла Раздольнинского месторождения, по состоянию на 01.01.1953 г.

Категория запасов	Запас руды, тыс.т	Содержание сурьмы, %	Запас металла, т
A_2	63	4,82	3027
B	208	4,19	8731
A_2+B	271	4,34	11 758
C	457	4,09	18 693
A_2+B+C_1	728	4,18	30 451
C_2	325	2,07	6724

Следует отметить, что запасы, расположенные непосредственно под поймой реки Рыбной, при утверждении по состоянию на 1 января 1945 года, учтенные как забалансовые, в подсчете 1953 г. квалифицируются как балансовые, ввиду установленной возможности полной их отработки.

Генезис

Наиболее важным для уяснения истории формирования Раздольнинского месторождения является вопрос взаимоотношений антимонита и бертьерита, впервые правильно разрешенный на основании большого фактического материала А.С. Аладышкиным. Эти взаимоотношения сводятся в основном к следующему.

Антимонит и бертьерит в рудном теле резко обособляются друг от друга, образуя отдельные антимонитовые и бертьеритовые участки.

Бертьерит наиболее характерен для крутопадающих частей рудного тела (хотя нередко наблюдается и в складках) и апофиз, тогда как антимонит, большей частью, оказывается приуроченным к складкам, менее - к пологопадающим частям рудной зоны и апофизам, незначительно - к ее крутопадающим участкам.

Антимонит, в общем, более характерен для верхних и центральных участков рудной зоны; бертьерит для периферийных частей месторождения (флангов и глубоких горизонтов).

В бертьеритовых участках рудная зона отличается наибольшей мощностью и, обычно, сложным строением (развитием серии жил и прожилков); антимонитовые участки почти всегда представляют собой монолитное рудное тело.

В случаях совместного нахождения антимонита и бертьерита первый, обычно, выполняет центральную часть рудного тела, второй приурочивается к зальбандам. При наблюдаемом реже взаимном прорастании антимонита и бертьерита создается впечатление одновременности кристаллизации этих двух минералов (обнаруживается нечто вроде эвтектической структуры), крупные же кристаллы антимонита иногда оказываются рассеченными бертьеритовыми жилками.

Антимонитовые участки рудного тела всегда характеризуются присутствием в том или ином количестве бертьерита; бертьеритовые участки, совершенно лишенные антимонита, встречаются довольно часто.

С бертьеритовыми рудами ассоциируют различные сульфидные минералы (арсенопирит, халькопирит, пирротин, сфалерит), в антимонитовых рудах они не наблюдаются.

Взаимоотношения антимонита и бертьерита свидетельствуют о разновременности их образования и о наличии двух основных фаз рудообразования - антимонитовой и бертьеритовой. По окончании последней из остаточного раствора, по-видимому, выделялось еще некоторое количество антимонита. В бертьерите выделяется третья, остаточная антимонитовая фаза минерализации. Менее четко выражена четвертая фаза свинцово-сурьмяная, характеризующаяся образованием сульфосолей (группа феррибурнонита и ферриджемсонита). Последней фазой гидротермального процесса является фаза карбонатная, завершающая собой гипогенный этап формирования месторождения.

Модель формирования Раздольнинского месторождения в схематическом виде может быть обрисована следующим образом.

В результате послойных перемещений, наиболее интенсивных в участках развития дополнительной складчатости, образовалась основная рудная трещина, по которой из циркулировавших кремнекислых растворов отлагались кварц, антимонит и пирит. В эту первую антимонитовую фазу минерализации заполнялись наиболее благоприятные для осаждения минералов участки - складки, и образовалась серия седловидных кварцево-антимонитовых тел, соединенных узкими каналами - проводниками.

Кварц выделялся, как правило, в первую очередь, затем образовывались антимонит и пирит. Крупнокристаллический антимонит (первого типа), наблюдающийся в виде отдельных идиоморфных кристаллов в кварце, выкристаллизовывался раньше последнего. После образования кварца отлагалась основная масса антимонита (второго, третьего, четвертого, пятого и шестого типов), причем вначале, по-видимому, выделялся антимонит шестого типа (средне- и крупнозернистые агрегаты таблитчатых кристаллов), затем, в результате его частичной перекристаллизации под влиянием давления, - антимонит второго типа (среднезернистые агрегаты спутанноволокнистых, изогнутых кристаллов) и при дальнейшем усилении этого давления - антимонит третьего типа (тонкозернистый чешуйчатый с остаточными кристаллами антимонита второго типа). Антимонит шестого, второго и третьего типов отлагался, преимущественно, в складках рудного тела. В это же (или почти в это же) время в крутопадающих участках кварцевых жил (и реже в складках) образовывался антимонит четвертого и пятого типов (мелко- и тонкозернистый с округлыми выделениями кварца и плотный микрочешуйчатый).

Вслед за первой, антимонитовой фазой минерализации, без более или менее продолжительного перерыва, в условиях обеднения термальных растворов серой и одновременного обогащения их железом, наступила следующая, бертьеритовая фаза, во время которой частично расширялась рудная трещина, обуславливая повышенную мощность образовывавшихся бертьеритовых участков, возникали секущие трещины, при заполнении которых вновь отлагавшимся кварцем формировались апофизы, продолжала развиваться дополнительная складчатость. Ослабленные участки, в которых в предыдущую фазу минерализации не развивались рудообразующие процессы, - главным образом, периферийные части и фланги месторождения, призальбандовые полосы, пространства между кварцево-антимонитовыми телами, трещины в лежачем и висячем боках, - выполнялись кварцем и основной массой бертьерита, причем здесь же выделялись пирит и арсенопирит, а затем, несколько позже (но также близко одновременно с образованием бертьерита) - пирротин, пентландит (?), сфалерит, никелин, халькопирит и галенит.

В результате образования бертьерита, пирита и пирротина, термальные растворы вновь обеднели железом, и остаточная сурьма снова выделилась в виде "пятен" антимонита в бертьерите. Этот процесс знаменовал третью - остаточную антимонитовую - зону минерализации, с которой оказалось связанным образование (в конце фазы, при новом обеднении растворов серой и соответственном обогащении их железом) небольших количеств бертьерита и пирротина.

В следующую, четвертую, свинцово-сурьмяную фазу минерализации, вновь отлагался кварц, пирротин, пентландит (?), сфалерит, а также вся масса железисто-свинцово-сурьмяных минералов (сульфосолей типа феррибурнонита и ферриджемсонита).

Последняя, более низкотемпературная, карбонатная фаза рудообразования ознаменовалась небольшими тектоническими подвижками и отложением по трещинам - возможно при участии нисходящих растворов - карбонатов, игольчатого, волосовидного и пленочного антимонита (седьмого и восьмого типов), волосовидного и землистого бертьерита, низкотемпературного кварца и в небольшом количестве сфалерита, приурочивающегося к карбонатовым жилкам. Карбонаты выделялись при этом в две стадии: вначале образовывался карбонат белый (с ним связано и сурьмяное оруденение); затем - карбонаты желтоватого и розоватого цвета, с вкрапленностью сфалерита.

По завершении основных рудообразующих процессов, рудные тела, под действием пострудных тектонических движений, подверглись разрывам и перемещениям, амплитуда которых, впрочем, как и отмечалось выше, обычно оказывалась весьма невелика.

Все известные сурьмяные месторождения по условиям их образования разделяются Г.И. Петровым и Л.Б. Шлайном на две группы.

К первой группе, эпитермальной, именуемой ими фтористо-барито-ртутно-сурьмяной, относятся сурьмяные месторождения, характеризующиеся присутствием в тех или иных количествах фтора, бария, ртути, нередко пирита и мышьяковых минералов и, крайне редко, свинца, меди, цинка, серебра и золота при отсутствии сульфоантимонитов. В этих месторождениях преобладают минералы низкотемпературные; структура рудных тел обычно определяется развитием брекчированных руд с кремнисто-кальцитовым или баритовым сегментом, линзовидных тел, или систем мелких прожилков. К этому типу сурьмяных месторождений относятся такие месторождения, как Хайдарканское, Кадамджайское, Тургайское и некоторые другие.

Вторая группа, мезотермальная, - золото-серебро-свинцово-сурьмяная - характеризуется присутствием (часто в промышленных количествах) золота и серебра, развитием сульфоантимонидов свинца, меди, серебра и железа, почти полным отсутствием фтора и бария, в отдельных случаях обнаружением никеля, кобальта, платины, цинка, вольфрама. В этих месторождениях преобладают минералы более высокотемпературные; структуры рудных полей определяются обычно развитием типичных кварцевых жил. К этому типу и относится Раздольнинское месторождение.

Раздольнинское сурьмяное месторождение таким, образом, по своему генезису относится к гидротермальным, мезотермальным месторождениям жильного типа. Источником термальных растворов, которым обязано месторождение своим образованием, являлся, по-видимому, магматический очаг, скрытый под мощным чехлом кординских и горбилокских сланцев и являющийся, как полагает Г.И. Петров (1937 г.), сателлитом Нижне-Подголечного массива, связанным с Татарской гранитной интрузией.

Образование Раздольнинского месторождения по времени должно быть отнесено к периоду развития связанных с Татарской интрузией постмагматических процессов, то есть, по-видимому, к концу протерозоя.

Заключение

Подсчитанные балансовые запасы Раздольнинского месторождения по сумме A_2+B+C_1 в количестве 732 тыс.т. руды определяет обеспеченность рудника запасами (из расчета его проектной мощности в 60 тыс.т. руды в год и коэффициента разубоживания 1,20) примерно на (732x1,20):60 = 14 лет нормальной работы. Перспективы месторождения, однако, не исчерпываются этими цифрами, ибо глубокие горизонты его - в особенности на юго-западном участке - почти совершенно не разведаны, и нет никаких оснований полагать, что при дальнейшей разведке здесь не будут выявлены еще значительные запасы металла. Абсолютно не разведана и центральная часть месторождения на глубине ниже горизонта № 6. Не исчерпаны возможности дальнейшего прироста запасов и на северо-восточном участке. Наконец, не лишено интереса и то обстоятельство, что еще в 1938 году Г.И. Петров обратил внимание на наличие "делювиальной россыпи, расположенной вблизи от главной жилы", содержащей, по данным химических анализов, от десятых долей процента до 1,5-5,0 % сурьмы.

В свете современных знаний, перспективы района рудного поля Раздольнинского месторождения связываются с возможностью выявления золотого оруденения золото-

кварц-сурьмяной формации, аналогичного выявленному на Удерейском золото-сурьмяном месторождении.

Анализ геологических материалов Раздольнинского рудника и данных геолого-поисковых работ на золото, выполненный С.С. Сердюком и А.И. Зверевым в 2006 г., показал, что в пределах рудного поля месторождения выявлена целая серия золотоносных кварцевожильно-прожилковых зон и зон сульфидной минерализации. Золотоносность зон установлена по данным литогеохимического опробования, результатам опробования траншей и скважин (Ашаров, 1980 г. Кондратенко, 1990 г.). Работами Ангарской ГРЭ в этот период в пределах Рыбинской рудной зоны выявлен ряд золото-сульфидных с сурьмой месторождений и рудопроявлений (Боголюбовское, Антоновское, Змеиное, Сорочье и др.). Эти данные позволяют прогнозировать в пределах Раздолинского рудного поля выявление золотого оруденения золото-кварц-сурьмяной и золото-сульфидной формаций с ожидаемым ресурсным потенциалом 100-120 т золота (Сердюк, 2007 г.).

Более полное обоснование перспектив золотоносности Раздолинского рудного поля изложено в предшествующем разделе.

3.1.6. Богунайский рудный узел

Изученность

Современные представления о геологическом строении района базируются на результатах более чем 2-х вековых исследований многих геологов.

Начало геологического изучения относится к XIX столетию и имело предпринимательский характер, связанный с открытием в 1830 году богатых золотоносных россыпей в соседнем Посольно-Кузеевском районе. Первые данные о маршрутных геологических исследованиях имеются в путевых заметках Гофмана и Макаровского (1843 г.)

Начало профессионального изучения древних метаморфических пород в пределах Богунайской площади было положено В.К. Златковским, описавшим в 1883 году гнейсы и граниты по рекам Богунай, Кан, Енисей. Последующие исследования во многом обязаны строительству Сибирской железной дороги (Богданович 1893 г., Ижицкий 1885 г., Ячевский 1886 г.). В 1893 году геологом Ижицким описан геологический разрез от устья р. Кан до р. Курыш, правого ее притока. К.И. Богданович вдоль Сибирской железной дороги составил геологическую карту в масштабе 1:42 000 для большой части Рыбинской впадины и южной оконечности Енисейского кряжа.

В советское время, наряду с поисками золотоносных россыпей (В.И. и Н.И. Высоцкие, 1928 г.), возобновились маршрутные исследования (Кузьмин, 1925 г.; Головачев, 1928 г.; Обручев, 1929 г.) и началось комплексное изучение территории.

В 1932-34 гг. А.С. Хоментовским проведена геологическая съемка юго-восточной части Южно-Енисейского кряжа в масштабе 1:500 000. В 1934 г. им же, по договоренности с трестом «Енисейзолото», произведены более подробные исследования на рудное и россыпное золото в бассейне р. Богунай, открыты первые золотоносные кварцевые жилы в долине руч. Жильного, что предопределило постановку разведочных работ в 1935 г., приведших к открытию Богунайского месторождения с золото-кварцевым типом оруденения.

Важное значение имеют для юга Енисейского кряжа работы профессора Ю.А. Кузнецова, проведенные совместно с сотрудником Тимофеевским в 1937 г. По его заключению Южно-Енисейский кряж представляет собой антиклинальное сооружение, ядро которого сложено породами докембрия, разделенными на две формации: метаморфическую и магматическую.

Метаморфическую формацию он подразделяет на две толщи: более древнюю канскую (целиком слагающую район Богунайского рудного узла), относимую им по возрасту к низам архея, и енисейскую, имеющую менее глубокую фацию метаморфизма и образовавшуюся в архее, но несколько позднее первой.

Ю.А. Кузнецовым детально описаны породы, слагающие магматическую формацию. Им выделены три типа интрузий. С самой молодой из них, Белогорской, он связывает золотоносность Кузеевского и Нижнеканского районов, в частности Богунайского месторождения.

Рекомендации Ю.А. Кузнецова и материалы предшествующих исследований А.С. Хоментовского послужили основой для постановки кроме золота поисково-разведочных работ на монацит (В.Д. Старков, М.В. Солодянкин, В.А. Ломомов, А.Е. Перякин, А.И. Лисицин, В.И. Васманов), мусковит, берилл, молибденит (М.Н. Альтгаузен, Ю. Зак, В.А. Тимофеевский).

В 1938 году В.Г. Голубевым открыто и изучено с поверхности Кузеевское золоторудное месторождение, которое по вещественному составу руд, характеру оруденения, форме и условиям залегания рудоносных жил является аналогом Богунайского месторождения.

В 1939 году М.В. Солодянкиным проведена геологическая съемка Центрального участка Богунайского месторождения в масштабе 1:2000 на площади 2,5 км².

В этом же году Н.В. Стахеевым в пределах Богунайского рудного узла проведена съемка в масштабе 1:50 000. Приняв за основу геологическую концепцию профессора Ю.А. Кузнецова, он впервые составил более детальную и достаточно обоснованную геологическую карту с подробным, хотя и макроскопическим, описанием всех слагающих пород района, связал золотоносность с Нижнеканскими гранитами. Н.В. Стахеев считает, что мощная зона милонитов указывает на местоположение скрытого, наиболее крупного купола данной интрузии. Для проникновения интрузии и ее дайковых отщеплений, зона милонитов, будучи развальцованной и разбитой сетью тонких и мелких трещин, заполненных глинистым материалом, была преодолима, однако проникновению рудоносных растворов она не благоприятствовала, так как они, обладая меньшей «интрузивной силой», были рассеяны, впитаны толщей милонитов как «губкой». Н.В. Стахеевым высказано предположение, что золотоносные кварцевые жилы в зоне милонитов не могут иметь значительной мощности, обычно не более 10 см, за исключением единичных случаев.

В 1941 г. Н.В. Стахеевым проведены поисковые работы на рудное и россыпное золото в нижнем течении р. Сокаревки и ручьев Ростовцевых, правых притоков р. Кан. Отсутствие промышленных жил в бассейне р. Сокаревки Н.В. Стахеев объясняет более близким положением Нижнеканской интрузии к поверхности, чем в районе Богунайского месторождения, что, в свою очередь, создало неблагоприятные физико-химические условия для отложения полиметаллов и золота.

В военные годы 1942-44 гг. поисково-разведочные работы на золото проводились в небольшом объеме.

В 1946 году Шмыриным найдена Красноярская рудная зона, показавшая, что в Богунайском рудном поле имеется другой тип оруденения - своеобразные линзошток-верки.

В этом же году проводятся поисковые работы на Центральном участке и на флангах месторождения. В левых склонах р. Чарушкан и руч. Горного встречены рудные свалы с промышленными с содержаниями золота. Канавная разведка, проведенная в поле найденных свалов, вскрыла жилы в коренном залегании.

Позднее, в 1948 году С.К. Никифоровым в выявленной полосе свалов открыты Ермолаевская и Артельная 2-я рудные зоны.

В 1947 году проведены повторные поиски в главной зоне милонитов. Была установлена полоса кварцевых свалов от руч. 3-го Артельного до вершины руч. Сухого. Юго-западнее Красноярской рудной зоны И.Г. Бичевиным открыта Ивановская рудная зона, из которой в период 1947-48 гг. добыто 1260 тонн руды и 12,9 кг золота.

Поисковыми работами 1949 года обнаружена жила Красноярская, вскрыта Восточная рудная зона с промышленным содержанием в некоторых жилах.

В 1949 году сотрудником «Нигиризолото» П.С. Бершейном проведена обобщающая работа по Богунайскому месторождению и дана рекомендация к продолжению поисково-разведочных работ на его флангах. Им сделано заключение, что «Богунайское месторождение имеет несомненные перспективы на глубину, по крайней мере, порядка нескольких сотен метров, с возможным чередованием обогащенных и обедненных участков по вертикали».

Сведения по анализу россыпной золотоносности района приведены в работах Н.И. Бабинцева (1946 г.), С.Г. - Мирчинк (1948 г.), С.К. Никифорова (1949 г.).

В 1950 году В.А. Ефимовым проводятся поисковые работы с целью увеличения ресурсов и расширения сырьевой базы Богунайского рудника. Работы дали отрицательные результаты. В 1951 г. Богунайское месторождения было законсервировано.

С 50-х годов территория района включается в геологическую съемку, продолжающуюся с перерывами до настоящего времени. В 1950 г. Г.И. Кириченко на основании материалов многолетних исследований составил геологическую карту полезных ископаемых масштаба 1:1 000 000 для листа О-46, включающего северную часть Рыбинского района.

В 1956 году начались работы по проведению государственной геологической съемки масштаба 1:200 000 (Ю.И. Парфенов, Ю.И. Гончаров, 1958-1962 гг.). В объяснительных записках и построениях Госгеолкарты-200 были учтены материалы предшественников исследований, что способствовало уточнению стратиграфической схемы и схемы магматизма, аргументированности выделения геологических комплексов. Рекомендованы поисковые работы на перспективные проявления рудной минерализации и нерудного сырья в пределах зоны влияния Приенисейского разлома, вблизи нижнеканских гранитоидов.

В конце восьмидесятых годов XX-столетия в пределах северной части района, включенной в так называемую Богунайскую площадь, была проведена геологическая съемка с общими поисками масштаба 1:50 000 (В.В. Семеняко, А.А. Середнев).

В результате проведенных работ на Ангаро-Канской части Енисейского кряжа откартированы метаморфические образования канской и впервые выделенной енисейской серий с расчленением их на толщи и пачки. Существенно изменена и увязана с результатами исследований последних лет схема магматизма, выявлены, кроме ранее известных, ряд перспективных проявлений золота, полиметаллов, редких и редкоземельных металлов и других полезных ископаемых, проведена их прогнозная оценка. Большинство проявлений и аномалий связывается с основной рудолокализующей структурой района - с зоной Приенисейского глубинного разлома.

Систематические геофизические исследования на Енисейском кряже начались в 50-х годах прошлого столетия.

В 1957 г. Иркутской аэромагнитной партией проведена площадная аэромагнитная съемка в масштабе 1:200 000 с применением станции АМ-49 (А.М. Щупак). Исследуемый район по данным съемки характеризуется резко возмущенным магнитным полем. Составлена карта изменений магнитного поля DT одноименного масштаба, выделены основные магнитные поля, отвечающие крупным структурным элементам. На Богунайской площади и на западном ее обрамлении в бассейнах рек Сокаревка, Северная, Бол. Березовка выделены крупные линейные магнитные аномалии с градиентами 1200-2200 гамм/км, обусловленные наличием древних габброидных тел.

В 1961 г. на южной части Енисейского кряжа проведена аэромагнитная съемка масштаба 1:50 000 с применением станции АГСМ-25 (Н.Н. Дашкевич). По результатам работ сделаны выводы: породы слагающие юг Енисейского кряжа обладают противоположными магнитными свойствами, площадь признается бесперспективной с точки зрения поисков значительных скоплений полезных руд.

В 1982 г. проведена комплексная аэромагнитная съемка в масштабе 1:25 000 (В.И. Клименко). В результате комплексной интерпретации уточнены контуры щелочных, гранитоидных и габброидных массивов, выделены перспективные площади на выявление урана, тория, титана, золота, меди, олова, вольфрама.

В 1985-89 гг. геологическая съемка с общими поисками масштаба 1:50 000 на Богунайской площади попутно сопровождалась геофизическими работами.

Проводимые геологические съемки разных масштабов сопровождались геохимическими исследованиями, включающими в себя шлиховую съемку, металлометрическую съемку площадного масштаба и на участках детализации, а также опробование горных выработок.

Ю.А. Парфеновым (1967 г.) при съемке масштаба 1:200 000 выявлен ряд шлиховых ореолов рассеяния ильменита, шеелита, потоки рассеяния монацита.

В результате региональной съемки аналогичного масштаба с общими поисками золота на Ангаро-Канской площади по потокам рассеяния составлены карты: моноэлементные масштаба 1:500 000 (для 20 элементов), полиэлементные и литохимических аномалий золота (Голубев, 1988 г.), выделены перспективные площади на золото, молибден и медь, две из которых (Кузеевская и Богунайская) рекомендованы для постановки поисково-оценочных работ первой очереди.

Геохимические работы проводились при тематических и фундаментальных исследованиях регионального характера (Е.К. Ковригина, Даценко В.М., Л.В. Ли). Систематическое геохимическое опробование гранитоидов Енисейского кряжа совместно с применением количественных методов при оценке содержаний в них редких элементов позволило установить геохимические типы гранитов, которые вполне согласуются с таковыми в других районах, что позволило считать их потенциально рудоносными на некоторые металлы: олово, вольфрам, тантал, свинец, цинк, золото, олово (Даценко, 1984). Проявления и месторождения некоторых из указанных металлов в Енисейском кряже уже обнаружены.

Изучением распределения золота в породах Ангаро-Канской части Енисейского кряжа занимался Л.В. Ли (1985 г.). В обобщающей работе им приведено распределение золота в отложениях канской серии и различных интрузивных комплексах. По его заключению отложения канской серии, в целом, характеризуются невысоким содержанием золота. Сопоставление содержаний золота в неизменных и измененных гранитоидах свидетельствует о существенном изменении содержаний в результате пост-

магматических процессов, что указывает на возможность образования рудных концентраций в ходе гидротермальной переработки. Л.В. Ли также рассмотрено поведение золота при метаморфических процессах. Обращено внимание на низкое содержание золота ($3{,}74 \cdot 10^{-7}$%) в породах гранулитовой фации и сделан вывод об изначально низкой его концентрации в исходных породах.

Комплекс геохимических исследований масштаба 1:50 000 и крупнее на локальных объектах выполнен в 1984-89 гг. при производстве ГГС-50 на Богунайской площади (В.В. Семеняко).

В течении ряда лет (1962, 1973, 1974 гг.) Т.Я. Корневым велись научно-исследовательские работы по изучению магматических формаций всего Енисейского кряжа, составившим впоследствии карту магматических формаций, образовавшихся в течении пяти тектоно-магматических циклов. Установлена большая роль рифейского вулканизма в рудопроявлении региона: выделен и прогнозируется новый для Енисейского кряжа пояс колчеданно-полиметаллических руд, вулканогенно-осадочных руд железа, марганца, фосфора. Выделено 30 наиболее важных рудных формаций, большая часть которых связывается с магматизмом байкальского тектоно-магматического цикла.

В 1973 году вопросами петрологии метаморфических пород толщ раннего докембрия Ангаро-Канской части Енисейского кряжа занималась Е.К. Ковригина, составившая впоследствии совместно с Н.С. Подгорной геологическую карту масштаба 1:1 000 000 листа О-46-(47). Ею были разделены на свиты нижнепротерозойские образования; из состава метаморфических пород нижнего протерозоя выделен ярлычихинский комплекс; доказана необоснованность выделения калантатской толщи.

Многочисленные публикации В.М. Даценко, проводившего исследования в пределах юго-западного обрамления Сибирской платформы в 70-80-х годах, внесли большой вклад в изучение магматизма Енисейского кряжа. В его работах нашли подтверждение представления о чарнокитах района, как о породах, образованных в результате гранитизации архейских метаморфитов гранулитовой фации, однако, в отличие от других исследователей он выделил их из состава кузеевской толщи как самостоятельный комплекс. Петрографически подтверждено им положение, высказанное Ю.А. Кузнецовым (1944 г.), о магматической природе таракских гранитов, являющихся наиболее глубинными среди гранитов юго-западного обрамления Сибирской платформы. Непосредственно на характеризуемой площади Богунайского узла С.С. Сердюком (2003 г.) был проведен анализ россыпей и рудной золотоносности Богунайского рудного узла, выделены золото-серебряно-кварц-сульфидная, золото-сульфидная, золотоносных кор выветривания, аллювиальная формации, дана их прогнозная оценка, выделены площади для постановки поисковых работ.

Стратиграфия

В геологическом строении района месторождения принимают участие архейские и кайнозойские отложения. Они представлены осадочными, метаморфическими и магматическими породами (рис. 3.112).

Архей
Канская серия

Архейские образования, объединенные в канскую серию, представлены разнообразными гнейсами, гранулитами и кристаллическими сланцами. Являясь первично вулканогенно-осадочными образованиями, породы канской серии претерпели глубокий метаморфизм, первоначально, в условиях гранулитовой фации. В дальнейшем складчатая структура, канской серии была нарушена мощными зонами рассланцевания, катаклаза, милонитизации, вдоль которых наложились диафторические изменения пород в условиях амфиболитовой, зеленосланцевой фации метаморфизма и интенсивная гранитизация, связанная с более поздними карельским и байкальским тектоно-магматическими циклами развития. Развиты породы канской серии в пределах Сухобузимско-Рыбинского и на крыльях Немкинского тектонических блоков, входящих в состав опрокинутого на юго-запад Ангаро-Канского антиклинория (горст-антиклинория), являющегося выступом Сибирской платформы. В соответствии с принятой легендой на Ангаро-Канскую часть Енисейского кряжа для карт масштаба 1:50 000, в пределах района канская серия расчленяется на две толщи: кузеевскую и атамановскую. В пределах Богунайской площади распространены отложения кузеевской толщи.

Кузевская толща. Отложения кузеевской толщи широко распространены в бассейнах рек Богунай, Сокаревка, Немкина. В составе толщи выделяются две пачки: нижняя - существенно гиперстеновые гнейсы (первично вулканогенные образования) и верхняя - гиперстеновые и гранатовые гнейсы (первично вулканогенно-осадочные породы).

Нижняя пачка. Отложения нижней пачки в пределах Богунайской площади закартированы в междуречье рек Метляковки, Сокаревки и на Богунайском месторождении. Они слагают ядерные части Метляковской и Богунайской антиклиналей, осевые поверхности которых имеют криволинейную поверхность с общим субмеридиональным направлением и падением крыльев на юго-запад и северо-восток с углами 50-75°. В ее составе гиперстеновые гнейсы, составляющие до 50% объема, переслаиваются с кристаллическими сланцами. Менее распространены гранат-гиперстеновые (до 25%) и двупироксеновые (до 15%) гнейсы. Общая мощность нижней пачки - 1600-1700 м.

Верхняя пачка. Отложения верхней пачки развиты в бассейнах средних течений рек Богунай и Кан, протягиваясь широкой полосой вдоль зоны Приенисейского глубинного разлома.

Выделена по преобладанию гранулито-гнейсов кислого и среднего состава. Согласно залегает на нижней. Гранулито-гнейсы кислого состава (биотит-гранатовые, гранат-биотитовые и гранатовые гнейсы) слагают до 60% объема пачки, гранат-гиперстеновые - 26%, гранулито-гнейсы основного состава (гиперстеновые гнейсы и кристаллические сланцы) - до 14%. По методике А.А. Предовского в качестве исходных пород реставрируются осадочные, осадочно-вулканогеннные и вулканогенные породы. Мощность верхней пачки - 1300-2000 м.

Архейский возраст метаморфических пород канской серии определяется тем, что они прорываются Таракской гранитной интрузией, абсолютный возраст которой (определенный свинцовым методом) исчисляется в 1,8-2,0 млрд. лет, что соответствует верхнеархейскому времени (Волобуев, 1959 г.).

Кайнозой
Четвертичная система

Четвертичные отложения (элювиальные, элювиально-делювиальные, делювиальные и аллювиальные) представлены суглинками, глинами с обломками коренных пород, песками, галечниками. Мощности отложений колеблются от 1 до 9 м.

Интрузивные и ультраметаморфические образования

В схему магматизма на Богунайской площади согласно утвержденной легенды вошли магматические и ультра-

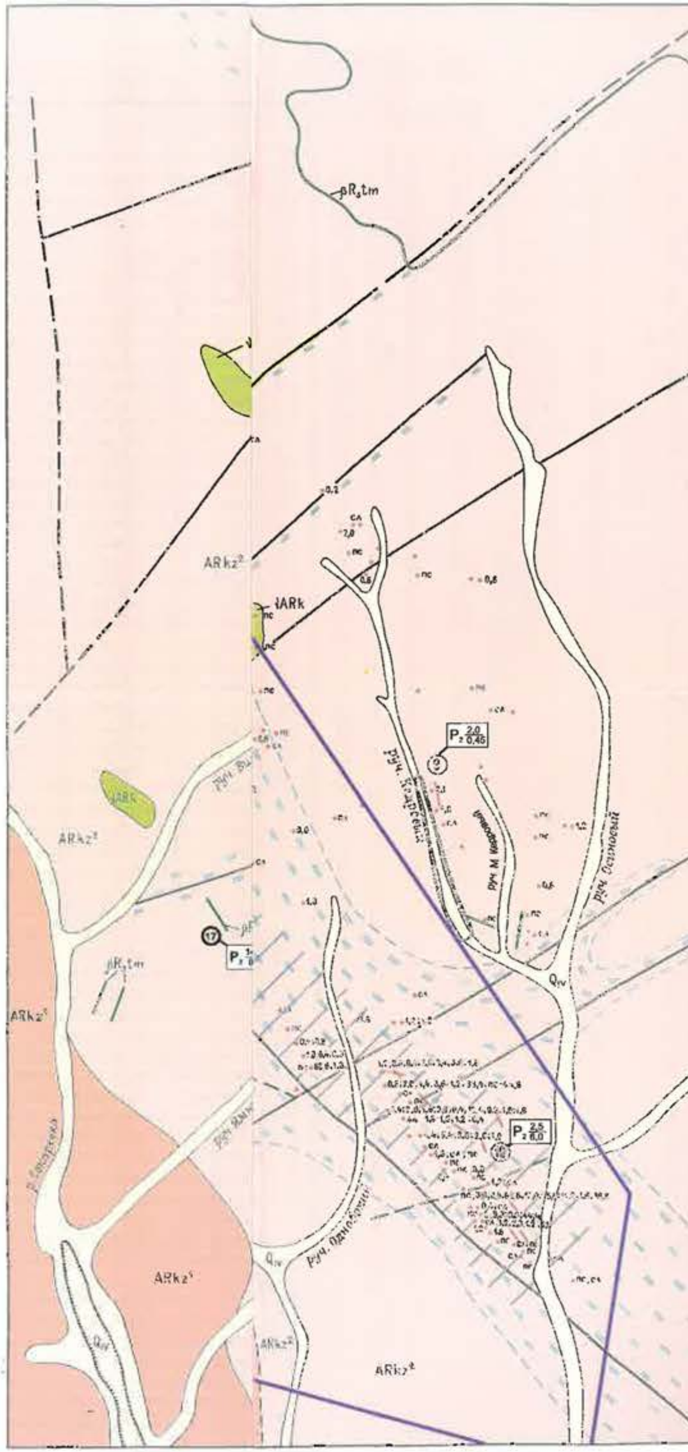


Рис. ·гунайского рудника (1934-1950)

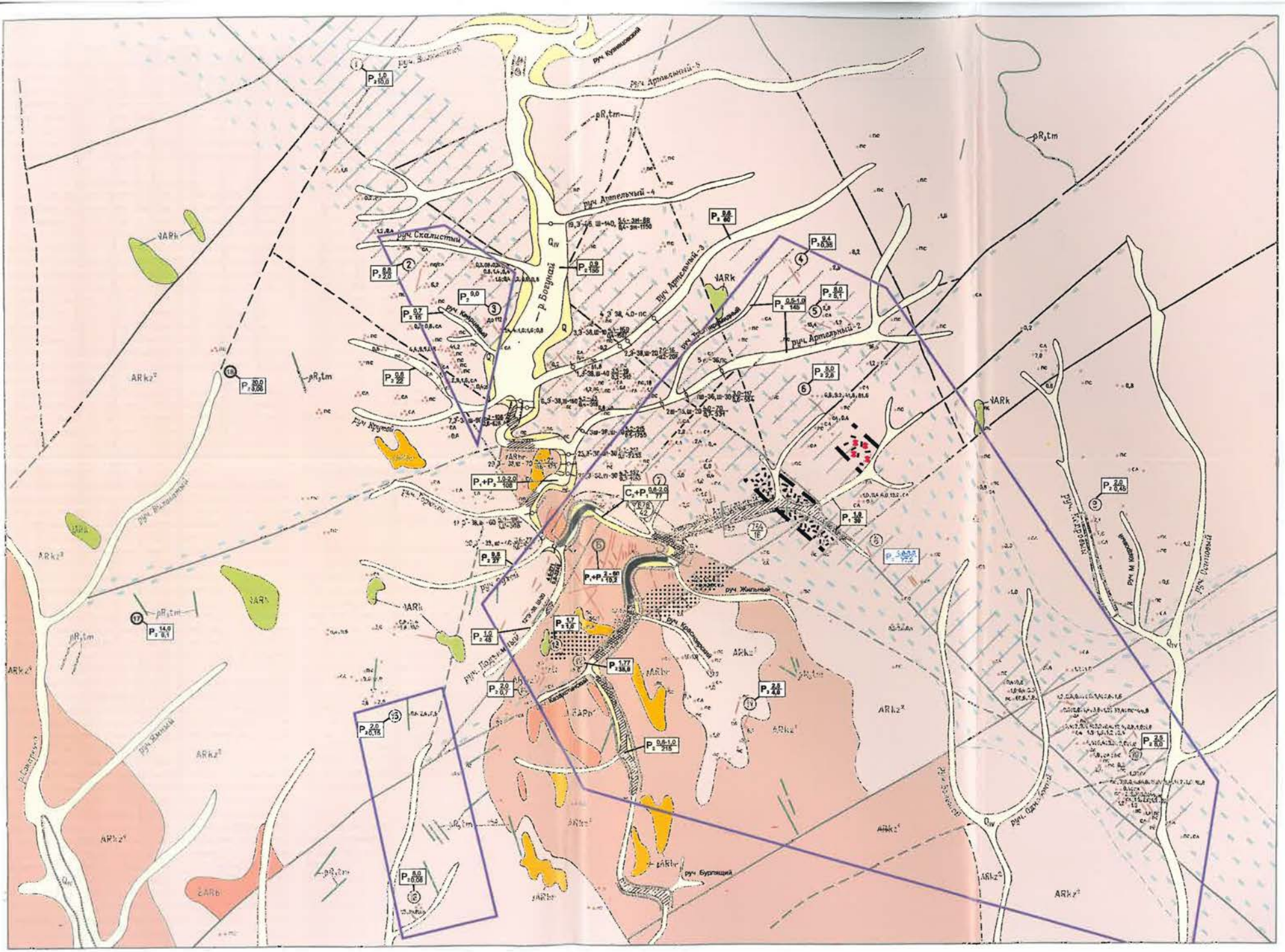


Рис. 3.112. Геологическая карта Богунайского рудного узла. Составили С.С. Сердюк, А.И. Зверев по материалам ПГО Красноярскгеология (1990), Богунайского рудника (1934-1950)

Условные обозначения

Q_{IV} Четвертичные современные аллювиальные отложения : глина, песок, галечники

Q Четвертичные нерасчлененные отложения террасового комплекса : глина, галечники, валуны

$Arkz^2$ Архей. Кузеевская толща. Верхняя пачка. Гранатовые, гранат-гиперстеновые, гиперстеновые плагиогнейсы, гранат-двуполево шпатовые гнейсы

$Arkz^1$ Архей. Кузеевская толща. Нижняя пачка. Гиперстеновые, гранат-гиперстеновые, гиперстен-гранатовые гнейсы с редкими горизонтами лейкократовых плагиогнейсов

$\beta R_3 tm$ Поздний протерозой. Токминский комплекс. Дайки диабазов

γARbr Березовский комплекс. Ортоклазовые граниты

čARb Богунайский комплекс. Чарнокиты

vARk Кимбирский комплекс. Габбро, габбро-нориты

Зоны милонитизированых пород

Оконтуренные КНИИГиМС фрагменты золотоносной линейной коры выветривания в зоне милонитизированных пород

Зоны диафтореза

1 2 Разломы : 1 - установленные, 2 - предполагаемые

1 2 Геологические границы : 1 - установленные, 2 - предполагаемые

Границы предварительного горного отвода ООО "АС Ангарская производственная компания"

Кварц-золоторудные жилы

16.6 Свалы рудного кварца и содержание в них золота, в г/т

Б Богунайское золоторудное месторождение

① Рудопроявления золота, золотоносные зоны, участки : 1 - Виловатое, 2 - Скалистое, 3 - Речное, 4 - Северное, 5 - руч. Артельного-2, 6 - Ермолаевское, 7 - Левобережный рудный участок, 8 - руч. Золотого, 9 - Кедровое, 10 - Восточное, 11 - Каскадное, 12 - Красноярская рудная зона, 13 - Ивановская рудная зона, 14 - Казахстанское, 15 - Чирушканское, 16 - Угольное, 17 - Колонковое, 18 - Виловатое

Богунайская перспективная рудная зона с золото-сульфидной минерализацией и золотоносными корами выветривания (по данным КНИИГиМС, 2003 г.)

$P_2\frac{5.0}{2.8}$ Прогнозные ресурсы коренного золота Богунайской перспективной рудной зоны. Категория P_2- прогнозные ресурсы на выявленные предшественниками объекты в пределах зоны. Категория P_3(77 т.) - прогнозные ресурсы на остальную площадь зоны (золотосульфидное оруденение- 59 т., золотоносные коры выветривания- 18 т.; КНИИГиМС, 2003 г.). Числитель - среднее содержание металла, г/т; знаменатель - ресурсы металла, т

1 2 Контуры отработок россыпного золота в периоды с 1934 г. по 1939 г. (1) и с 1996 г. по 2000 г. (2)

1 2 3 Содержание россыпного золота по результатам эксплуатационных работ 1934-1939 г.г. от 3 до 5 г/м^3 и выше (1), от 1,5 до 3 г/т (2) и до 1,5 г/т (3)

1 7Э-38 2 7Ш-32 Разведочные линии скважин "Эмпайр" (1) и шурфов (2) на россыпное золото, их номера и год проходки

Шлиховое золото рудного облика в элювии коренных пород, выявленное при оценке россыпной золотоносности в долине ручья Артельный-1 (1994 г.)

$Ш\text{-}30\frac{3.8\text{-}125}{0.6\text{-}300}$ Ширина геологического контура россыпи (Ш-30) по разведочным линиям, в м. Числитель - средняя мощность горной массы в метрах и содержание золота на массу в пределах геологического контура, в мг/м^3, знаменатель - тоже на пласт

$\left[\frac{784}{16}\right]$ Учтенные запасы россыпного золота по категории C_2 в долинах руч. Артельный-1 и р. Богунай соответственно на 01.04.1995г и 01.03.1996г. Числитель - среднее содержание на пласт, мг/м^3; знаменатель - запасы, кг

$P_1\frac{1.0}{145}$ Прогнозные ресурсы россыпного золота, категория прогноза. Числитель - среднее содержание металла, г/т; знаменатель -ресурсы металла, кг

Условные обозначения

- Q_{IV} — Четвертичные современные аллювиальные отложения : глина, песок, галечники
- Q — Четвертичные нерасчлененные отложения террасового комплекса : глина, галечники, валуны
- $Ark2^2$ — Архей. Кузеевская толща. Верхняя пачка. Гранатовые, гранат-гиперстеновые, гиперстеновые плагиогнейсы, гранат-двуполевошпатовые гнейсы
- $Ark2^1$ — Архей. Кузеевская толща. Нижняя пачка. Гиперстеновые, гранат-гиперстеновые, гиперстен-гранатовые гнейсы с редкими горизонтами лейкократовых плагиогнейсов
- $\beta R_3 tm$ — Поздний протерозой. Токминский комплекс. Дайки диабазов
- γARbr — Березовский комплекс. Ортоклазовые граниты
- ČARb — Богунайский комплекс. Чарнокиты
- vARk — Кимбирский комплекс. Габбро, габбро-нориты
- Зоны милонитизированных пород
- Оконтуренные КНИИГиМС фрагменты золотоносной линейной коры выветривания в зоне милонитизированных пород
- Зоны диафтореза
- Разломы : 1 - установленные, 2 - предполагаемые
- Геологические границы : 1 - установленные, 2 - предполагаемые
- Границы предварительного горного отвода ООО "АС Ангарская производственная компания"

метаморфогенные комплексы Образование их происходило в течении архейского и байкальского тектоно-магматических циклов. Магматизм архейского тектоно-магматического цикла проявлен перидотит-пироксенит-норитовой (кимбирский комплекс), мигматит-плагиогранитовой (богунайский комплекс) и мигматит-гранитовой формациями (березовский комплекс); байкальский - базальт-долеритовой (токминский комплекс) формацией.

Архейские интрузивные и ультраметаморфогенные образования

Кимбирский комплекс. Породы кимбирского комплекса в бассейне рек Богунай и Сокаревка закартированы в виде нескольких интрузивных тел, приуроченных к глубокометаморфизованным породам канской серии. Породы этого комплекса образуют два морфологических типа тел: сложной формы, слабо вытянутые в субмеридиональном направлении, и субизометрические, морфологически близкие лаколитам, лополитам.

Залегание тел преимущественно согласное с вмещающими породами. Размеры отдельных тел достигают 1-1,5 км в длину и 0,5-1,0 км в поперечнике. Интрузии этого комплекса сложены габбро, норитами и габбро-норитами. Значительно меньше распространены анортозиты и ультраосновные породы.

Габбро, нориты и габбро-нориты имеют темно-серую окраску, массивную текстуру и сохраняют облик нормальной интрузивной породы. Структура пород офитовая, реже габбро-офитовая. Основными породообразующими минералами в них являются плагиоклаз (лабрадор № 65-67), составляющий 50-60% объема породы, гиперстен и моноклинный пироксен.

Анортозиты, являющиеся продуктами дифференциации основной магмы, связаны с габбро и габброноритами постепенными переходами; они формируют шлиры или линзовидные образования в наиболее крупных габброноритовых интрузиях. Анортозиты представлены серыми и голубовато-серыми средне- и крупнозернистыми породами массивной текстуры, сложенные на 90-95% таблитчатым или зернистым агрегатом кристаллов лабрадора-битовнита.

Ультраосновные породы (основные ультрамафиты) отмечаются только в среднем течении р. Богунай, где они представлены крупнокристаллическими темно-зелеными, сильно катаклазированными пироксенитами, состоящими из крупных призматических кристаллов гиперстена и редких кристаллов моноклинного пироксена. В количестве до 10% в породе присутствует шпинель.

Породы комплекса отнесены к перидотит-пироксенит-норитовой (по другим данным - к габбро-анортозитовой) формации. Возраст кимбирского комплекса определяется как архейский на основании того, что породы его инъецируются таракскими гранитами, относящимися по данным абсолютного возраста к архею.

Богунайский комплекс. В объеме комплекса, выделенного В.М. Даценко, определены автохтонные «богуниты» и аллохтонные «кузеевиты» Ю.А. Кузнецова. Образования этого комплекса формируют небольшие массивы, линзы (протяженностью до 1,5 км, шириной до 500 м), согласно с вмещающими породами, сложенные автохтонными чарнокитами и эндербитами. Характерной чертой тел чарнокитоидов богунайского комплекса является их приуроченность к антиклинальным структурам. Как правило, они располагаются в виде линзовидных тел северо-западного простирания на крыльях Богунайской и Метляковской антиклинали второго порядка вблизи Приенисейского глубинного разлома. Вмещают тела богунайского комплекса гиперстеновые, реже гранат-гиперстеновые гнейсы кузеевской толщи. Контакты чарнокитов всегда совпадают с гнейсовидностью, повторяя мелкую складчатость метаморфических пород. В постепенной зоне перехода от гнейсов к чарнокитам присутствуют пегматоидные обособления кварц-полевошпатового состава с единичными зернами гиперстена и граната. Мощность зоны, так называемых, мигматизированных пород составляет до 100 м и зависит от мощности тела чарнокитов.

По петрохимическим характеристикам среди чарнокитоидов богунайского комплекса устанавливаются пользующиеся преимущественным развитием чарнокиты, чарно-эндербиты и эндербиты.

Абсолютный возраст чарнокитов района р. М.Кузеева, по данным М.И. Волобуева и др. (1980 г.) составляет 4100+200 млн. лет.

Березовский комплекс. Породы Березовского комплекса выделены в нижнем течении р. Богунай и на водоразделе руч. Карабариха и р. Сокаревка. Представлены они небольшими (до 1,5 км по протяженности и до 0,5 км в поперечнике) телами, преимущественно согласными (автохтонными и параавтохтонными) с вмещающими породами канской серии и нередко имеющими с ними постепенные переходы. Основной вид пород комплекса - биотит-ортоклазовые гранатсодержащие граниты. Изредка встречаются пегматоидные (лейкократовые ортоклазовые) граниты с гранатом. По петрохимическим данным это нормальные и субщелочные граниты.

Граниты березовского комплекса отнесены к ультраметаморфогенной мигматит-гранитовой формации протогеосинклинального этапа. Их абсолютный возраст составляет 1850+100 млн. лет (уран-торий-свинцовый метод) и 2060 млн. лет (рубидий-стронциевый метод), что отвечает, по-видимому, тараксому этапу гранитизации.

Учитывая положение в структуре, данные абсолютного возраста, и на основании «Схемы интрузивного магматизма Ангаро-Канской части Енисейского кряжа» (1987 г.) возраст березовского комплекса определяется как архейский.

Позднепротерозойские интрузивные образования

Токминский комплекс. Породы комплекса в виде даек на территории рудного узла широко развиты в верховье р. Богунай и на водоразделе рр. Богунай-Сокаревка. Развитие, ориентировка даек контролируется преобладающими направлениями развитых нарушений и, в основном, они имеют меридиональное и субмеридиональное простирание.

Эти дайки прорывают породы канской и енисейской серий, нориты кимбирского комплекса, граниты таракского комплекса. Форма даек линзовидная, протяженность до 200-700 м, мощность - до 5 м. Контакты с вмещающими метаморфическими и магматическими образованиями четкие, ровные, редко заливообразные. Падение лежачего и висячего контактов, в большинстве случаев, с одним углом и чаще крутое - до 75-85°.

Породы токминского комплекса относятся к базальт-долеритовой формации. Абсолютный возраст комплекса по данным калий-аргонового метода составляет 850 и 960 млн. лет.

Метаморфизм

Изучение геологического строения Ангаро-Канской части Енисейского кряжа, детальные петрографические исследования слагающих его пород позволили сделать заключение о неоднократном повторении в истории развития данного региона явлений метаморфизма, проявившихся в разное время и в различных термодинамических обстановках. Минеральные ассоциации пород развитой здесь канской серии являются, в полном смысле, образованиями полиметаморфическими. Их формирование,

в соответствии с принятой концепцией тектонического развития, происходило в течении трех тектоно-метаморфических циклов: архейского, карельского и байкальского (Кузнецов, 1941; Семеняко и др., 1990 г.).

Архейский цикл ознаменовался проявлением на площади пород канской серии двупироксен-гнейсовой (гранулитовой) фации регионального метаморфизма, сопровождающейся становлением гранитоидов чарнокитовой формации. Карельский метаморфический цикл (дислокационный метаморфизм енисейской серии, по Ю.А. Кузнецову, 1941) достигал условий от зеленосланцевой до эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. Карельский цикл носил, по отношению к предшествующему циклу, четко выраженный регрессивный, диафторический характер. Байкальский метаморфизм определил формирование на территории Ангаро-Канской глыбы мощных приразломно-зональных комплексов диафторитов, проявившихся в условиях эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций.

Результирующим итогом проявленных метаморфических циклов явилась сложная структура регионально-метаморфического поля Ангаро-Канской части. В основном объеме слагающих ее пород отчетливо реставрируется «начальная» метаморфическая природа - гранулитовая фация метаморфизма. В соответствии с представлениями Ю.А. Кузнецова (1941), вопрос о принадлежности канского комплекса к конкретной метаморфической фации решается достаточно однозначно. Об этом свидетельствуют идеально гранобластические, «равновесные», структуры и весьма характерный минералогический состав. В подавляющей части это гранатовые гнейсы, гранатовые и гиперстеновые гранулиты, пироксен-гранатовые и кордиерит-гранатовые кристаллические сланцы, линзы пироксенолитов. Гранатовые и гиперстеновые гнейсы часто содержат пегматоидные обособления. По характеру минеральных ассоциаций и текстурно-структурным особенностям среди метаморфитов канской серии могут быть выделены метабазиты и метапелиты. По данным Ю.П. Бовина (Семеняко и др., 1990 г.), в собственно метабазитах устанавливаются реликты первично-магматических структур, присутствие пироксена в качестве ведущего минерального компонента. В эту же группу включаются кристаллосланцы, содержащие до 50% темноцветных минералов - пироксена, амфибола, биотита и др. Незначительно распространены и встречаются среди метабазитов кузеевской толщи эклогитподобные и близкие к ним ассоциации: орто- и клинопироксен, гранат, плагиоклаз, амфибол, кварц, более редкие - дистен, рутил, шпинель, рудный. Характерны венцовые, симплектито- и мирмекитоподобные структуры. Метапелиты в общем плане подразделяются по преобладающему минеральному компоненту на существенно гиперстеновые, гранатовые, биотитовые и группу пород, содержащих в качестве ведущих высокоглиноземистые минералы (в первую очередь - силлиманит). По составу полевого шпата среди них могут быть выделены существенно плагиоклазовые, калишпатовые и смешанные разновидности. Всеми исследователями отмечается существенное преобладание гранатовых типов пород в составе канской серии.

Диафторические преобразования пород канской серии, связанные с наложенными метаморфическими процессами, проявилось весьма неравномерно, что создает большое разнообразие диафторитов. Прежде всего, происходит формирование и последующее усложнение бластических структур в сочетании с разнообразными структурами замещения. В соответствии с термодинамическими параметрами повторного метаморфизма в породах развиваются типичные новообразования - амфиболы (обыкновенная роговая обманка и куммингтонит), новообразованный гранат, несколько разновидностей биотита, хлорит, серицит и др. Карельский метаморфический цикл сопровождается широко проявленным процессом мигматизации и пегматитообразования, связанными со становлением Таракской интрузии, что еще более усложняет структуру канского полиметаморфического комплекса.

Зоны диафторитов, развитие которых, соотносится в основном, с байкальским тектоническим (тектоно-метаморфическим) циклом, получили на территории Ангаро-Канской глыбы достаточно широкое распространение. В пределах интересующего нас района, по данным Ю.П. - Бовина (Семеняко и др., 1990 г.), они образуют широкую полосу в северо-западном обрамлении Таракского массива, сложенную породами эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций метаморфизма.

Особое место в структуре метаморфического поля Богунайской площади занимают зоны милонитизации, мощность которых колеблется от десятков сантиметров до нескольких километров. Как указывает Ю.А. Кузнецов (1941), р. Кан на отрезке между реками Казачьей и Богунай на протяжении около 10 км течет по простиранию такой зоны милонитизации мощностью более 1 км. По структурным особенностям намечается три типа милонитов, образование которых происходило, вероятно, в различных обстановках: ультрамилониты, бластомилониты и филлониты (по Ю.А. Кузнецову). При геологической съемке масштаба 1:50 000 (Семеняко и др., 1990 г.) установлено, что вкрест мощных зон милонитизации наблюдается последовательное изменение пород от гнейсов до кварц-мусковит-полевошпатовых диафторитовых сланцев. Зоны милонитизации и диафтореза сопровождаются широким развитием гидротермально-метасоматических образований (окварцевание, мусковитизация, хлоритизация) вплоть до образования березитов с сульфидной и золоторудной минерализацией. В связи с последними, зоны милонитизации, широко распространенные по правобережью р. Кан, приобретает совершенно особое значение при оценке золоторудного потенциала района.

Коры выветривания

Коры выветривания, представленные позднетриасовыми-раннеюрскими образованиями до настоящего времени были отмечены вне Богунайской площади. Они известны в районе д. Борисовка (Уярский район), где залегают на породах палеозоя и включены в состав переясловской свиты нижней юры. Коры выветривания представлены каолиновыми обеленными глинами, иногда с примесью кварца. Мощность кор достигает 30 м.

В пределах Богунайского рудного узла кора выветривания линейного типа впервые была охарактеризована С.С. Сердюком (2002 г.) в полосе развития зоны милонитов, которые частично были вскрыты в долине руч. Артельный-1, чуть выше руч. Путнин, при отработке одноименной россыпи. Ее видимая мощность 120 м, возможно больше, так как вверх по течению россыпь не отрабатывалась и породы плотика не вскрыты. Представлена она белыми, бурыми, серовато-белыми глинами, насыщенными обломочным материалом кварца. Полоса развития коры выветривания наследуется долиной руч. Золотой, правого притока руч. Артельный-1. В долине первого ручья, при проведении оценочных работ в 1994 г. на россыпное золото, также вскрывались в плотике аналогичные глинистые отложения.

То, что отложения коры выветривания могут быть золотоносными и являются одним из россыпных источников руч. Артельный-1 подтверждается геологическими исследованиями предшественников и данными опробования.

В 30-х годах прошлого столетия в долине руч. Золотой и ниже его устья на 300 м - в руч. Артельный-1, практически, в контурах развития коры выветривания, была разведана бурением россыпь золота с содержанием 2 г/м³. Ниже по течению руч. Артельный-1 ее богатство резко снижается до 0,3-0,7 г/м³. В последствие россыпь была отработана с содержанием 3 г/м³, в ней отмечались самородки золота в кварце, нередко весом до 40 г.

По мнению Н.В. Стахеева (1941 г.), россыпь руч. Золотого, по всей видимости, образовалось за счет размыва отложений зоны милонитов, так как обломочный материал россыпи, в основном, сложен кусками окварцованных пиритизированных милонитов с кварцевыми прожилками.

Второй фрагмент линейной коры выветривания в зоне милонитов был вскрыт россыпными скважинами линии 25 на правом борту руч. Артельный-1 при оценке россыпи ГК "Геоинформ" в 1994 г. Буровая линия расположена в верховье ручья Артельный-1 в 850 м от устья Золотого. Скважинами на ширину 35 м был вскрыт верхний горизонт элювия коренных пород, представленный хрупкими бурыми обломками лимонитов в красновато-песчаной глине. Две скважины из четырех зафиксировали шлиховое золото рудного облика с содержаниями от 26 до 450 мг/м³. При этом долинные отложения руч. Артельный-1 оказались "пустыми" от россыпного золота. Рудная природа шлихового золота была определена при его морфологическом изучении.

Тектонические комплексы

На территории района выделяются фрагменты двух крупных полициклически развивающихся структур: южной части складчатой системы Енисейского кряжа (архейские и протерозойские комплексы) и северо-западной части наложенной Рыбинской впадины (среднепалеозойский и мезозойский комплексы, представляющие, соответственно, орогенный элемент каледонид и платформенный чехол).

Архейские и протерозойские образования, включающие интрузии различного состава, слагают в складчатой системе Енисейского кряжа сложный Ангаро-Канский антиклинорий, в составе которого наиболее древняя часть представляет в структурном отношении Южно-Енисейскую глыбу.

Архейско-протерозойские образования расчленены на три структурных комплекса (тектонических комплекса) - докарельский, карельский и байкальский, являющиеся фундаментом Рыбинской впадины.

Рыбинская впадина выполнена слабо дислоцированными орогенными образованиями девона и карбона, слагающими средне-верхнепалеозойский (каледонский) тектонический комплекс, и угленосными отложениями юрского возраста, залегающими на размытой поверхности палеозоя и формирующими вместе с кайнозойскими отложениями платформенный мезозойско-кайнозойский комплекс.

Докарельский комплекс. Образования докарельского комплекса представлены кузеевской формацией двупироксеновых гнейсов и гранулитов, атамановской формацией гранат-слюдяных и кордиеритовых гнейсов. С ними тесно связаны образования кимбирской габбро-анортозитовой, богунайской чарнокитовой и мигматит-гранитовой формаций. Вместе они слагают Южно-Енисейскую глыбу (выступ) в пределах Ангаро-Канского антиклинория.

Южно-Енисейская глыба расчленена на три крупных блока: Сухобузимско-Рыбинский, Немкинский и Канско-Мурминский. В пределах характеризуемого района развиты преимущественно образования Немкинского блока и северо-восточная часть Сухобузимско-Рыбинского, представляющих центральную часть южной оконечности Енисейского кряжа. Немкинский блок отделяется от Сухобузимско-Рыбинского Приенисейским глубинным разломом. Его восточная граница (бассейн р. Казачьей) частично перекрыта отложениями Канско-Тасеевской синеклизы (впадины) Сибирской платформы. Немкинский блок - наиболее приподнятая часть Южно-Енисейской глыбы - сложен породами канской серии, подверженными региональному метаморфизму и ультраметаморфизму (гранитизации), испытавшими внедрение интрузивных образований (габброиды кимбирского, чарнокитоиды богунаевского, гранитоиды березовского комплексов).

Общая складчатая структура докарельского комплекса - антиклинорий, вытянутый в северо-западном направлении, осложненный системой взбросов того же простирания. Западное крыло антиклинория опрокинуто на юго-запад и срезается глубинными разломами; развито фрагментарно.

В пределах Сухобузимско-Рыбинского блока осевая часть антиклинория делится на две ветви: западную (Сокаревская антиклиналь), прослеживающуюся по правобережью р. Сокаревки, и восточную (Богунайская антиклиналь), протягивающуюся на юго-восток от бывшего пос. Богунай до р. Кан.

Среди более локальных складчатых структур в докарельском комплексе распространены три типа складок: линейные (изоклинальные), часто опрокинутые складки, северо-западного простирания (продольные складки), система анти- и синформных складок северо-восточного простирания (поперечные складки) и складки с круто погружающимися шарнирами.

Карельский комплекс. На исследуемой территории стратифицированные образования карельского комплекса (енисейская гнейсо-карбонатная формация) распространены фрагментарно. В несколько большей степени здесь развиты интрузивные образования карельского цикла: формация габброидов (комаровский комплекс) и мигматит-гранитовая формация (таракский комплекс).

Складчатые дислокации карельского комплекса весьма сходны с дислокациями докарельского комплекса.

Байкальский комплекс. Стратифицированные образования байкальского комплекса в пределах района не распространены, область их развития находится значительно севернее. На территории района установлено локальное развитие только интрузивных образований байкалид, представленных габбро-диабазами токминского и гранитоидами нижнеканского комплексов (а за пределами района - субщелочными гранитами и сиенитами порожинского комплекса).

Интрузивные образования байкальского цикла приурочены к крупным долгоживущим разрывным структурам и в тектоническом смысле отражают наложенные процессы тектоно-магматической активизации архейско-нижнепротерозойской Южно-Енисейской глыбы.

Разрывные нарушения

В области развития гнейсовых толщ архея и протерозоя широко распространены дизъюнктивные нарушения нескольких типов: мантийные, глубинные (ограничивающие жесткие тектонические блоки), поперечные сбросо- и взбросо-сдвиги, и прочие более мелкие разрывные структуры.

Мантийные дизъюнктивы являются магмо- и рудоподводящими, они делят структуру района на крупные блоки. На исследуемой территории это Приенисейский и Татарский разломы. Приенисейский разлом представлен серией вытянутых в северо-западном направлении сближенных разрывов, формирующих выдержанные по простиранию полосы шириной от нескольких метров до 2-4 км (и более) милонитов, ультрамилонитов. Разлом сечет складчатые структуры под косым углом к простиранию, плоскость разлома падает на северо-восток под углом 70-80°. Это основная рудоконтролирующая структура района, к зоне его влияния приурочена основная масса рудных месторождений и рудопроявлений. Заложение Приенисейского разлома происходило в конце архея, когда

вдоль западной окраины Енисейского кряжа сформировался геосинклинальный прогиб и шло накопление вулканогенно-терригенных отложений енисейской серии.

Татарский разлом имеет север-северо-западное простирание, субсогласное простирание вмещающих пород. Мощность сопровождающих разлом зон милонитов, меньше, чем у Приенисейского и составляет обычно до 1 км. Слабее проявлены и наложенные гидротермально-метасоматические процессы. Разлом пересекает площадь почти с севера на юг и смыкается с Приенисейской зоной разломов в районе Богунайского золоторудного месторождения, ограничивая Ангаро-Канскую часть антиклинория с востока. Разлом имеет черты типичного взброса с крутым (близким к вертикальному) углом падения. Величина вертикального перемещения на отдельных участках достигает 2 км и более. Формирование Татарской зоны разломов связано с инверсией тектонического режима в раннем протерозое.

Глубинные разломы создают каркас блоковой структуры региона. Они имеют, в основном, северо-западное и север-северо-западное простирание, протяженность несколько десятков километров; глубинность их (по гравитационным ступеням) порядка 10 км. Вертикальные перемещения блоков достигают 1-2 км. Формирование разломов происходило, в основном, в протерозое в течение нескольких этапов активизации.

Поперечные взбросо- и сбросо-сдвиги являют собой результат раскола коры в позднеархейское время активизации, что сопровождалось внедрением гранитных интрузий в жесткий фундамент. По своему характеру, строению поперечные взбросо- и сбросо-сдвиги однотипны с вышеописанными глубинными разломами и характеризуются вертикальными перемещениями до 1 км, горизонтальными сдвигами до 3-4 км.

Прочие разломы очень широко развиты на площади, их формирование связано с различными этапами тектоно-магматической активизации от архея до кайнозоя. Они имеют различное от северо-западного до субмеридионального и от северо-восточного до субширотного простирания, ограничивают более мелкие тектонические блоки, различающиеся по высоте стояния, по характеру магматической проработки и по другим особенностям строения. Они имеют длину до первых десятков км, глубину не более 10 км, характеризуются преимущественно вертикальными, редко горизонтальными перемещениями (до 1 км).

В пределах района выделяются так же многочисленные оперяющие разрывы, трещины скола и отрыва, на крыльях изоклинальных складок часто отмечаются зоны кливажа и сланцеватости.

Приразломные изменения пород

Как главные, так и второстепенные дизъюнктивные структуры характеризуются аналогичными процессами катаклаза и милонитизации, различающимися лишь по масштабу проявления. В разрезе наиболее мощных зон милонитизации (Приенисейский разлом) вкрест простирания отмечается последовательность изменения пород от гнейсов до кварц-мусковит-полевошпатовых диафторитовых сланцев, характерных для центральных частей зон. Промежуточными членами ряд являются слабомилонитизированные разности гнейсов, собственно милониты с участками ультра- и бластомилонитов, темно-серые слюдистые диафторитовые сланцы.

Процессы катаклаза и милонитизации сопровождаются изменением внутреннего строения минералов и пород, постоянным появлением новых минеральных ассоциаций, заменой высокотемпературных низкотемпературными.

Собственно милониты - это темно-серые, часто черные тонкозернистые породы, нередко рассланцованные с плохо сохранившимися реликтами гнейсовидного строения. Для пород характерна милонитовая структура мелкоочковая сланцевая текстура. Очки небольших размеров представлены полевыми шпатами, редко ромбическим пироксеном, пространство между ними заполнено сильно перетертым, до глинистого состояния, материалом.

Представителем крайней степени милонитизации пород являются ультрамилониты. Для них характерен исключительно черный цвет. Порода однородная, афанитового облика, лишь на выветрелой поверхности иногда заметны темно- и светлоокрашенные полосы. Микроскопически для них характерно отсутствие порфирокластов, трудноразличимый минеральный состав, полное отсутствие реликтов первичной структуры.

В ослабленных участках - в центральных частях зон милонитизации, в узлах пересечения разломов, милониты претерпевают наложенные гидротермальные изменения: окварцевание, карбонатизацию, березитизацию и нередко сопровождаются рудной минерализацией. Наложенные процессы приурочены, в основном, к зоне Приенисейского и оперяющих его разломов, что объясняется воздействием постмагматических растворов, гранитных интрузий нижнеканского комплекса. Под воздействием низкотемпературных растворов происходит насыщение милонитов кремнеземом с выносом фемических компонентов и формируются иногда широкие до 0,5 км зоны окварцованных пород. В результате гидротермальных изменений милониты пропитываются кварцем и обогащаются мусковитом.

В пределах Богунайского рудного поля катаклазиты и милониты претерпели более интенсивную гидротермальную проработку, вплоть до формирования пород кварц-кальцит-пирит-хлоритового состава (березитов) с сульфидной и золотой минерализацией.

Минерагеническое районирование

Площадь исследуемого района обладает весьма разнообразной минерагенической специализацией, формирование которой обусловлено сложностью и длительностью геологического развития двух крупных тектонических структур - Ангаро-Канского антиклинория и Рыбинской впадины.

Архейские формации, слагающие докарельский тектонический комплекс, составляют вместе с карелидами основу Ангаро-Канской металлогенической зоны (Бровков и др., 1985). Металлогеническая специализация докарельского комплекса проявлена в развитии слабой титано-магнетитовой минерализации и железистых кварцитов.

Металлогеническая специализация выражается в слабо развитой медной минерализации в габбро-диабазах комаровского комплекса и редкоземельной минерализацией в образованиях таракского гранитоидного комплекса.

Докарельский и карельский комплексы претерпели процессы активизации в байкальском и, вероятно, более молодых тектонических циклах. Тектоно-магматическая активизация выразилась в развитии в пределах древних комплексов магматических образований рифея (нижнеканский и порожнинский комплексы) и формировании линейных зон милонитов и диафторитов эпидот-амфиболитовой с зеленосланцевой фаций, благоприятных для локализации мусковит-полевошпатовых пегматитов с бериллиевой минерализацией, а также для развития метасоматитов лиственит-березитового ряда, полей окварцевания, контролирующих золото-кварц-сульфидное (Богунайское месторождение) и молибденовое (проявление Осиновое) оруденение.

С пегматитами нижнеканского гранитоидного комплекса связаны месторождения бериллоносных и слюдоносных пегматитов (Баргинское месторождение). Гранитоидные массивы и пегматиты таракского комплекса обогащены монацитовой минерализацией, формирующей россыпи в бассейнах рек Богунай, Потанчет и других.

В пределах Ангаро-Канской металлогенической зоны выделяется Южно-Енисейская рудная зона (Кузеево-Канская, по Г.Н. Бровкову и др., 1985), специализированная, в основном, на золото. Она приурочена к осевой зоне Ангаро-Канского антиклинория и полям влияния Приенисейского и Татарского глубинных разломов и оперяющих локальных разрывных нарушений.

В Южно-Енисейской рудной зоне выделены Богунайский и Кузеевский рудно-россыпные узлы, в пределах которых локализованы одноименные месторождения коренного золота и россыпи. Геолого-структурные особенности их локализации в подавляющей мере определяются приуроченностью к зоне влияния Приенисейского глубинного разлома и сопровождающих его разрывных структур, сопряженностью с ним процессов железо-магнезиально-кальциевого метасоматоза (лиственит-березитового типа) и золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

Юго-восточное окончание Ангаро-Канской металлогенической зоны перекрывается образованиями Рыбинской впадины сквозного развития в составе орогенного комплекса каледонид (пестроцветные отложения молассы, средний девон-нижний карбон) и мезозойского платформенного комплекса (угленосная лимническая формация юры). В пределах впадины ограниченно распространены четвертичные отложения.

Соответственно основными этапами и условиями формирования Рыбинской впадины ей свойственна определенная минерагеническая специализация, выразившаяся в существенном развитии бентонитовых глин (продукты разложения вулканических пеплов, нижний карбон, красногорьевская свита), кварцевых песков, песчано-гравийных отложений, глин, торфа (четвертичные осадки).

Богунайский рудно-россыпной узел находится на южной части Ангаро-Канского рудного района. Естественные границы Богунайского узла: на юге - р. Кан, на западе - р. Сокаревка, на востоке - руч. Ефремушкин, северная граница - по линии, параллельной течению ручьев Кузнецова и Виловатого (левого и правого притоков р. Богунай) (Семеняко и др., 1990 г.). Площадь узла около 200 км², протяженность с запада на восток порядка 20 км, с юга на север - 10-12 км.

На территории Богунайского рудного узла, при анализе геологических материалов, выделяются золото-серебряно-кварц-сульфидный и золото-сульфидный геолого-промышленные типы золотого оруденения (Сердюк, 2003 г, 2004). К золото-серебряно-кварц-сульфидной формации относятся Богунайское месторождение, проявления Скалистое, Колонковое, Виловатое (р. Сокаревка), Угольное. С золото-сульфидной формацией связываются оруденения Красноярской и Ивановской рудных зон, Виловатое (р. Богунай), руч. 2-го Артельного, Ермолаевское, Восточное, Речное, Северное, Кедровое, Каскадное, Казахстанское, Чирушканское.

Богунайское месторождение, Красноярская и Ивановская рудные зоны слагают площадь Богунайского рудного поля.

К настоящему времени степень изученности золотоносных объектов Богунайского рудного узла, включая одноименное месторождение остается явно недостаточной, так как многие из них были открыты в годы предшествующие закрытию рудника и сворачиванию поисково-разведочных работ на площади узла. Многие данные по характеристике оруденения и добыче золота, относящиеся к довоенному периоду и сороковым годам, отсутствуют. Такое же положение по информативности предшествующих работ отмечается и в отношении россыпного золота. Поэтому все известные коренные и россыпные объекты Богунайского рудного узла нуждаются в более детальном доизучении их перспектив.

3.1.6.1. Золото-серебряно-кварц-сульфидная формация, золото-сульфидная формация

Богунайское месторождение

Богунайское рудное поле (месторождение) расположено, по данным Н.В. Стахеева, В.А. Ефимова, В.В. Семеняко и других геологов в центре одноименного рудно-россыпного узла. Географически это нижнее течение р. Богунай, по обоим его бортам, в 9 км по прямой к северу от устья. Месторождение вытянуто в широтном направлении на 2,4 км и протягивается с севера на юг на 1,7 км, составляя в целом площадь в 4 км².

Богунайское месторождение открыто в 1934 г. А.С. Хоментовским, обнаружившим видимое золото в кварцевых жилах в долине руч. Жильный, левого притока р. Богунай.

Предварительная разведка, проведенная в 1935 г. трестом «Енисейзолото», показала промышленную ценность вскрытых кварцевых жил, число которых к 1937 г. выросло до 25, а к 1938 г. до 40. К настоящему времени на месторождении известно около 60 жил, в различной степени золотоносных.

Специализированное изучение Богунайского рудного поля начинается лишь в 1939 г., когда площадь покрывается средне-крупномасштабной геологической съемкой, завершить которую помешала война. В это время изучаются богатые участки рудных жил месторождения. Из числа известных жил в основном эксплуатировались 16 жил 5-10 и 32-20-09, жилы Подъемная 1-ая и Подъемная 2-ая.

Месторождение было разведано подземными выработками на глубину 153 м по вертикали или на 230 м по падению жилы. По простиранию рудные тела прослежены горными выработками (по одному из горизонтов штольни 13 и 8) на расстояние 1690 м. В общем на месторождении пройдено 9000 м подземных выработок. С поверхности месторождение разведано канавами и буровыми скважинами на глубину до 250 м.

Общие запасы месторождения в пределах рудного поля, подсчитанные по состоянию на 01.01.1940 по 20 жилам по категориям $A+B+C_1+C_2$ составили чуть более 9,4 т (табл. 3.123).

Эксплуатация Богунайского месторождения началась в 1936 г. За весь период эксплуатации месторождения было добыто 2292 кг. золота. Хотя из обобщенных сведений о добытом золоте по годам и раздельно по кварцевым жилам, суммарная цифра добытого металла соответственно составляла 2204,4 кг и 2338,9 кг (табл. 3.124, 3.125).

В послевоенный период геолого-поисковые работы были вновь возобновлены. Обнаружено несколько новых объектов с промышленным содержанием золота в непосредственной близости от месторождения. Тем не менее, в 1951 г. в связи с отсутствием прироста запасов на глубину, Богунайское месторождение было законсервировано, дальнейшие поиски в рудном узле прекратились, а обнаруженные новые объекты не оценивались.

В марте 1951 г. проведена переоценка остаточных запасов по эксплуатируемым объектам Богунайского месторождения и выявленным жилам в пределах Богунайского рудного узла (табл. 3.126).

В пределах Богунайского рудного поля золото-суль-

Таблица 3.123

Подсчет запасов золота по основным рудным телам Богунайского рудного узла (по состоянию на 01.01.1940 г.)

Наименование жилы (номер)	Длина по простиранию, м	Средняя мощность, м	Среднее содержание, г/т	Разведанная глубина, м	Глубина подсчета, м	Запасы $A+B+C_1$, кг	Запасы $A+B+C_1+C_2$, кг
Богунайское рудное поле							
Промышленные объекты							
5-10	900	0,66	5,2	249,0	550,0	2521,8	4081,0
7	315	0,57	6,9	228,0	370,0	640,6	1114,8
Х-Подъемная	396	0,88	5,1	92,0	370,0	435,2	1025,5
32	205	0,22	16,2	35,5	320,0	112,6	331,6
Резервные объекты							
9	136	0,48	13,0	98,0	242,0	200,1	526,1
20	75	0,30	26,8	35,0	88,0	68,3	108,1
Короткая	15	0,24	34,6	7,5	10,0	13,6 (C_1)	13,6
30	105	0,21	60,8	7,0	63,0	94,4 (C_1); 66,3 (C_2)	= 150,7
Прочие объекты							
31	196	0,31	10,0	33,0	336,0	152,0	593,0
13	273	0,59	2,9	160,0	350,0	363,3	619,9
Внутренняя	92	0,15	6,9	28,0	60,0	10,4	13,3
35	187	0,21	14,6	70,0	125,0	205,6(C_1)	300,3
4	261	0,25	0,7	15,0	125,0	7,2 (C_1)	13,3
3	61	0,20	1,9	15,0	32,0	1,8 (C_1)	2,7
2	154	0,12	6,5	8,0	100,0	15,3 (C_1)	246,8
1	128	0,15	24,5	99,5	93,0	91,2 (C_1)	147,0
21	125	0,18	9,5	20,0	-	13,4 (C_1)	31,8
23	69	0,22	0,7	15,0	40,0	0,6	1,1
Поперечная	60	0,24	10,7	-	150,0	32,5	47,9
25	200	0,42	4,3	79,0	-	51,2	99,6
Итого:	$A+B+C_1$					5031,3	
	$A+B+C_1+C_2$						9474,2
Богунайский рудный узел							
Резервные объекты							
Речная -1	70	0,46	13,2	8,0	35,0	24,2 (C_1) 24,3 (C_2)	48,5
Прочие объекты							
Чарушка	155	0,32	1,8	11,5	56,0	13,6	23,3
Речная -2	55	0,17	17,4	6,0	25,0	4,4 (C_1)	8,5
Итого рудный узел:	$A+B+C_1$					42,2	
	$A+B+C_1+C_2$						80,3
Всего рудное поле и узел:	$A+B+C_1$					5073,5	
	$A+B+C_1+C_2$						9554,5

Таблица 3.124

Добыча золота по руднику Богунай за 1936-1950 гг.

Годы	Добыто и отработано флюсовой и фабричной руды, т	Получено золота, кг	Содержание по шахтному опробованию в чистом кварце добытой руды
1936	4380	28,7	-
1937	17570	151,6	-
1938	24940	259,9	22,2
1939	34420	404,4	-
1940	32260	288,5	14,0
1941	36700	254,4	18,1
1942	36910	189,0	16,1
1943	28550	147,1	11,9
1944	21240	111,5	11,2
1945	18470	77,1	10,6
1946	14970	94,6	12,9
1947	22240	75,6	7,1
1948	24150	63,4	5,8
1949	20600	54,4	2,6
1950	1458	4,2	2,9
Всего:	358918	2204,4	

Таблица 3.125

Добыча золота по кварцевым жилам рудника Богунай

№ п/п	Наименование жил	Добыча золота, кг
1.	5-10	1350,0
2.	32-20-9	440,0
3.	7	250,0
4.	Подъемная-1	100,0
5.	Икс	80,0
6.	Фабричная	30,0
7.	Красноярская рудная зона	30,0
8.	31	10,0
9.	Школьная	5,0
10.	Ивановская	12,9
11.	Прочие жилы	31,0
	ИТОГО	2338,9

фидный тип оруденения представлен Красноярской и Ивановской минерализованными зонами, которые приурочены к полосам катаклазированных, диафторированных и сульфидизированных гнейсов, вмещающих кварцевые жилы и линзы (мощностью 0,3-1,0 м, прослеживающиеся на расстояние до 50 м). Данная формация представляет второй тип оруденения Богунайского месторождения.

Красноярская рудная зона расположена в южной части Центрального участка месторождения Богунай. Она вытянута в северо-восточном, восточном направлениях вдоль правого борта р. Богунай. В устье руч. Красноярский рудная зона переходит на левый берег и следится в среднем течении руч. Жильный и на его водоразделе с руч. Артельный-1.

Рудная зона впервые обнаружена по рудным кварцевым свалам на правом склоне руч. Красноярский в его приустьевой части (Бичевин, 1948 г.).

На правом склоне р. Богунай рудная зона прослежена 25 канавами на протяжении 600 м с простиранием по азимуту 220-225° и углом падения 40°. Вскрытая мощность зоны изменяется от 1 до 3 м. Сверху рудная зона перекрыта делювиальным чехлом мощностью 3-4 м. По результатам работ по Красноярской рудной зоне был произведен подсчет запасов по кат. C_1 (табл. 3.127).

В 1948 году Красноярская рудная зона дополнительно прослеживается по простиранию в юго-западном направлении на 110 м (азимут простирания 215°, угол падения 40°) (Никифоров, 1948 г.). На данном изученном отрезке мощность зоны составила 1,35 м. Золотоносность была выявлена только по одной канаве со средним содержанием 0,6 г/т, остальные - показали отрицательные результаты.

По архивным материалам по Красноярской рудной зоне добыто около 30 кг металла. Разработка велась штольневыми горизонтами с зарезками в правый бортовой склон ручья Эстонский и левый борт р. Богунай.

При проведении геологической съемки масштаба 1:50 000 на площади Богунайского рудного узла Красноярская рудная зона дополнительно была прослежена и изучена 13 канавами и 8 скважинами на протяжении 1900 м на отрезке между ручьями Эстонский-Артельный 1-ый (Семеняко, 1990 г.).

Средняя мощность рудной зоны по данным работ составила в 11,4 м при размахе содержаний от 0,5 до 20 г/т (среднее 1,77 г/т).

Ивановская рудная зона расположена на правом бортовом склоне р. Богунай, в 250 м выше Красноярской рудной зоны.

Рудная зона была обнаружена в 1947 г. в верховье одноименного ручья по свалам кварца и обохренных окварцованных гнейсов (Бичевин, 1948 г.). Опробование показало содержание золота 5,6 г/т. К концу 1947 года рудная зона была вскрыта по простиранию (азимут 220°, угол падения 40°) 14 канавами на протяжении 240 м. Мощность перекрывающих рыхлых отложений составляет 2-2,5 м. На глубину зона прослежена шурфами №№ 61, 62, штольней № 32 и скважиной № 36. Последняя пересекла рудную зону на глубине 100,4-115,1 м с содержанием золота от 3,6 до 6,0 г/т. Вскрытая мощность зоны с поверхности изменяется от 0,5 до 1,3 м (средняя 0,84 м) при содержании от 3,0 до 11,8 г/т (среднее 7,0) (табл. 3.128).

В 1947 году в Ивановской минерализованной зоне было добыто 1260 т руды, из которой извлечено 12,9 кг металла, что в пересчете дает содержание более 10 г/т, а с учетом опыта извлечения золота амальгамационной фабрикой Кузеевского рудника (где содержание золота в эфелях 4 г/т), содержание металла могло быть и выше примерно в 1,5 раза.

Таблица 3.126

Сводная таблица переоцененных остаточных запасов Богунайского рудного узла (по состоянию на март 1951 г.)

Наименование рудных тел	Категория запасов	Запасы		Среднее содержание, г/т	Средняя мощность, м
		руда, тыс.т	металл, кг		
Богунайское месторождение					
Жила 5-10	$A+B+C_1$	2,3	17,0	7,8	0,6
Жила 32-20-9	$A+B+C_1$	1,3	11,0	7,0	0,5
Красноярская рудная зона	$B+C_1$	4,5	19,8	4,3	0,9
Жила Подъемная-2	C_1	0,03	1,4	46,0	0,14
Жила Школьная	$B+C_1$	0,5	7,8	15,6	0,37
Жила Внутренняя	B	0,2	4,0	20,0	0,25
Жила Поперечная	B	0,1	2,6	26,0	0,2
Итого месторождение:	$A+B+C_1$	8,93	63,6	7,1	
Богунайский рудный узел					
Жила Речная -2	B	0,3	2,2	8,0	
Жила Ермолаевская	C_2	0,5	16,8	31,0	
Жила Восточная	C_1	0,4	10,8	27,0	
Итого рудный узел:	$B+C_1+C_2$	1,2	29,8	24,8	
Всего месторождение и рудный узел	$A+B+C_1+C_2$	10,13	93,4	9,2	

Таблица 3.127

Подсчет запасов по Красноярской рудной зоне (по состоянию на 1947 г.)

Номера выработок	Длина блока, м	Высота, блока, м	Средняя мощность, м	Среднее содержание, г/т	Руда, т	Запасы, кг
768, 769, 770, 771	76,0	19,0	1,05	4,7	4093	19,2
774, 793, 861	64,0	16,0	1,1	6,2	3041	18,8
Итого			1,1	5,3	7134	38,0

Таблица 3.128

Подсчет запасов золота (кат. C_1) по Ивановской рудной зоне (по состоянию на 1947 г.)

Номера выработок	Длина блока, м	Высота блока, м	Средняя мощность, м	Среднее содержание, г/т	Руда, т	Металл, кг
Канавы - 888, 865, 783, 867, 871, 878 Шурфы	112,0	28,0	0,84	7,0	7112,0	50,0

В 1948 году рудная зона от изученного участка была прослежена канавами (№ 926-931) в юго-западном направлении еще на протяжении 200 м (Никифоров, 1949 г.). Сведений о мощности зоны, содержаниях золота по каждой канаве по фондовым материалам не выявлено. Известны только средняя мощность и среднее содержание на весь изученный интервал (200 м), определившиеся соответственно в 1,85 м и 3,4 г/т. Только по канавам №№ 927, 930 известны параметры рудной зоны. По первой канаве среднее содержание составило 125,8 г/т, мощность ~1,5 м, по второй канаве (конечная юго-западная) - соответственно в 11,4 г/т на мощность 2,2 м. По канаве № 930 простирание рудной зоны определилось в 225° с углом падения 40° на северо-запад. Рудная зона в юго-западном направлении осталось не оконтуренной, также осталась не прослеженной и на северо-восток. По канаве № 894 (1947 г.) при мощности зоны 0,55 м содержание равно 2,2 г/т.

В лежачем и висячем боках Ивановской рудной зоны работами 1948 года выявлены четыре параллельных рудных структуры (зоны) протяженностью 50-100 м каждая при средней мощности от 0,5 до 1,3 м и содержании золота 4,4-1,8 г/т, которые в некоторой степени расширяют перспективность минерализованной зоны.

В начале 1949 года из полотна канавы № 930 был пройден шурф № 82а по падению жилы на глубину 8,0 м. Получены следующие данные: средняя мощность рудного тела ~ 0,33 м, содержание золота ~ 22,8 г/т. Рудная зона представлена, в основном, кварцевыми прожилками, линзами в обохренных окварцованных гнейсах.

Приведенные выше характеристики Красноярской и Ивановской рудных зон свидетельствуют о значительных масштабах золотого оруденения южного фланга Богунайского месторождения. Выделенные по данным работ 1946-47 гг. в пределах зон рудные интервалы с промышленными содержаниями золота близки по своим параметрам к наиболее крупным эксплуатировавшимся жилам: 5-10, 7, Х-Подъемная. При этом рудные тела не оконтурены по простиранию и падению, нет окончательных достоверных сведений о золотоносности гидротермально измененных вмещающих пород, широко развитых в пределах рудных зон. По более поздним работам (Семеняко, 1990 г.) приводятся данные о средней мощности оруденения по Красноярской зоне, равной 11,4 м при содержании золота 1, 77 г/т. Результаты единичных скважин (скв. №№ 36, 110), вскрывших Ивановскую рудную зону на глубину, также указывают на значительно большую, по сравнению с канавами, мощность золотого оруденения.

Геологическое строение

Стратиграфия

В геологическом отношении Богунайское рудное поле расположено в полосе развития архейских гранулито-гнейсов кузеевской толщи канской серии. В кузеевской толще, слагающей месторождение, распространены две достаточно условно выделяемые группы пироксеновых и гранатовых гранулитов, которые по преобладанию того или иного полевого шпата подразделяются на ортоклазовые и плагиоклазовые разновидности. Гранатовые ассоциации рудного поля Богунайского месторождения, в целом, несколько преобладают над гиперстеновыми, а плагиоклазовые разновидности тех или других преобладают над калишпатовыми (рис. 3.113).

В пространственном расположении пироксеновых и гранатовых гранулито-гнейсов нет какой либо четко установленной закономерности. Пласты тех и других пород часто перемежаются, переходя друг в друга по простиранию, что приводит к нечеткости их картирования. Тем не менее, существенно пироксеновые разновидности гранулито-гнейсов более широко распространены в центральной части рудного поля, образуя полосу, простирающуюся от юго-восточного его фланга между ручьями Жильный и Красноярский, левыми притоками р. Богунай, с дальнейшим прослеживанием толщи на правом берегу Богунай, проходя через Центральный рудный участок вплоть до ручья Сухого, подворачиваясь в широтном направлении по его долине к средней части западного фланга рудного поля.

Существенно гранатовые гранулито-гнейсы более распространены на юго-западе рудного поля и занимают обширные площади в восточной и северной его частях. Намечается приуроченность пироксеновых ассоциаций пород к полям распространения чернокитоидов и архейских метабазитов, а гранатовых ассоциаций - к площадям развития мигматитов и гнейсо-гранитов березовского комплекса.

Среди пород рудного поля широко распространены многочисленные биотитовые разновидности гранулито-гнейсов. Менее распространены собственно биотитовые и глиноземистые гнейсы, которые представляют собой вторичные, наложенные образования, возникшие при процессах диафтореза и полиметаморфизма.

Весьма своеобразными образованиями являются глиноземистые гнейсы. Они представляют собой биотитовые, гранатовые, гиперстеновые плагиоклазовые и двуполевошпатовые породы, содержащие в породообразующих количествах высокоглиноземистые и высокомагнезиальные минералы - силлиманит, кордиерит, корунд, дистен и шпинель. Из них лишь кордиерит присутствует в заметных количествах, а остальные минералы выступают в роли второстепенных. Данные породы обычно диагностируются лишь в шлифах и макроскопически мало, чем отличимы от основной массы гранулито-гнейсов. Глиноземистые гнейсы образуют маломощные гнездовые, линзовидные прослойки, кулисообразно заходящие друг за друга и часто быстро выклинивающиеся по простиранию и падению. Характерна приуроченность их к участкам напряженной складчатости, местам резких перегибов пластов и телам архейских гранитоидов, при этом глиноземистые породы располагаются на некотором удалении от контактов гранитоидов. Мощность пластов, включающих глиноземистые гнейсы не превышает первые метры.

Интрузивные образования

В рудном поле широко распространены магматические образования, представленные породами основного и кислого состава архейского и протерозойского возраста.

Наиболее древними являются мелкие, послойные тела габброноритов, габбро, анортозитов кимбирского комплекса архея. Такие тела площадью 0,01-0,04 км² залегают среди отложений кузеевской толщи. По характеру залегания это пластовые интрузии, подчиненные тектонической структуре вмещающих их гнейсов.

Гранитоиды архея представлены чарнокитоидами богунайского комплекса и биотит-гранатовыми гранитами березовского комплекса. Чарнокиты характеризуются массивным сложением, общим обликом изверженных пород и залегают в виде секущих образований. В основном, это мелкие тела (до 0,5 км²), но в целом, поля насыщенности чарнокитоидами достигают первых квадратных километров.

Гранитоиды березовского комплекса образуют цепочку меридионально вытянутых тел по обоим склонам р. Богунай. По минералого-петрохимическим особенностям породы комплекса близки к лейкократовым аляскитовым гранитоидам, а по положению в разрезе архея и структурно-текстурным характеристикам несут черты ранне-, син- и постскладчатых образований.

Магматические образования постархейского возраста слагают дайковые тела. Наиболее развиты дайки диабазов и габбро-диабазов. Цвет пород темно-серый с зеленоватым оттенком. Они обладают заметной зернистостью и макроскопически видимой офитовой структурой, в них наблюдается шаровая отдельность.

В северо-западной части месторождения в зонах милонитизации встречаются мелкие дайковые тела диоритовых порфиритов. Для них характерны резкие контакты с милонитизированными породами и субсогласное с ними залегание.

Богунайский массив позднепротерозойских гранитоидов, по Ю.А. Кузнецову, является сателлитом Нижнеканского массива одноименного комплекса. Богунайский массив расположен за пределами рудного поля, в 7-8 км к югу, юго-западу от него и фрагментарно вскрываются на правом берегу Кана между устьями р. Богуная и руч. Матвеев, по некоторым данным вплоть до устья р. Сокаревка.

Преобладающая часть массива сложена розовато-красными биотитовыми порфировидными гранитами. В северо-восточной эндоконтактовой зоне массива развиты гнейсо-граниты и гранито-гнейсы. Среди гнейсо-гранитов встречаются тела измененных гранито-гнейсов и амфиболитов.

Изменения пород в экзоконтактовом ореоле массива носят регрессивный характер. Они выражаются в амфиболизации, биотитизации гиперстена и граната, в общем раскислении породы, появлении низкотемпературных минералов (клиноцоизита, мусковита, карбоната, хлорита, серицита). Ширина экзоконтактовой зоны массива составляет 1,5-2,0 км и ограничивается зоной милонитизированных пород Приенисейского глубинного разлома. Форма массива неясна.

Метаморфизм

В пределах рудного поля выделяются диафторированные породы, образованные при проявлении наложенного на гранулито-гнейсовый комплекс метаморфизма, связанного с протерозойскими тектоно-магматическими циклами. Субстратом, развития диафторитов в пределах рудного поля, явился весь комплекс вышеперечисленных разновидностей пород, в том числе, включая, как неотъемлемую часть гранулито-гнейсового комплекса в целом, архейские гранитоиды и метабазиты. По условиям метаморфизма диафториты относятся к амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фациям и могут соответственно называться высоко-, средне- и низкотемпературными диафторитами.

Диафторитовая метаморфическая зональность наиболее проявлена в центральной части месторождения, где отмечается ряд мелких зональных структур северо-восточного и субмеридионального простирания. Эти структуры имеют в плане причудливые, амебовидные очертания и в обобщенном виде занимают секущее положение по отношению к генеральным северо-западным элементам залегания архейских пород. Тем не менее, в деталях распространение диафторитов контролируется во многом мелкими складчатыми деформациями гранулито-гнейсового комплекса, повторяя и следуя их изгибам. На глубине, в разрезах фиксируются резко секущие отношения диафторированных пород с архейскими структурными элементами. Кварцево-жильные рудные тела месторождения обычно расположены в зонах диафторитов зеленосланцевой фации, контролируясь положением крыльев биотитовых изоград диафторигенных структур.

Кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны

Богунайское месторождение представлено многочисленными кварцевыми жилами, в различной степени золотоносными, основная масса которых сконцентрирована на трех (максимально насыщенных жильными телами) участках месторождения, разрабатывающихся ранее: Центральном, Фабричном и Школьном.

Наибольшее количество кварцевых жил расположено в пределах Центрального участка месторождения. Основные промышленные жилы расположены в виде узкой полосы юг-юго-западного простирания, примыкающей к главной жиле месторождения 5-10. Данная полоса приурочена к ядерной части антиклинальной складки северо-восточного простирания и включает жилы № 9, 13, 19-24, 21, 22, 31, 32 и 35, залегающие субпараллельно главной жиле. В юго-западной части участка от главной жилы ответвляются жилы № 7, Х-Подъемная, Внутренняя и № 6, которые были оценены и частично отработаны.

Протяженность комплекса жил Центрального участка № 5-10, 7, 25, прослеженная по простиранию, составляет 1020 м, а с учетом жилы Х-Подъемной - 1140 м. Прослеженная длина жилы № 5-10 на горизонте штольни 13 (120 м от поверхности) составляет 100-130 м. (рис. 3.114-3.115).

Западная часть Центрального участка включает жилы № 14, 15, 16, 26, 41-а, 41-б, 44 и др. Промышленная ценность этих жил не выявлена. То же относится и к южным флангам Центрального участка, где расположено несколько субпараллельных жил северо-восточного простирания. Западный и южный фланги Центрального участка структурно приурочены к запрокинутому крылу Главной антиклинали рудного поля, осложненному дополнительной складчатостью.

Восточные участки рудного поля - Фабричный и Школьный, - приурочены к северо-восточному крылу Главной антиклинали. По характеру расположения кварцевых жил оба участка, вероятно, представляют собой самостоятельные кварцево-жильные зоны меридионального простирания. К востоку от них расположены жилы № 1, 2, 3 ключа Жильного, а к западу - жилы № 54, и 55, к югу - жилы № 56 и 53. Общая протяженность Фабричной жильной зоны - 750 м.

Школьный участок объединяет две Школьные жилы (I и II) и имеет общую протяженность 500 м.

Для месторождения, в целом, проявляется отчетливая закономерность, обусловленная приуроченностью кварцевых жил к разрывным нарушениям в присводовой части главной антиклинали рудного поля. Форма жил линзовидно-пластовая, прямолинейная и сложно-ветвистая. Контакты с вмещающими породами резкие и постепенные, согласные и резко секущие по отношению к элементам структур вмещающих пород. Для них характерны раздувы и пережимы, апофизы и ответвления, как близкие к залеганию основной жилы, так и резко, под крутыми углами, отходящие от нее. Сближенные жилы нередко соединены многочисленными проводниками - маломощными, тонкопрожилковыми и крупными, превышающими мощность основных жил в несколько раз. Часто кварцево-жильное выполнение либо пассивно заполняет трещинную полость, либо тупо выклинивается по простиранию и переходит в тектоническое нарушение то более мощное, с глинкой трения, то мало заметное. Нередко жила следует направлению нарушения, затем исчезает и на некотором удалении появляется вновь, при этом обычны пережимы и раздувы жильной массы и разнообразный характер выклинивания. Ответвления, сближения и пересечения тектонических нарушений также по разному используются кварцево-жильным материалом. Многообразны комбинации жильного и трещинного соотношения с вмещающими породами, особенно с дайками пород основного состава. Наблюдается отчетливая зависимость морфологических особенностей жил от физико-литологических свойств сложнополосчатого гранулито-гнейсового комплекса. Нередко жилы по про-

стиранию следуют элементам полосчатости, а по падению проявляют секущее положение. Жилы в плотных, массивных породах - (метабазиты, глиноземистые гнейсы) нередко утоняются и выклиниваются, а в более контрастно-неоднородных (гранитоиды, артериты) испытывают утолщения, образуя значительные по мощности раздувы. Пересекая дайки основных пород и милонитовые швы, жилы либо выклиниваются, либо меняют направление своего простирания, а при выходе из них они либо продолжаются по направлению своего начального простирания, либо вновь резко меняют его, нередко следуя вдоль контакта дайки и милонитового шва. Случаи пересечения жил дайками весьма обычны, реже жилы секутся зонками милонитизированных пород.

На Центральном участке месторождения установлено три главных системы трещин, наследуемых кварцевыми жилами (табл. 3.129).

Среднее простирание главной жилы месторождения № 5-10 - СВ 15° (вариации 0-20°), падение - СЗ 40°. Жилы северо-западного простирания встречаются редко: жила № 4 - 325°, жила № 35 - СЗ 330° (совпадает с зоной милонитов), жила № 31 - СЗ 315°.

Значительно изменяется мощность и протяженность жил. По данным эксплуатации, средняя минимальная мощность жил - 4 см, а средняя максимальная - 0,9 м. Пределы изменения мощности большинства жил 0,15-0,4 м, протяженности - 10-300 м. Для жилы 5-10 средняя мощность составляет 0,66 м, протяженность- 900 м. Увеличение мощности жил отмечается в узлах пересечения и нередко при выполаживании трещин и в местах их перегибов.

Минерализованные зоны (золото-сульфидная формация)

Минерализованные зоны и связанная с ними золото-сульфидная минерализация, представляющая второй тип оруденения Богунайского месторождения, развиты на его юго-западном фланге. Степень изученности и особенно их практическая значимость к настоящему времени являются недостаточными. Данные о геологическом строении и рудной специфике зон базируется на скудной информации различных лет изучения. Красноярская рудная зона по данным работ 1947 г. залегает среди серых, средне- и мелко-зернистых биотит-гранатовых гнейсов и представлена измененными, окварцованными гнейсами и кварцем. Кварц залегает в виде мелких прожилков, секущих зону, местами эти прожилки имеют раздувы до 1 м и более. Кварц серовато-белого цвета, мелко- и среднезернистый, пористый с желтой, желтовато-бурой и бурой охрой в порах, с включениями пирита, сфалерита, галенита, медной зелени. Концентрация последних неравномерная.

По данным В.В. Семеняко (1990 г.) оруденение, своеобразные линзоштокверки, приурочено к полосам катаклазированных гнейсов, "перебитых" кварцевыми прожилками с сульфидами (сфалерит, галенит, пирит). Кварц иногда сосредотачивается в линзах мощностью 0,3-1,0 м и прослеживается на расстояние до 50 м.

Макроскопически рудные тела - это интенсивно дробленые диафторированные, окварцованные гнейсы серо-зеленого цвета с многочисленными зеркалами скольжения под углом 20-50°. Их состав: хлорит - 20-40%, кварц - 30-40%, сульфиды - 15-20%, полевые шпаты - 5%. По трещинам широко развиты прожилки кварца мощностью не более 3 мм, к которым, в основном, и приурочена полиметаллическая минерализация.

Минеральный состав руд: кварц, хлорит, серицит, анкерит, кальцит, полевые шпаты, сфалерит, халькопирит, галенит, пирротин, графит, ильменит, магнетит. Содержание свинца и цинка до 1%, меди - 0,3%, кадмия - 0,003%, серебра - 0,0001%, золота от 0,5 до 20 г/т. Средневзвешенное содержание золота 1,77 г/т при средней мощности рудной зоны 11,4 м. Порядок выделения минералов: кварц, пирит, сфалерит, халькопирит, галенит. Структура руд: аллотриоморфнозернистая, зернистая эмульсионная; текстура: массивная, пятнистая, прожилково-вкрапленная.

С поверхности минерализованная зона интенсивно окислена и отличается от вмещающих пород интенсивной "ржавой" окраской. Следы окисления отмечаются до глубины 70-100 м.

По морфологическим особенностям, условиям залегания, внутреннему строению и минеральному составу рудных тел промышленно-генетический тип оруденения - гидротермальные минерализованные зоны в тектонических нарушениях золото-сульфидной формации.

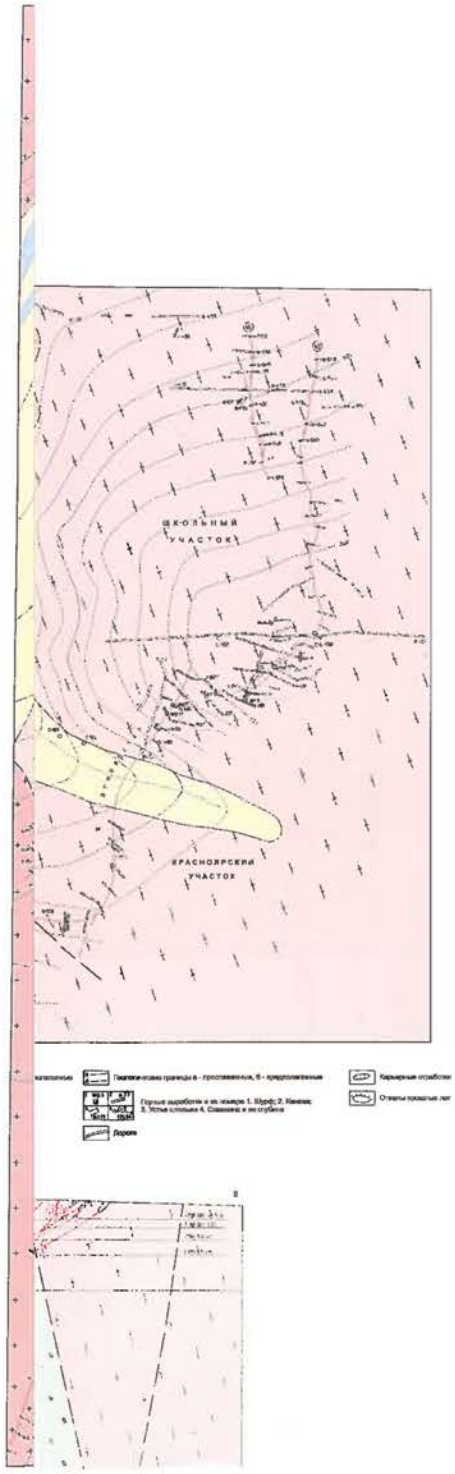
Ивановская рудная зона (Бичевин, 1948 г.) залегает в крепких, мелкозернистых гранатовых гнейсах. По своему строению, вещественному составу зона неоднородна. Зачастую кварцевая часть зоны, выклиниваясь, заменяется охристыми окварцованными гнейсами или гнейсами с прожилками и линзами кварца. Местами последние сменяются охристо-глинистыми слоями пепельного цвета с кварцевыми кусочками, с включениями в них сульфидов и видимого золота. Кварц зоны светло-серый, серый до темно-серого, полупрозрачный. Нередко развиты мелкие друзы кварца. Часто кварц пористый. Последние заполнены желто-бурой, бурой, местами красноватой охрой с включениями сульфидов. Из рудных минералов чаще встречаются пирит, халькопирит, реже галенит. Приконтактовые породы рудной зоны сильно изменены, окварцованы, хлоритизированы.

Структура рудного поля

Структурная позиция рудного поля определяется парагенезом Богунайской антиклинали 2-го порядка с Приенисейским глубинным разломом и сопряженными с ним более мелкими разрывными нарушениями.

Богунайская антиклиналь имеет протяженность 25-30 км, ширину 10 км. След осевой поверхности антиклинали проходит с СЗ на ЮВ от верховий руч. Ямного - руч. Чирушкан и р. Сокаревки. В нижнем течении Богуная она проходит, примерно, посередине между рудником и Богунайским гранитным массивом. Шарнир антиклинали погружается на северо-запад. Ядерная часть складки сложена существенно гиперстеновыми гранулито-гнейсами. К юго-западу и северо-востоку от ядра складки преобладают существенно гранатовые гранулито-гнейсы, слагающие крылья антиклинали. Ядерная часть и, в большей мере, крылья складки осложнены мелкой складчатостью высших порядков. Антиклиналь, по данным предшественников (Семеняко и др., 1990 г.), опрокинута на юго-запад: северо-восточное крыло падает на северо-восток под углом 75-80°, юго-западное - в ту же сторону, но под углом 20-50°. В крайней северо-восточной части рудного поля складка ограничена зоной милонитов Приенисейского глубинного разлома с появлением здесь элементов приразломной складчатости. Юго-западное крыло складки также осложнено дополнительной складчатостью и зонами милонитов, оперяющими глубинные разлом.

По данным разведки и эксплуатации в пределах рудного поля выявлены разрывные нарушения двух морфологических типов: зоны милонитизированных пород и дизъюнктивные зоны трещиноватости. Среди зон милонитизированных пород выделено три подтипа. К первому из них отнесены зоны мощностью 10-15 м, северо-западного простирания (аз. пад. 45-55°, угол 70°), отвечающие простиранию главного милонитового шва Приенисейского разлома. Этот подтип милонитов наиболее распространен в



002 г.)

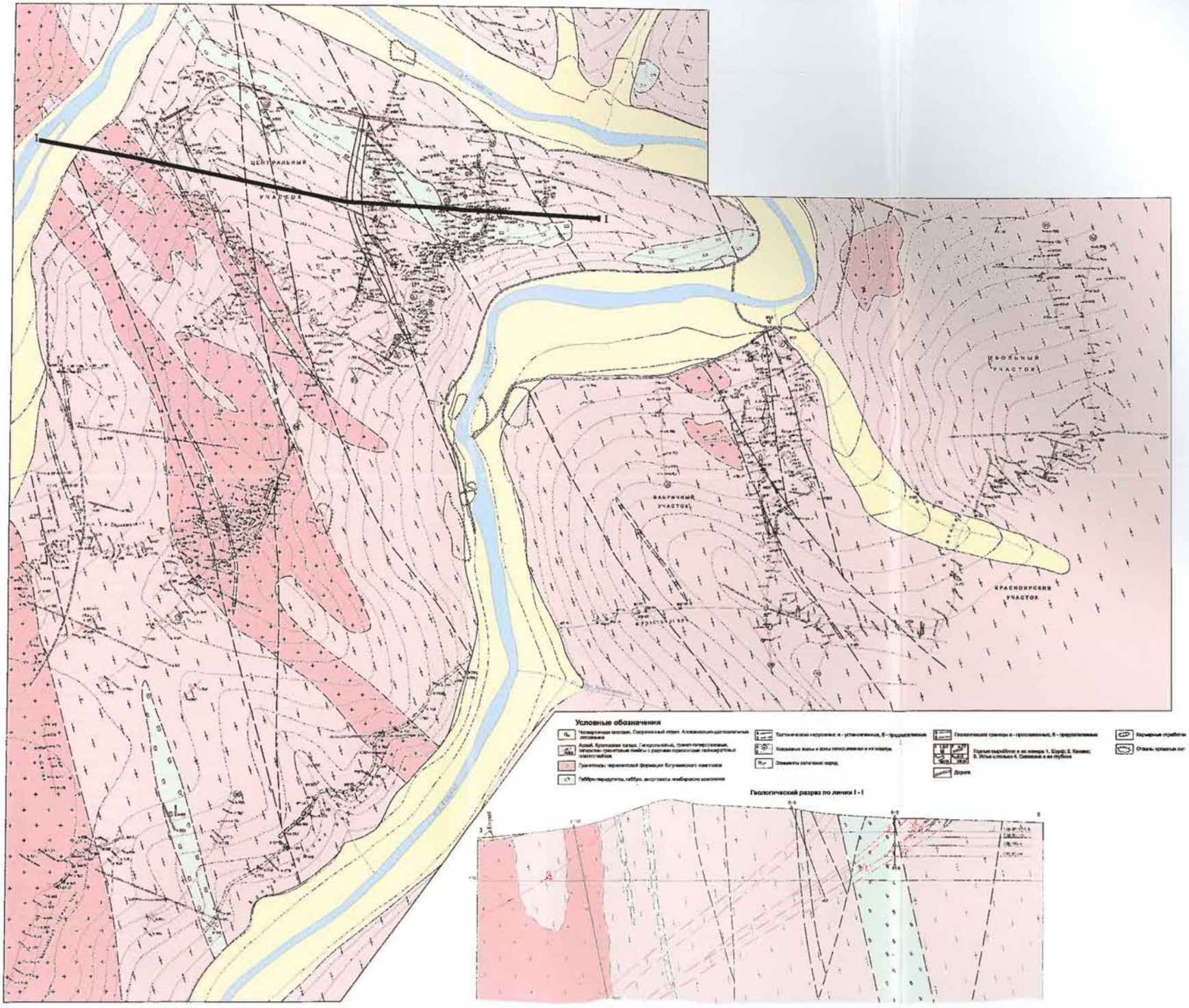
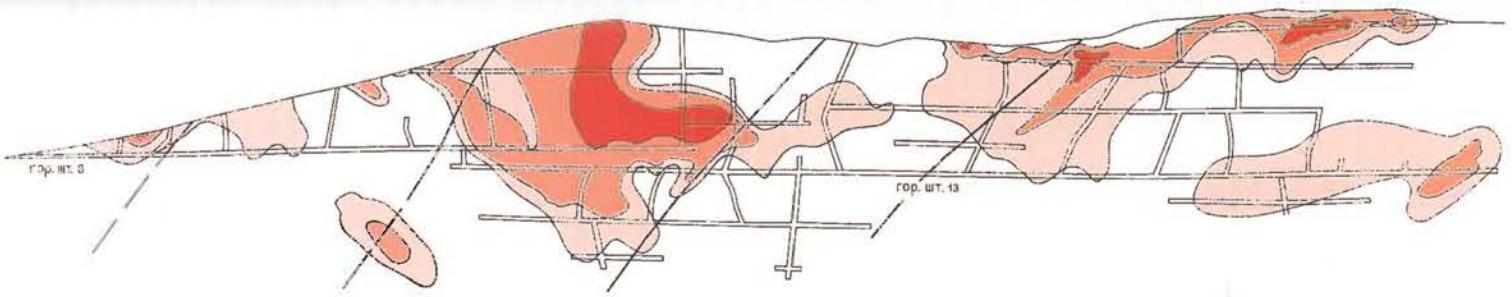


Рис. 3.113. Геологическая карта Богунайского золоторудного месторождения (Составили С.С. Сердюк, А.И. Зверев, 2002 г.)

Проекция на вертикальную плоскость жилы 5-10



Погоризонтный план штолен 8, 13 по жиле 5-10

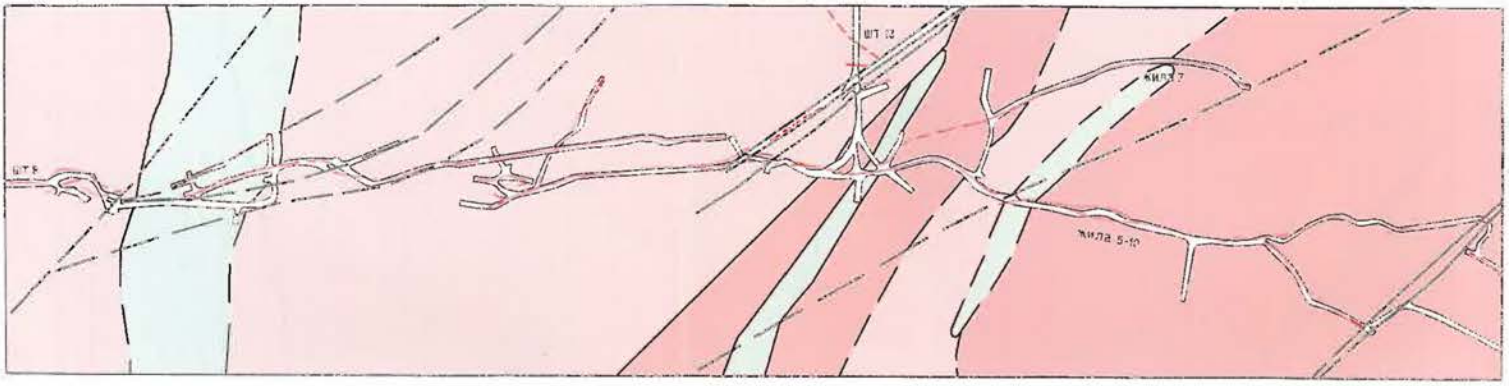


Рис. 3.114. Модель центральной рудной зоны Богунайского месторождения. Составлена по материалам Богунайского рудника (1934-1950)

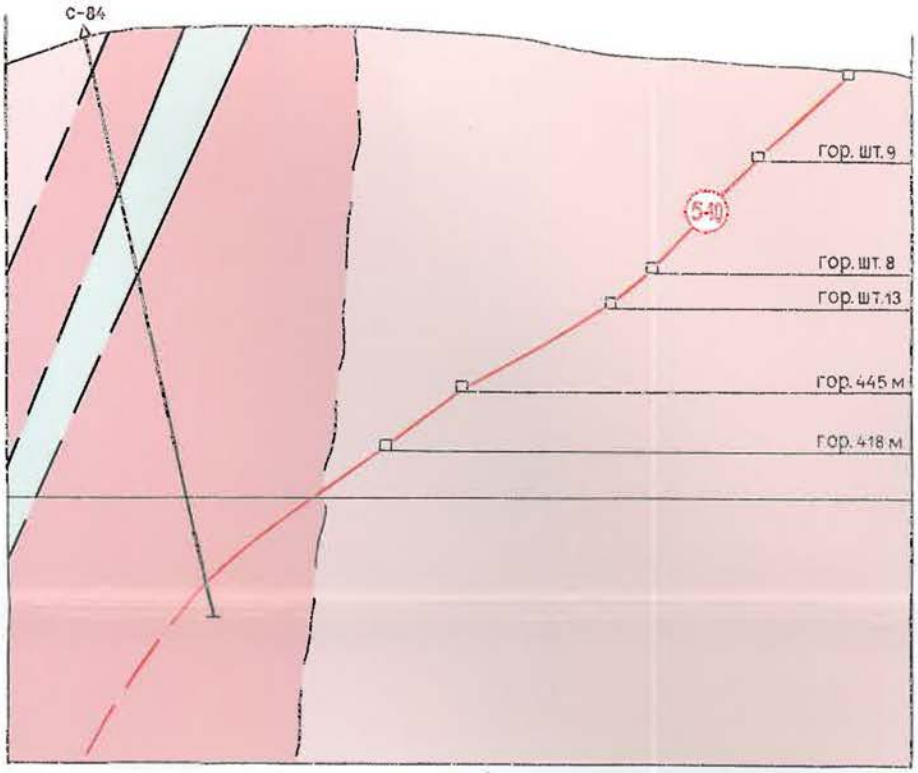
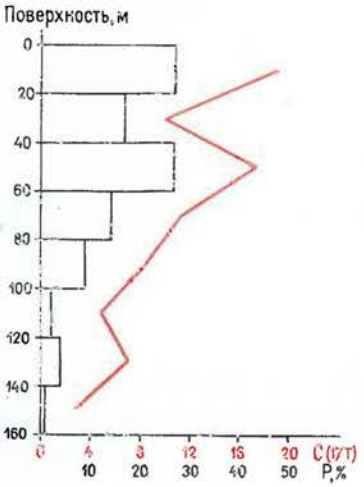


График содержаний золота (С) и гистограмма запасов (Р) золота по жиле 5-10



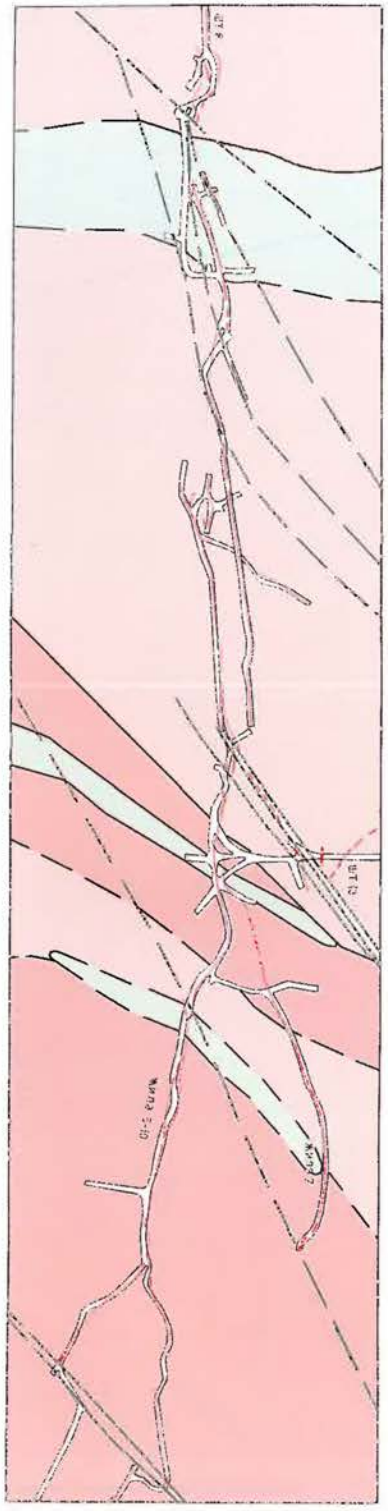
Условные обозначения

- Гиперстеновые, гранат-гиперстеновые, гиперстен-гранатовые гнейсы (Кузеевская толща, архей)
- Гранитоиды чарнокитовой формации Богунайского комплекса (архей)
- Габбро-перидотиты, габбро, анортозиты Кимбирского комплекса (архей)
- Тектонические нарушения
- Кварцевые жилы
- Подземные горные выработки
- Содержания золота, г/т (0, 3, 10, 30)

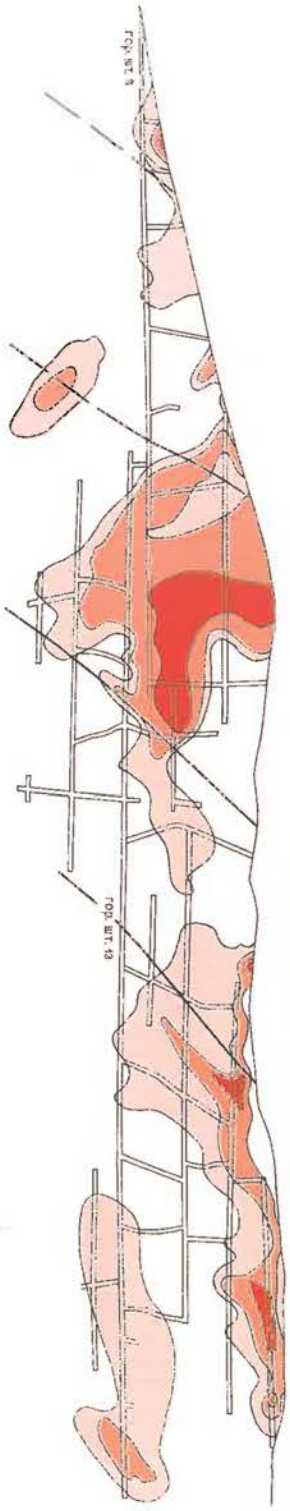
Рис. 3.115. Геологический разрез по жиле 5-10 и особенности распределения золота

стираник
проявляк
породах -
няются и
ных (гран
значител
новных п
ся, либо
выходе и
его начал
нередко
Случаи г
жилы се
На Ц
но три гл
ми жила
Сред
№ 5-10 -
северо-з
№ 4 - 32
нитов), ж
Знач
жил. По д
ность жи
лы измен
тяженнос
составля
ности жи
выполаж

Мине
сульфид
оруденен
юго-запа
практиче
ся недос
рудной с
ции разл
по данны
мелко-зе
лена изм
Кварц за
местами
Кварц се
пористы
рах, с вк
ной зеле
По д
образны
лазирова
ками с су
да сосре
прослежи
Макр
леные д
зеленого
ния под
30-40%,
щинам ц
более 3
металли
Мине
керит, ка
галенит,
ние свин



Горизонтальный план штолен 8, 13 по жиле 5-10



Проекция на вертикальную плоскость жилы 5-10

Рис. 3.114. Модель центральной рудной зоны Богунайского месторождения. Составлена по материалам Богунайского рудника (1934-1950)

Таблица 3.129

Основные системы трещин Богунайского месторождения

Система	Простирание	Падение
I	Северо-восточное с отклонением на меридиональное и северо-западное	Преимущественно на северо-запад, 30-70°
II	Субширотное или восток-северо-восток-восточное	Северо-западное, 40-50°
III	Северо-западное	Северо-восточное, 35-45°

северной части рудного узла. Второй (аз. пад. 0°, угол 80°) и третий (аз. пад. 85°, угол 60-70°) подтипы зон милонитов имеют мощность соответственно до 150 м и 30-40 м; распространены оба подтипа в южной части рудного поля.

Дизъюнктивные зоны трещиноватости в большинстве своем сколового типа, многие из них вмещают дайки интрузивных пород и кварцево-рудные жилы. Всего выделяется семь систем зон трещиноватости разрывов (аз. пад. 30-50°, угол 70-75°; аз. пад. 0°, угол 85°; аз. пад. 80-90°, угол 70-75°; аз. пад. 315-335°, угол 70°; аз. пад. 100-105°, угол 65-85°; аз. пад. 110-130°, угол 20-30°; аз. пад. 40-50°, угол 35-40°), причем отмечено, что первые две системы близки элементам залегания и времени формирования наиболее мощных милонитовых зон. Трещины 3 и 4 систем характеризуются приуроченностью к ним большинства даек основных пород. Последние три системы (5, 6, 7) во многом отвечают элементам залегания кварцево-жильных и являются дорудными. Пострудные трещины во многом повторили ориентировку дорудных, а локальные сбросовые и сдвиговые перемещения по ним достигали 20 м.

В пределах рудного поля фиксируется достаточно сложная структура диафторических преобразованний пород, во многом обусловленная линейными зонами милонитов северо-западной, субмеридиональной и северо-восточной ориентировки и изометричными полями их сопряжения.

Минералого-петрографическая характеристика руд

Минеральный состав руд участков Центральный, Фабричный, Школьный довольно разнообразен. Основными рудными минералами являются пирит, сфалерит, галенит, второстепенные и редкие представлены халькопиритом, арсенопиритом, пирротином, самородным золотом, кубанитом, марказитом, магнетитом, станнином, касситеритом, молибденитом. Вторичные минералы - лимонит, ковелин, халькозин, малахит, церуссит, смитсоннит. Кварц слагает от 70 до 95% жильной массы. Из других нерудных минералов наиболее распространены карбонаты (кальцит и сидерит), серицит, хлорит, редко в жилах встречаются полевые шпаты, биотит, гранат, пироксен, амфибол, апатит, рубин, графит, циркон, монацит.

На месторождении отмечается минералогическая вертикальная зональность оруденения. Она заключается в увеличении количества галенита в верхних частях жил, которое с глубиной падает и далее начинает возрастать роль сфалерита. На глубине 80-90 м от поверхности галенит встречается в очень редких случаях. Еще далее с глубиной увеличивается количество пирита в рудах, а в сфалерите возрастает роль эмульсионных включений халькопирита. Увеличение количества пирита в рудах происходит только лишь за счет других сульфидов, абсолютное же его количество также падает и жилы приобретают почти чисто кварцевый состав.

Содержание золота в промышленных рудах колеблется от 5 до 100 г/т, составляя в среднем по месторождению 8,5 г/т. Распределение золота в кварцево-рудных телах неравномерное, столбовое. Рудные столбы приурочены (по опыту работ рудника) к участкам выполаживания жил. Золото мелкое, связано с сульфидами. Размер золотин обычно 0,004-0,3 мм в поперечнике, форма их волосовидная, крючковатая, комковатая и пластинчатая.

Цвет его желтый, серебристый, зеленоватый, иногда с буроватым оттенком и радужной побежалостью. Пробность золота в целом по месторождению 585.

Помимо золота в рудах содержится: серебро - 15,25 г/т, цинк - 2,62%, свинец - 0,075%. По данным Гинзолото (1937 г.) геохимическими примесями в рудах являются: кобальт до 0,82%, кадмий до 0,5%, индий до 0,006%, а также медь (0,11-0,77%) и вольфрам (0,009-0,04%).

Для руд типичны массивная, друзовидная, полосчатая и, в меньшей степени, брекчиевидная текстуры. Структуры руд сплошные и кристаллически-зернистые. Среди минеральных агрегатов обычны коррозионные, раскрошенные, субграфические, эмульсионно-вкрапленные и скелетные структуры.

По типам руды подразделяются на убого сульфидные, вкраплено сульфидные и сплошные сульфидные. Наиболее распространен второй тип руд. В зоне окисления распространены богатые и умеренно богатые окисленные руды. Глубина вторичных изменений, в среднем, по месторождению составляет 100-120 м от поверхности по падению жил. Причем, в северной части месторождения граница зоны окисления находится в 80-90 м от поверхности, далее до 150 м следует зона цементации. Для южной части месторождения эти показатели соответственно составляют 70 и 95 м.

Вмещающие породы вблизи кварцевых жил претерпевают интенсивные изменения: серицитизацию, хлоритизацию, окварцевание, пиритизацию. В результате формируется зеленовато-серый метасоматический агрегат серицит-кварц-хлоритового состава с интенсивной вкрапленностью сульфидов по сети мелких трещин. Содержание золота в метасоматитах нарастает от долей г/т до промышленных концентраций в прямой зависимости от содержания сульфидов. Метасоматические преобразования охватывают вмещающие породы на мощность15-20 см.

Геохимические особенности

Геохимические исследования на месторождении проведены при выполнении геологической съемки с общими поисками масштаба 1:50 000 (Семеняко, 1990 г.). На площади месторождения выполнены литохимические поиски по сети 100х20 м с отбором проб из элювиально-делювиальных отложений; выявлены аномальные точки и ореолы золота, свинца, цинка, никеля различной концентрации. Комплексные высококонтрастные ореолы золота и его спутников отмечены на Центральном участке месторождения, где они совпадают с полями рудоносных кварцевых жил. Часть контрастных ореолов (над Школьными жилами и Красноярской рудной зоной, над Фабричными жилами и т.д.) с содержанием золота 1 г/т и выше носят техногенный характер, т.к. пробы отобраны в районе старых выработок и с их отвалов. На флангах месторождения аномалии золота с ураганными содержаниями имеют, в основном, точечный характер и объясняются связанностью с кварцевыми жилами малых размеров. Ореольные аномалии золота коррелируются обычно по одному профилю и не образуют устойчивых ассоциаций с другими элементами-спутниками. Как правило, ореолы золота тяготеют к отрицательным формам рельефа - нижним частям склонов, долинам временных водотоков.

Геофизическая характеристика

В пределах Богунайского месторождения и на его флангах за период ведения (1986-1989 гг.) геологической съемки масштаба 1:50 000 выполнены следующие виды геофизических работ: метод вызванной поляризации и магниторазведка.

Характер магнитного поля на месторождении типичен для архейских толщ южной части Енисейского кряжа: изрезанное поле положительных аномалий интенсивностью до 1000-2000 нТл. Магнитные аномалии имеют линейный характер и обусловлены, по-видимому, не каким-то локальными геологическими объектами, а неравномерным распределением магнитных минералов в метаморфических породах канской серии и в зонах сульфидной минерализации (Семеняко, 1990 г.).

Поляризуемость пород месторождения очень слабая, их фоновая значимость практически равна нулю. В аномальных зонах фазовой сдвиги $j_м$ редко превышают - 0,5°, т.е. не превышает 3% в режиме постоянного тока.

По данным В.В. Семеняко и др. (1990 г.) в пределах Богунайского рудного поля методом вызванной поляризации (ВП) выявлено несколько крупных и мелких, вытянутых в северо-восточном направлении аномалий, довольно хорошо коррелирующих с литохимическими аномалиями золота, свинца, цинка, меди, полями диафторитов и вкрапленной сульфидизации. По этим признакам аномалии ВП однозначно интерпретируются как зоны сульфидной минерализации.

Опираясь на выявленную зависимость, думается, что можно увязать размещение зон сульфидизации, литохимических аномалий со структурой полей складчато-разрывных деформаций. Во-первых, отчетливо усматривается пространственная связь минерализованных (сульфидизированных) зон, аномалий ВП со складчатой структурой Главной антиклинали рудного поля. Физико-геологической основой указанной закономерности является зона относительного растяжения, формирующаяся в приядерной части антиклинали и крыльях, благоприятная для локализации рудных масс (Сердюк, 1984). Прогнозируемый вариант такой связи дан на схеме рудного поля.

В плане рудного поля прогнозируемая зона распространения кварцево-сульфидной и существенно сульфидной минерализации очерчивается в виде линзовидно-деформированного "бублика", вытянутого в северо-восточном направлении, согласно складчатой структуре Главной антиклинали, и охватывающего ее ядерную часть. В ядре складки распространены наиболее протяженные кварцево-жильные объекты Центрального участка. Окаймляет ядро зона развития существенно кварц-сульфидной и сульфидной минерализации. Надежно она выделяется от верховий руч. Подъемный, через Ивановскую зону, затем от юго-западного до северо-восточного фланга вдоль всей Красноярской зоны и далее до водораздела ручьев 1-го и 2-го Артельных. "Висячий" участок прогнозируемой зоны протягивается в виде дуги, выпуклостью к северо-западу, от среднего течения руч. Подъемного до его устья и затем - к востоку до водораздела 1-го и 2-го Артельных.

Обращает на себя внимание сильный раздув и изгиб аномалии ВП между ручьями Жильный и Артельный-1. Возможно, это объясняется резкой складчатой деформацией северо-восточной периклинали, либо смещением ее к северо-западу по разрывному нарушению, трассируемому в том же направлении, или, что еще более вероятно, их совмещением. В результате чего, этот участок должен иметь особую интенсивность тектонической переработки разноориентированными складчато-разрывными деформациями.

Подобная интерпретация возможного поля развития минерализованных зон по тому же набору признаков осуществлена нами для синклинали левобережья р. Богунай, примыкающей северо-западной частью, срезанной разломом, к рудному полю и вытянутой в направлении руч. Каскадного. Здесь выделено обширное прогнозное поле развития золотоносных образований, конформно охватывающее ядерную часть синклинали.

Технологическая характеристика руд

На месторождении, в основном, эксплуатировались 16 жил, но наиболее интенсивно четыре из них: жила 5-10, жила 32-20-09, жила Подъемная 1-ая и жила Подъемная 2-ая. До 1940 г. руда обрабатывалась на фабрике с улавливанием золота только амальгамацией. На начальной стадии руда в бегунных чашах измельчалась на 60% до 140 меш., то есть обработка была грубой. В процессе амальгамации извлечение золота из руд составляло не более 50%, с некоторым возрастанием до 60-65% из окисленных руд и до 70% - из руд с высоким содержанием золота.

В последствие была введена в действие флотационная машина Фарсавольда, извлечение золота из руд после амальгамации и флотации достигает 80%.

На заключительной стадии деятельности Богунайского рудника, помимо основного извлечения золота из руд, оно дополнительно извлекается цианированием из эфелей, которые предварительно доизмельчались на бегунных чашах. Извлечение золота из руд после амальгамации и цианирования достигает 90-95%.

Кроме того, в период с 1936 по 1940 гг. часть флюсовой руды в количестве 42600 т была вывезена на Уральские заводы, из которой было получено 759,7 кг золота. Среднее содержание золота во флюсовой руде составило 17,8 г/т, процент извлечения - 96.

Гидрогеологические условия

Гидрогеологические исследования в период эксплуатации месторождения не проводились. Из личных наблюдений Ефимова В.А. - месторождение относится к «сухим», в механической откачке воды из выработок не было необходимости. Так при проходке гезенков 1, 32, 20, 9 за сутки накапливалось до 1 м³ воды, из гезенка 10 - воду откачивали бадьей. Исключительно водообильной явилась выработка по жиле Подъемная -2ая, так как она проходила по руслум одноименного ручья.

Поисковые признаки и критерии локализации оруденения

В процессе геологического изучения Богунайского месторождения установлены геологические, геохимические и геофизические признаки, факторы и критерии локализации золотого оруденения. К геологическим признакам относятся:

1. Ареалы распространения обломков кварца с повышенным содержанием золота в рыхлых отложениях, кварцевые жилы и прожилковые зоны с сульфидной минерализацией в коренных отложениях, горных выработках и скважинах.

Открытие Богунайского месторождения началось с обнаружения двух кварцевых жил с видимым золотом в долине руч. Жильный, обнаруженных А.С. Хоментовским в 1934 г. Остальные жилы и жильные зоны месторождения были выявлены в процессе последующей кварцеметрической съемки. Известные рудные тела на поверхности сопровождались ореолами обломков кварца с содержанием золота 0,1-0,5 г/т и выше.

2. Разрывные нарушения и связанные с ними зоны повышенной трещиноватости северо-западного и северо-восточного направлений. Разрывные нарушения разной ориентировки обнаруживают свою специализацию и играют различную роль в рудообразовании:

- северо-западные разломы, отвечающие простиранию главного Приенисейского разлома, являются протяженными, долгоживущими, глубинными, структурноопределяющими, рудовмещающими и рудоконтролирующими;
- северо-восточные разломы принадлежат к рангу поперечных, сквозь структурных, магмоподводящих, рудораспределяющих и частично рудовмещающих;
- узлы пересечения названных систем разрывных нарушений дополнительно осложняются сетью концентрических и радиальных трещин, которые служат центрами размещения магматических и рудных тел;
- швы дизъюнктивов сопровождаются зонами интенсивного физико-механического (трещиноватость, дробление, катаклаз, милонитизация) и гидротермально-метасоматического (окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, сульфидизация) изменения горных пород, имеющими линейный характер по разрывным нарушениям и площадной в узлах их пересечения. В пределах зон трещиноватости северо-восточного простирания локализованы известные рудные тела месторождения.

По результатам геохимических исследований рудные тела, рудоносные зоны отчетливо проявляются во вторичных ореолах рассеяния ряда химических элементов. Среди элементов, присутствующих в составе различных геохимических ассоциаций максимальных концентраций в рудных телах, совпадающих с полями кварцевых жил, достигают помимо золота - главного рудообразующего элемента, свинец, цинк, кадмий, медь, никель. Из этих элементов наиболее устойчивыми связями с золотом обладают свинец, цинк, являющиеся элементами индикаторами золотого оруденения.

Геофизические признаки являются косвенными, с их помощью большей частью решаются задачи геолого-структурного картирования, выявления рудоконтролирующих структур и т.д. Магниторазведка и метод вызванной поляризации выявили соответствующие аномалии. Первые обусловлены не какими-то локальными объектами, а неравномерным распределением магнитных минералов в метаморфических породах канской серии и в зонах сульфидной минерализации.

Выявленные аномалии вызванной поляризации (ВП) хорошо коррелируются с литохимическими аномалиями золота, свинца, цинка, меди, полями диафторитов и вкрапленной сульфидизации и однозначно интерпретируются как зоны сульфидной минерализации.

Главные факторы и критерии локализации руд:

- литолого-стратиграфические критерии заключаются в том, что основной ресурсный потенциал золота сосредоточен в наиболее древних породах кузеевской толщи архея, представленных гранулитами пироксенового и гранатового состава. Существенно пироксеновые разновидности гранулитов широко распространены в центральной части рудного поля, где сосредоточены основные кварцевые жилы и кварцево-жильные поля;
- тектонические критерии отражают закономерности локализации кварцевых жил и жильно-прожилковых зон в полях разрывных и складчатых деформаций, формирующих, в целом, «субсогласную» мегаштокверковую рудоносную залежь в ядре Богунайской антиклинали. В процессе этих структурно-тектонических преобразований локализована и прогнозируется система жильных, жильно-прожилковых и, возможно, штокверковых кварцевых зон и зон вкрапленно-прожилковой сульфидной минерализации;
- литологический фактор контроля оруденения обусловливается составом рудовмещающих пород, их структурно-текстурными и физико-механическими свойствами, определявшими возможность локализации полезного ископаемого и морфологию рудных тел. Жильные, штокверковые месторождения и рудопроявления локализуются в относительно хрупких породах, где широко развиты трещины скола и отрыва. Развитие минерализованных зон в гидротермально- и метасоматически измененных породах, в большей мере, также определяются составом вмещающих пород. В частности, наиболее благоприятными для перераспределения и локализации золота являются гнейсы (основного и среднего состава) кузеевской толщи. Не случайно наиболее широко процессы метасоматоза и гидротермальных изменений проявлены в пределах развития пород толщи и продуктов ее приразломных изменений (милонитизация, катаклаз);
- метаморфические факторы относятся к числу наиболее важных. Региональный метаморфизм сопровождался перемещением огромного количества рудных элементов, а контактово-метасоматические и гидротермальные процессы привели к их перераспределению и локализации. Гидротермально-метасоматическая проработка рудовмещающих пород является одним из важнейших металлогенических факторов. Она характеризуется совмещением высоких концентраций золоторудной минерализации с окварцованными породами, серицит-кварц-хлоритовыми, карбонат-серицит-кварцевыми метасоматитами.

Геолого-структурная модель

Эксплуатационные и поисково-разведочные работы на Богунайском месторождении и его флангах были завершены в 1951 г. Степень его изученности остается явно недостаточной, многие данные по интенсивности оруденения, добыча золота и т.д. отсутствуют. Имеющиеся геологические материалы не обеспечивают получение необходимой, достаточной и объективной информации. Неполнота информации касается прежде всего деталей геологического строения как рудного поля в целом, так и отдельных его участков, характеризующихся различными типами оруденения, а также детальности геохимической изученности площади рудного поля, глубинности геофизических работ, что позволило бы в достаточной мере раскрыть основные элементы строения рудного поля. Это определило разработку предварительной модели Богунайского месторождения, базирующейся на конкретных фактических материалах, в концентрированном виде (табл. 3.130).

Прогнозные ресурсы коренного золота

Оценка перспектив коренной золотоносности Богунайского рудного узла базируется на данных предшественников, имеющих различную степень обоснованности и достоверности (архивные материалы о поисково-разведочных работах в пределах Богунайского рудного узла за период 1937-1950 гг., (Семеняко, 1990 г.; Сердюк, 1994 г.). По Богунайскому месторождению использованы материалы разведки с подсчетом запасов по кат. А, В., C_1 и C_2, оцененные нами как ресурсы по кат. P_1. По рудному полю привлечены данные оценки прогнозных ресурсов (по кат. P_2) для некоторых кварцевых жил, запасы по которым ранее не подсчитывались.

За пределами месторождения, на площади рудного узла учитывалась оценка прогнозных ресурсов металла по кат. P_2 и P_3 для отдельных перспективных рудопроявлений и минерализованных зон.

Структура запасов и прогнозных ресурсов металла Богунайского месторождения представлена в таблице 3.131.

Таблица 3.130

Геолого-структурная модель Богунайского золоторудного месторождения

Геотектоническая обстановка	Рудогенерирующие комплексы	Рудоконтролирующие структуры	Рудная формация	Сопряженные гидротермально-метасоматические образования	Морфология рудных тел
Зона активизации архейского фундамента	Гранитоиды нижнеканского комплекса, зональный комплекс диафторитов, связанный со структурой зон милонитизации и катаклаза	Зоны глубинных разломов в приразломной складчатости, неоднородности их строения (зоны милонитов, син- и антиформы)	Золото-серебряно-кварц-сульфидная; золото-сульфидная	Кварцевые жилы, березиты (карбонат-серицит-кварцевые породы)	Жилы, жильно-прожилковые системы (линзо-штокверки), минерализованные зоны

Анализ данных таблицы позволяет заключить, что основная доля запасов металла кат. $A+B+C_1+C_2$, ныне балансом не учитываемые, сосредоточена в четырех промышленных объектах: (жилах № 5-10, № 7, Подъемная-2-ая и № 32) и составляет 6553,7 кг, причем из них 4081,8 кг сосредоточено в жиле 5-10.

Запасы металла, локализованные в пяти резервных объектах, весьма невелики и составляют лишь 805,5 кг. По существу, из них лишь жила 9 может рассматриваться в качестве объекта разработки с запасами металла 526,1 кг.

Общий потенциал прочих объектов, по которым ранее подсчитывались запасы, составляет 2116,7 кг. Из них четыре объекта (жилы №№ 31,13, 35, 2) в сумме содержат 1760 кг металла и могут рассматриваться при дополнительном изучении в качестве резервных.

Как следует из приведенной выше характеристики, прогнозные объекты Богунайского рудного поля представлены двумя типами оруденения: золото-кварцевым и золото-сульфидным. Прогнозные ресурсы объектов золото-кварцевого типа суммарно составляет 736 кг. Из них перспективной представляется жила Фабричная-II, содержащая 400 кг прогнозируемого металла.

Золото-сульфидный тип оруденения на рудном поле просматривается как наиболее перспективный. Два объекта этого типа - минерализованные зоны Красноярская и Ивановская - содержат соответственно 38 т и 1-т прогнозируемого золота.

Промышленное значение Красноярской рудной зоны Богунайского рудного поля по ряду признаков, безусловно, является приоритетным. Данная зона заслуживает первоочередного изучения.

В целом по Богунайскому рудному полю запасы металла (ныне трактуемые как прогнозные ресурсы кат. P_1) составляют 9475,9 кг, а прогнозные ресурсы кат. P_2 - 39736,0 кг. Сумма запасов и ресурсов рудного поля составляет 49211,9 кг; из них на золото-кварцевый (жильный) тип оруденения приходится 10211,9 кг, а на золото-сульфидный (минерализованных зон) тип - 39 000 кг металла.

Оценка потенциала Богунайского узла на рудное золото базируется на интегрировании данных предшественников, давших оценку перспектив Богунайского месторождения и отдельных рудопроявлений, а также дополнительных оценках прогнозных ресурсов территорий, обладающих пока лишь благоприятными критериями и признаками золотого оруденения, или по каким-либо причинам не оцененных ранее.

Одной из таких перспективных территорий, локализующей практически все известные к настоящему времени проявления золото-сульфидного типа, является Богунайская перспективная рудная зона Приенисейского разлома, выходящая далеко за пределы Богунайского рудного узла. В границах узла, протяженность Богунайской зоны составляет более 15 км при ширине 1,5-2,7 км. Учитывая ее слабую изученность, наличие в поле ее влияния рудопроявлений золота, широкое проявление золотоносных гидротермально-метасоматических образований, выполняющих почти непрерывно приосевую зону разлома, можно полагать значительное наращивание ресурсов за счет вероятных объектов, локализованных в Богунайской зоне.

В общем контуре милонитизированных пород Богунайской рудной зоны по данным предшественников просматриваются три минерализованные зоны с ориентировочно установленной шириной в 300-400 м каждая. Крайняя Восточная зона протяженностью 2,3 км объединяет рудопроявления Северное и руч. Артельный-2.

Центральная зона следится от верховий руч. Артельный-1 в северо-западном направлении на протяжении 2,7 км, где возможно далее соединяется с самой протяженной Южной зоной. Данная зона локализует рудные тела Ермолаевского проявления, а на своем юго-восточном фланге - фрагмент элювиальной коры выветривания с шлиховым золотом рудного облика, на северо-западном фланге - выход кварцевой жилы № 11, мощностью 1-1,5 м, с неизученной золотоносностью. Поле Центральной зоны покрыто обширными свалами рудного кварца.

Южная минерализованная зона протяженностью более 14 км, является самой изученной в отношении золотоносной минерализации. В ее полосе располагаются проявления Восточное, руч. Золотого, Речное, Скалистое, Виловатое, а также безымянные кварцевые жилы и многочисленные рудные свалы кварца с высоким содержанием золота. В центре зоны вдоль ее простирания располагается одна из богатейших россыпей золота руч. Золотого с многочисленными самородками. В долине руч. Артельный-1 КНИИГиМС впервые выявлен фрагмент золотоносной коры выветривания с телами метасоматитов.

Из изложенного выше следует, что в широкой и протяженной Богунайской перспективной рудной зоне можно ожидать два типа золотого оруденения, связанные с первичными породами и корами выветривания.

Нами сделана попытка оценить прогнозные ресурсы указанных минерализованных зон по кат. P_3. Наиболее изученными на данный момент являются проявления Восточное и Виловатое, прогнозные ресурсы которых предшественниками оцениваются по кат. P_2 в 16 т и которые взяты нами за объект-аналог. Площадь Восточного и Виловатого проявлений составляет 0,93 км² (3,1x0,3). На единицу площади приходится 17,2 т/км² (16 т : 0,93) металла.

Площадь оцениваемых минерализованных зон составляет 5,7 км² при их общей протяженности 19 км и ширине 0,3 км. Прогнозные ресурсы кат. P_3 составят: 17,2 т/км² x 5,7 = 98 т. При применении коэффициента надежности прогноза ($K_н$) 0,6, прогнозные ресурсы Богунайской зоны тогда составят: 98 x 0,6 = 59 т.

Для оценки прогнозных ресурсов в корах выветривания Богунайской зоны за аналог взяты известные месторождения Олимпиадинское и Самсон, на которых запасы золота в корах выветривания по отношению к общим

Таблица 3.131

Распределение запасов и прогнозных ресурсов рудного золота Богунайского рудного поля

Наименование жилы, зоны	Длина по простиранию, м	Средняя мощность, м	Среднее содержание г/т	Разведанная глубина, м	Глубина подсчета запасов	Запасы, кг		Прогнозные ресурсы по кат. P_2
						$A+B+C_1$	$A+B+C_1+C_2$	
						по современным оценкам, кат. P_1		
Богунайское месторождение Золото-кварцевый тип Промышленные объекты								
5-10	900	0,66	5,2	249,0	550	2521,8	4081,8	
7	315	0,55	6,9	228,0	370	640,6	1114,8	
Подъемная-2-я	396	0,88	5,1	92,0	370	435,2	1025,5	
32	205	0,22	16,2	35,5	320	112,6	331,5	
Итого:							6553,7	
Резервные объекты								
9	136	0,48	13,0	98,0	242	200,1	526,1	
20	75	0,30	26,8	35,0	88	68,3	108,1	
Короткая	15	0,24	34,6	7,5	10	13,6 (C_1)	13,6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	105	0,21	60,8	7,0	63	91,4 (C_2)	157,7	
Прочие объекты								
31	196	0,31	10,0	33,0	336	152,0	593,0	
13	273	0,59	2,9	160,0	350	363,3	619,9	
Внутренняя	92	0,15	6,9	28,0	60	10,4	13,3	
35	187	0,21	14,6	70,0	125	205,6 (C_1)	300,3	
4	261	0,25	0,7	15,0	125	7,2 (C_1)	13,3	
3	61	0,20	1,9	15,0	32	1,8 (C_1)	2,7	
2	154	0,12	6,5	8,0	100	15,3 (C_1)	246,8	
1	128	0,15	24,5	99,5	93	91,4	147,0	
21	125	0,18	9,5	20,0	-	13,4 (C_1)	31,8	
23	59	0,20	0,7	15,0	40	0,6	1,1	
Поперечная	60	0,24	10,7	-	150	32,5	47,9	
25	200	0,42	4,3	79,0	-	51,2	99,6	
Итого:							2116,7	
Всего запасов:							9475,9	
Богунайское рудное поле Золото-кварцевый тип Прогнозные объекты								
Поселковая	22	0,09	более 10	-	-	-	-	0,8
руч. Подъемный	20	0,2	более 10	-	-	-	-	1,4
47, уч. Школьный	95	0,15	более 10	-	-	-	-	24,3
45, уч. Школьный	45	0,13	8-10	-	-	-	-	3,5
1, руч. Жильный	200	0,12	8-10	-	-	-	-	64,8
1, уч. Школьный	143	0,40	8-10	-	-	-	-	110,0
14	110	0,23	4-6	-	-	-	-	12,6
48, уч. Школьный	40	0,07	4-6	-	-	-	-	0,8
Фабричная I	130	0,52	4-6	-	-	-	-	65,9
Фабричная II	450	0,26	4-6	-	-	-	-	400,0
Фабричная III	140	0,21	4-6	-	-	-	-	31,0
Итого:				-	-	-	-	736,0
Золото-сульфидный тип								
Красноярская рудная зона	1900	11,4	1,77	-	500	-	-	38000,0
Ивановская рудная зона	300	6,7	1,7	-	200			1000,0
Итого:								39000,0
Всего прогнозные ресурсы								39736,0
Всего прогнозные ресурсы и запасы								49211,0

составляют 30%. Поэтому, в Богунайской зоне можно ожидать ресурсы золота в корах выветривания на уровне 18 т (59x0,3) со средним содержанием от 1-2 г/т до 4-6 г/т.

Общие прогнозные ресурсы золота в первичных рудах и корах выветривания по кат. P_3 составят 77 т (59+18).

Суммарные прогнозные ресурсы рудного золота Богунайского узла составляют 158,2 т (табл. 3.132). Ведущим типом оруденения в границах узла является золото-сульфидный, прогнозные ресурсы которого превышают 145 т. Ресурсы золото-кварцевого типа оруденения составляют 12,4 т металла.

Россыпи и россыпепроявления

О наличии россыпного золота в бассейне р. Богунай и другим притокам, впадающим в р. Кан, в пределах южной оконечности Енисейского кряжа, было известно с прошло-

Таблица 3.132

Прогнозные ресурсы рудного золота Богунайского узла

№ п/п	Наименование объекта (месторождение, проявление, зона)	Параметры прогноза				Прогнозные ресурсы		
		протяженность, м	средняя мощность, м	среднее содержание, г/т	глубина подсчета, м	P_1	P_2	P_3
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Золото-кварцевый тип								
1	Богунайское месторождение	300-1900*	0,2-0,6*	2-60*	30-550*	9,5*	-	-
2	Прочие жилы Богунайского рудного поля (прогнозные ресурсы)	20-450*	0,09-0,5*	4-10*	-	-	0,70*	-
3	Скалистое	-	1,5	8,8	-	-	2,0	-
4	Колоноковое	100	0,2	14	-	-	0,1	-
5	Виловатое (р. Сокаревка)	100	0,05	20	-	-	0,06	-
6	Угольное	300	0,2	8	-	-	0,08	-
	Итого золото-кварцевый тип:					9,5	2,9	
Золото-сульфидный тип, золотоносные коры выветривания								
7	Красноярская рудная зона	1900	11,4	1,77	500	-	38,0	-
8	Ивановская рудная зона	300	6,7	1,7	200	-	1,0	-
9-15	Богунайская перспективная рудная зона	19000	300	1-2,5; 17,2 т/км^2	К-0,6	-	25,0	77 (первичные руды - 59 т, коры выветривания - 18 т)
9	Виловатое (р. Богунай)	2700	3,0	1,0	-	-	10,0	-
10	Речное	116	2,0	9,0	-	-	0,28	-
11	Северное	80	1,5	9,4	-	-	0,35	-
12	руч. 2-го Артельного	120; 400	1,0; 5,0	5,0; 8,0	60; 200	-	5,144 (0,144; 5,0)	
13	Ермолаевское	300	5,0	5,0	150	-	2,8	-
14	Кедровое	600	3,0	2,0	50	-	0,45	-
15	Восточное	400	2,1	2,5	-	-	6,0	-
16	Каскадное	300	1,5	2,5	-	-	4,0	-
17	Казахстанское	300	3,0	2,0	150	-	0,7	-
18	Чирушканское	300	1,5	2,0	-	-	0,15	-
	Итого золото-сульфидный тип:						68,8	77,0
	Всего по рудному узлу:					9,5	71,7	77,0

* - данные таблицы. 3.132.

го столетия. Постановка разведочных и добычных работ в широком масштабе относится к 1933 году. Начиная с этого времени, на территории проводились небольшие мускульные старательские отработки россыпей. Суммарная добыча россыпного золота с 1934 по 1939 год составила около 150 кг, в то числе по годам: 1934 г. - 40,5 кг, 1935 г. - 48,9 кг, 1936 г. - 42,7 кг, 1937 г. - 7,5 кг, 1938 - 3 кг, 1939 г. - 0,5 кг (Никифоров, 1949 г.). Добыча золота производилась из россыпей рек Богунай, Сокаревка, Осиновая, Алешина, Потанчет и Тарака. Основное количество добытого россыпного металла в районе (112-116 кг, 75%) извлечено из россыпей бассейна р. Богунай (Костылев, 1946 г.).

Через 3-4 года после начала эксплуатационных работ отмечается резкое снижение добычи металла. Объясняется это тем, что к этому времени наиболее богатые участки россыпей были выработаны, произошло открытие Богунайского месторождения и основное внимание было сосредоточено на разведке и эксплуатации рудного золота. К началу 1946 года объем добытого россыпного золота достигает 154,2 кг (Костылев, 1946 г.).

Поисковые и разведочные работы на россыпи, выполненные в этот период, были крайне несистематичны, носили характер "набегов". С завершением мускульных разработок россыпей значительная часть из них осталась недоразведанной. Полученные при этом материалы должным образом не обрабатывались и не анализировались.

По данным Н.В. Стахеева (1941 г.) и С.К. Никифирова (1949 г.), в Богунайском районе распространены 4 типа россыпей: косовые, русло-долинные и террасо-увальные, элювиально-делювиальные.

Косовые россыпи развиты ограниченно по рекам Богунай и Сокаревка. Имеются факты лоткового опробования старателями косовых отложений р. Богунай, ниже устья кл. Кузнецовского, показавшие содержания золота, пригодные к старательской добыче. Данный тип россыпей не получил широкого развития и, соответственно, практического значения.

Русло-долинные россыпи наиболее развиты в районе и многие из них были объектами старательской добычи. Наиболее богатой была россыпь р. Богунай, изученная разведочными и эксплуатационными работами на протяжении 16 км, начиная от устья руч. Кузнецовского, левого притока, вниз по течению. Основные мускульные разработки в долине р. Богунай были сосредоточены на протяжении 8-10 км от устья руч. Подъемный, правого притока, вниз по течению реки. Отрабатывалась россыпь открытыми прерывистыми разрезами вдоль современного русла, ширина разработок не превышала 10-15 м. Наибольшим богатством и крупностью золота характеризуется участок долины р. Богунай, окаймляющей само рудное месторождение. На данном отрезке долины россыпь характеризуется неравномерным содержанием металла от 0,2 г/т до 20 г/т, далее вниз по течению ее богатство постепенно падает до 0,5-1,0 г/т. Выше от руч. Подъемный следы эксплуатации в долине р. Богунай отмечаются еще на протяжении 7-8 км и носили пробный характер с содержанием

золота в песках до 1 г/м^3. В различной степени изучались и эксплуатировались россыпи притоков р. Богунай - 1-3 Артельных и Подъемного.

Террасо-увальные россыпи распространены ограниченно, изучены недостаточно. Наиболее развиты они по долине р. Богунай, где наблюдаются фрагменты двух террас, возвышающихся над поймой на 2-3 м и 8-10 м. Террасы очень мало затронуты эксплуатационными работами. Отмечено три случая разработок террасовых россыпей в долине р. Богунай. Открытым способом отрабатывалась правая терраса ниже руч. Крутой, в двух других случаях правая и левая терраса ниже руч. Подъемного и левая терраса ниже руч. Жильный частично отработаны подземным способом - ортами, из зарезанных карьеров русловой россыпи. Содержание золота в песках при открытом способе разработки отходило до 1,5 г/м^3, подземным - до 2-5 г/м^3. В россыпи левой террасы ниже руч. Жильный был найден самородок золота, с максимальным для района весом 270 г.

Элювиально-делювиальные россыпи получили развитие, главным образом, в пределах выходов рудных тел с видимым золотом. Особенно это очевидно в пределах Богунайского рудного поля, где установлено несколько элювиально-делювиальных россыпей в кл. Подъемном и его правом притоке. Вероятно, данные россыпи будут распространены по ключам Жильному, Поселковому, Ивановскому и, на водоразделе в районе выхода жилы 5-10 и других на поверхность.

В настоящее время появилась дополнительная геологическая информация о россыпях золота бассейна р. Богунай.

Горной компанией "Геоинформ ЛТД" в 1994 году были получены лицензии на проведение геологоразведочных работ на рудное и россыпное золото с последующей эксплуатацией данных объектов в пределах Богунайского рудного узла. Горной компанией в полном объеме были проведены поисково-оценочные работы на россыпи на отрезке долины р. Богунай между ее притоками Жильный и Подъемный и в долине руч. Артельный-1 (Зверев, 1995-96 гг.). В результате проведенных работ в первом случае оконтурена россыпь, отвечающая промышленным требованиям. Ее протяженность 1560 м, средняя ширина 35 (от 20 до 45 м). Золото крупное, в весовом отношении преобладающим гранулометрическим классом является + 1 мм, на долю которого приходится 70,2%. По состоянию на 01.01.96 г. по россыпи утверждены запасы кат C_2 в количестве 42 кг при среднем содержании 638 мг/м^3 (максимальное 3,8 г/м^3), мощность песков 1,2 м и торфов 4,1 м.

Как показали результаты поисковых работ, средняя ширина россыпи (35 м) значительно превышает ширину эксплуатируемой россыпи (10-15 м), что указывают на целики продуктивного пласта и дополнительные ресурсы россыпного золота вверх и вниз по долине р. Богунай от оцененного отрезка россыпи.

В долине руч. Артельный - 1 промышленная россыпь была выявлена в среднем течении, ниже мускульных отработок прежних лет. Нижняя граница россыпи в 660 м от устья ручья. Ее параметры: длина - 810 м, ширина - 20 м, средняя мощность торфов - 3,4 м и песков 1,2 м, среднее содержание металла - 784 мг/м^3, запасы кат. C_2 - 16 кг.

На фланговых промышленной россыпи оконтурена россыпь с забалансовыми запасами, ее параметры: общая протяженность - 3 км, средняя ширина - 23 м, средняя мощность торфов - 3,8 м, песков - 0,8, среднее содержание - 204 мг/м^3, запасы кат. C_2 - 10,8 кг. Преобладает в россыпи полуокатанное золото (79,3% от всех золотин) и гранулометрический класс + 0,5 мм (75,2%).

Горной компанией «Геоинформ ЛТД» в период 1995-2000 годов частично отработана россыпь руч. Артельный -1 на протяжении 1,5 км от устья с общими оцененными запасами 19,3 кг (балансовые - 16 кг, забалансовые - 3,3 кг). Со слов старателей фактическая добыча из недр за весь период эксплуатации составила около 30 кг. Часто встречались самородки весом 1-5 и более граммов. Остаточные запасы в верховье руч. Артельный -1 и его левом притоке руч. Золотом можно ожидать в количестве 30 кг.

Проведенный С.С. Сердюком (1994 г.) анализ россыпной золотоносности Богунайского рудного узла выявил, что наибольший практический интерес в настоящее время представляют россыпи бассейна р. Богунай, основная концентрация которых связывается с долиной р. Богунай и ее крупными притоками Артельными 1, 2, 3. Прогнозные ресурсы (P_2) россыпного золота по р. Богунай с притоками оценены в 1153 кг. По остальным правым притокам р. Кан (рр. Сокаревка, Чирушкан, Осиновая и др.) ожидаются узкие, непротяженные россыпи с ресурсами металла в количестве от 5 до 15 кг, в сумме 117 кг.

Сводные запасы и прогнозные ресурсы россыпного золота бассейна р. Богунай в предела рудного узла составили 902 кг, из них запасы кат. C_2 - 42 кг, прогнозные ресурсы кат. P_1 - 153 кг и P_2 - 707 кг (табл. 3.133).

3.2. ВОСТОЧНО-САЯНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

3.2.1. Ольховско-Чибижекский рудный узел

Изученность

Первые сведения о золотоносности района появились в 20-х гг. XIX в., когда были открыты и вовлечены в эксплуатацию мускульным способом россыпные месторождения золота. В конце XIX века район пережил «золотую лихорадку», вызванную находкой крупных самородков в верховьях р. Чибижек. Вес наиболее крупного из них был определен в 31,57 кг.

Развитие золотодобычи в западной части Восточного Саяна, в том числе открытие Ольховского месторождения, привлекло внимание геологов. В.А. Обручев, посетивший Восточный Саян в 1911 г., высказал предположение о генетической связи золотоносности района с гранитоидными интрузиями, которое в дальнейшем было подтверждено многочисленными исследованиями.

С начала 20-х годов XX в. под руководством А.Я. Булынникова (1921-1937 гг.), А.Г. Вологдина (1924-1931 гг.) и других осуществляются систематические геологические исследования района, включающие мелкомасштабные съемочные работы. По результатам этих работ составлена геологическая карта масштаба 1:400 000, разработаны схемы стратиграфии и магматизма.

В связи с планомерным геологическим картированием территории СССР, начатым в 50-х годах, в Ольховско-Чибижекском районе под руководством А.Д. Шелковникова в пределах листа N-46-XVI проведена геологическая съемка масштаба 1:200 000; разработана стратиграфическая схема района, интрузивные образования разделены на лысанский позднепротерозойский и ольховский раннепалеозойский комплексы. С последним из них А.Д. Шелковников связывал золотоорудение района.

Геологические работы в масштабе 1:50 000 вдоль северного контакта Ольховского гранитоидного массива впервые выполнены в 1939-1941 гг. сотрудниками НИГРИ-Золото под руководством А.П. Божинского, а в районе Ольховского месторождения проведена крупномасштабная геологическая съемка под руководством М.Н. Шмидта (1940-43 гг.). Со второй половины 50-х гг. геолого-съемочные работы масштаба 1:50 000 продолжены партиями Красноярского геологического управления (Ролдугин,

Таблица 3.133

Запасы и прогнозные ресурсы россыпного золота по объектам бассейна р. Богунай

№ п/п	Россыпи	Параметры россыпи				Запасы, кг	Прогнозные ресурсы, кг	
		Длина, м	Ширина, м	Мощность песков, м	Среднее содержание, г/м^3	C_2	P_1	P_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	руч. Артельный-1 (вершина ручья и его приток Золотой)	1000	линейная	продуктивность	30 кг/км	-	30	-
2.	руч. Артельный-2	5000	линейная	продуктивность	25 кг/км	-	-	125
	приток Трехпирамидный	800	линейная		25 кг/км	-	-	20
3.	руч. Артельный-3	3600	40	0,7	0,6	-	-	60
4.	руч. Кварцевый	1200	30	0,6	0,7	-	-	15
5.	руч. Сухой	2500	30	0,6	0,6	-	-	27
6.	руч. Крутой	2000	30	0,6	0,6	-	-	22
7.	руч. Подъемный	2000	30	0,8	1,0	-	-	48
8.	р. Богунай (от руч. Кузнецовский до руч. Артельный-3) -долинная россыпь							
	1 струя	5500	20	0,6	0,866	-	-	57
	2 струя	5500	20	0,6	0,932	-	-	62
	- террасовая россыпь	30% от долинной россыпи						36
9.	р. Богунай (от руч. Артельный-3 до руч. Подъемный)							
	- долинная россыпь	2600	23	0,7	2,1	-	88	
	- террасовая россыпь	1000	20	1,0	1,0	-	-	20
10	р. Богунай (от руч. Подъемный до руч. Жильный)	1660	35	1,2	0,638	42	35	-
11	р. Богунай (от руч. Жильный до руч. Бурлящий)							
	- долинная россыпь	5000	35	1,0	1,0	-	-	175
	- террасовая россыпь	2500	20	1,0	0,8	-	-	40
	Итого					42	153	707

1959 г.; Смолич, 1961 г.; Шеломов, 1963 г.; Шамонин, 1962 г.; и др.). К 1962 г. вся площадь Ольховско-Чибижекского района и прилегающих территорий была покрыта Государственной геологической съемкой в масштабе 1:50 000. В 70-х гг. начато составление геологических карт масштаба 1:50 000 нового поколения по данным групповой геологической съемки и геологического доизучения площадей (Беспалов, 1981 г.; Воробьев, 1992 г.).

С 1924 г. в районе интенсивно развиваются поиски и разведка золоторудных объектов, сопровождающиеся значительными объемами горных и буровых работ.

В результате поисковых и геологоразведочных работ были открыты золоторудные месторождения Константиновское (1932 г.), Медвежье (1956 г.), Лысогорское (1960 г.), Средняя Тарча (1973 г.), десятки рудопроявлений.

Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых получили развитие в 50-х гг. в период полистных геологосъемочных работ масштаба 1:50 000. Эффективность геохимических методов поисков, в целом, оказалась невысокой вследствие низкой чувствительности спектрального анализа и ограниченного набора анализируемых элементов; золото спектральным методом в этот период не определялось. Широкое внедрение спектральных методов анализа золота в пробах начато в 1968 г. при производстве геологосъемочных, поисковых и разведочных работ, специализированных геохимических исследованиях разного масштаба. Выявлено большое количество аномалий золота, из которых значительная часть не получила оценки (Суганов, 1978 г.).

Истощение сырьевой базы Артемовского рудника, наметившееся к началу 60-х гг., стимулировало активное развитие научно-исследовательских работ, направленных на прогнозирование и поиски новых объектов золотодобычи.

Большой объем работ по изучению закономерностей локализации золотооруденения в Ольховско-Чибижекском рудном районе выполнен под руководством А.М. Хазагарова (1969 г.). На основе материалов поисково-оценочных разведочных и эксплуатационных работ составлены геолого-структурная и прогнозно-металлогеническая карты района, разработана система поисковых и оценочных критериев золотооруденения, обоснованы глубины формирования Константиновского, Ольховского, Медвежьего и Лысогорского месторождений.

В период 1977-1983 гг. А.М. Сергуткиным и др. (1979 г., 1983 г.) осуществлена оценка золотоносности руд и рудовмещающих образований на ряде железорудных месторождений юга Красноярского края. В результате исследований выявлена повышенная золотоносность в зонах сульфидно-магнетитовой, сульфидной, кварц-карбонат-сульфидной минерализации на месторождениях Маргоз и Рудный Каскад. Прогнозные ресурсы золота на месторождении Маргоз составляют, по оценке А.М. Сергуткина, 9 тонн.

Изучение продуктов корообразования на Ольховском месторождении на предмет золотоносности проводилось эпизодически и бессистемно. В разные годы, в рамках тематических работ различного направления, их исследованием занимались М.Н. Шмидт (1942 г.), И.Я. Мартынов (1955 г.), А.М. Хазагаров (1969 г.) и др. Целенаправленные научно-тематические и оценочные работы начались лишь в последние два десятка лет (Конышев, 1988 г., Компаниец, 1992 г.; Никифорович, 1985 г.; Цыкин, 1967 г., Сердюк, 2002 г.; и др.).

Первые геофизические работы методами магниторазведки (ΔZ), естественного поля (ЕП), сопротивлений проведены на участках, непосредственно прилегающих к Ольховскому и Константиновскому месторождениям. Участки с оруденением отразились слабыми аномалиями, а в ряде случаев вообще не проявлялись в физических полях. Наиболее интенсивные аномалии обусловлены контактами пород, дайками, погребенными долинами и логами. К возможно рудным отнесены три аномалии, на одной из которых подтверждена рудная природа (геологический участок 26). В целом, на водоразделе рр. Тинсук-Котой выявлено более 100 аномалий, из них 11 возможно рудной природы (Петров, 1940 г.). Последующей проверкой установлено, что большинство из них соответствуют рудам экзогенного происхождения (Зимин, 1999 г.).

Опробование других электроразведочных методов - комбинированное профилирование (КЭП), метод заряженного тела (МЗТ), искатель жил (ИЖ), вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) показало, что аномалии проводимости могут быть обусловлены проявлением процессов графитизации. Причем, аномалии от последних сопоставимы по интенсивности с аномалиями от рудных тел (Юцис, 1949 г.). Более мелкие аномалии соответствуют пирротиновой минерализации. В одной из таких зон (западный фланг Константиновского месторождения) вскрыты интервалы с промышленным содержанием золота.

Из других примеров успешного применения методов следует отметить выделение кварцевых жил электропрофилированием на участке Золотой Конек (Мартынов, 1954 г.), картирование с помощью магниторазведки и КЭП разрывных нарушений на Дистлеровском месторождении, контакта интрузивных и осадочных пород и многочисленных зон проводимости, связанных с углисто-глинистыми породами, закарстованностью и разломами в пределах Константиновского месторождения. В одной из таких зон обнаружена вкрапленность сульфидов, но природа большинства аномалий осталось невыясненной (Дембицкий, 1960 г.). В пределах Медвежьего и Ольховского месторождений показана возможность выделения рудных тел в межскважинном пространстве методом радиоволнового просвечивания. Однако и здесь аномалии от графитизированных пород сопоставимы с аномалиями от рудных тел.

В 50-е годы выполняется большой объем наземных магнитных съемок масштаба 1:50 000 в комплексе с литохимией и детализацией перспективных участков (Терехов, Безюк, Князева, 1958 г.; Гнилко, 1960 г.; Белов, 1961 г.). По результатам работ установлено широкое распространение железооруденения в районе, открыто месторождение Маргоз, выявлена рудная природа аномалий Подлысанской группы, обнаружен новый железорудный район, названный позднее Кизирским. Кроме того, выявлены Тихтибинское рудопроявление титаномагнетита, проявления золота (долина р. Павловки), пирротина, шеелита, киновари.

В результате дальнейшего опробования комплекса электроразведочных методов: КЭП, СЭП, ЕП, ВП, МЗТ, метод переходных процессов (МПП) в пределах Лысогорского месторождения, Кулеминского рудопроявления и на участке Березовом сделан вывод о наличии двух типов коренных месторождений по условиям применимости методов (Егоров, 1971 г.). Для первого типа, характеризующегося наличием жил в условиях силикатной среды, прямые поиски на глубинах более 100 м практически невозможны ввиду слабого различия физических свойств. Однако, они применимы для второго типа: жильные зоны кварц-сульфидного состава в карбонатных отложениях чибижекской свиты. Наиболее перспективные аномалии ВП сопровождаются низкими значениями ЕП, а наличие аномалий МПП в пределах аномалий ВП может свидетельствовать о наличии сплошных сульфидных руд с ореолами вкрапленности.

В 70-е годы были продолжены опытно-методические работы методом радиоволнового просвечивания (РВП), а также методом дипольного электромагнитного профилирования (ДЭМП), электрической корреляции (МЭК), скважинным вариантом метода ВП и комплексом каротажных работ (Иголкин, 1974 г.). Исследования проводились в подземных условиях Лысогорского и Медвежьего месторождений и в наземных скважинах на участке Средняя Тарча. Сделаны выводы о невозможности выделения рудных тел обычными методами на малосульфидных месторождениях типа Лысогорского. Здесь рекомендуется проведение РВП на высоких частотах, а в наземных условиях - золотометрической съемки. На Медвежьем месторождении возможно выявление крупных рудных тел в межвыработочном и межскважинном пространстве методами подземной и наземной геофизики.

Большая работа по оценке перспектив Ольховско-Чибижекского района выполнена сотрудниками Томского политехнического института (Черняева, 1982 г.). В ней показаны основные закономерности отражения элементов геологического строения в физических полях, обоснованы критерии поисков месторождений различного типа. Много внимания уделено изучению физических свойств пород района. В частности, установлено, что изменение магнитных свойств пород района зависит не только от минералогического состава, но и от распределения железа; проводимость пород определяется степенью разрушенности и обводненности пород. Установлена зональность изменения физических свойств, как в вертикальном разрезе, так и по латерали. Отмечается, что определяющую роль в зональности изменения физических свойств и локализации оруденения играют разноориентированные системы разломов. Проследить же всю последовательность геологических процессов в историческом плане только по геофизическим данным, по мнению авторов, не представляется возможным из-за отсутствия геологических исследований соответствующего направления. Составлены сводные карты магнитного и электрических полей в масштабах 1:10 000 для северной части Ольховско-Чибижекского района и 1:2 000-1:5 000 - для отдельных участков. Авторы отчета отмечают малую эффективность геофизических методов при прямых поисках сульфидных залежей, а также кварцево-сульфидных жил в гранитоидах. Поэтому прогнозная оценка района дана, в основном, по косвенным признакам: наличие дайковых поясов, невскрытых выступов гранитоидов, разноориентированных разломов, зон углеродсодержащих пород и зональности изменения физических свойств.

Последующие комплексные геофизические исследования выполнялись силами Артемовской ГРП и Южной геофизической экспедиции. На Тинсук-Котойском водоразделе предполагаются выступы немагнитных альбитизированных гранитоидов, перспективные на поиски коренного и россыпного золота (Хвостов, 1983 г.). Впервые внедрен метод ЧИМ (частичного извлечения металлов) для выделения рудных интервалов.

В 1986-88 гг. в Ольховско-Чибижекском рудном поле выполнена гравиметрическая съемка масштаба 1:25 000 (Василенко, 1988 г.). По результатам съемки наметилась приуроченность золоторудных месторождений и рудопроявлений к положительным остаточным аномалиям и узлам пересечения разноориентированных разрывных

нарушений. Составлена сводная карта магнитного поля масштаба 1:25 000 по результатам наземных работ. Зоны альбитизации в гранитоидах, содержащие оруденение, фиксируются отрицательными, а ороговикования - положительными магнитными аномалиями. Выделено три перспективных участка на поиски коренного золота.

Завершением на современном этапе комплексных площадных наземных съемок в регионе являются работы на Джебской и Кундусуюльской площадях (ΔZ, ВП, ЕП, ЧИМ, гамма-спектрометрия, газо-ртутная съемка), в результате которых намечены три перспективных участка, совпадающие с вторичными ореолами рассеяния золота (Василенко, 1994 г.).

Основные недостатки проведенных наземных геофизических работ заключаются в отсутствии единой методики их проведения. Съемки выполнялись разной аппаратурой на разрозненных участках и их взаимная увязка крайне затруднена. Выявлено большое количество аномалий физических полей, геологическая природа большинства из которых осталась невыясненной.

Наряду с наземными работами в районе выполнен большой объем региональных геофизических съемок. Впервые аэромагнитная съемка масштаба 1:200 000 проведена Хакасской аэрогеофизической экспедицией ЗСГУ в районе Артемовска. В период 50-70-х годов аэромагнитные и аэрогеофизические съемки масштабов 1:200 000, 1:50 000 и 1:25 000 выполнялись, в основном, силами Южной геофизической экспедиции КГУ. В начальный период применялись станции АСГМ-25, а затем, по мере совершенствования аппаратуры, - АСГ-45-46 и АММ-13. В 1964 г. была внедрена фотопривязка маршрутов. Съемки выполнялись с целью оказания помощи геологическому картированию и выделения перспективных участков на поиски месторождений железа, цветных металлов и золота.

В Ольховско-Чибижекском рудном поле впервые проведена комплексная аэрогеофизическая съемка масштаба 1:10 000 с протонным магнитометром ММС-214 и гамма-спектрометром АГС-71С (Кольчиков, 1986 г.). По результатам съемки выделены погребенные выступы Ольховско-Чибижекского массива, участки развития кор выветривания. Отмечается слабая информативность аэрорадиометрической съемки при картировании, обусловленная наличием мощного чехла рыхлых отложений. Месторождения золота не находят отражения в аномальных полях. На Ольховско-Чибижекском участке выделено семь перспективных участков на поиски золота.

С 1990 г. при аэрогеофизических работах применяются станции СКАТ-77. На больших площадях выполняются съемки масштаба 1:200 000 (Галанский, 1990 г.) и 1:25 000 (Холяндра, 1990 г.) с целью создания радиогеохимической основы для прогнозно-геологических работ, уточнения геологического строения и поисков месторождений. По результатам детальных съемок намечено 27 перспективных участков на поиски рудного золота и редких металлов, 14 - на железо и 5 - на коры выветривания. Подмечено закономерное повышение радиоактивности от древних пород к молодым. Максимальными значениями радиоактивности характеризуются щелочные породы беллыкского, лутагского и буеджульского комплексов. Золотое оруденение тяготеет к выступам массивов ольховского комплекса, перспективы которых повышаются при наличии зон калиевого метасоматоза.

В 2001 г. завершен отчет по комплексной аэрогеофизической съемке масштаба 1:25 000, которая выполнена со спутниковой привязкой маршрутов (Марушко, 2001 г.).

В начале 60-х годов на всей площади завершены гравиметрическая съемка масштаба 1:1 000 000, а в 1984 г. - масштаба 1:200 000, выполненные для целей тектонического районирования, оказания помощи геолого-съемочным работам и изучения глубинного строения территории.

Подводя итог проведенным геофизическим работам, следует отметить, что вопрос прямых поисков рудных тел окончательно не решен до настоящего времени. Мешающими факторами являются сложная физико-геологическая обстановка района, отсутствие контрастной дифференциации по физическим свойствам рудных тел и вмещающих пород, слабая контрастность геохимических аномалий, закарстованность территории, наличие даек различного состава. Незначительная амплитуда аномалий от рудных тел обусловлена малыми размерами самих рудных тел, мощным чехлом четвертичных отложений, наличием кор выветривания мощностью более 100 м, зонами окисления и графитизации.

Малая эффективность геофизических методов для прямых поисков рудных тел стимулировала изучение косвенных признаков локализации оруденения. В частности, была установлена зональность физических свойств пород и геофизических полей относительно контакта гранитоидов и вмещающих пород, приуроченность оруденения к погребенным выступам гранитоидов и к узлам пересечения разноориентированных разрывных нарушений.

Стратиграфия

Геологическая характеристика района основывается, главным образом, на материалах Ю.В. Беспалова (1981 г.), В.Н. Воробьева (1992 г.), В.М. Даценко (1999 г.) и С.С. Сердюка (2002 г.).

Площадь Ольховско-Чибижекского рудного узла сложена, преимущественно, венд-раннекембрийскими породами, в меньшей степени, позднерифейскими и девонскими. Они перекрыты рыхлыми неоген-четвертичными отложениями, максимально распространенными на юге и юго-западе района (рис. 3.116).

Лысанская свита (R_3ls). Самыми древними являются метаморфические породы лысанской свиты (бахтинской свиты по Ю.И. Шепомову (1963 г.) и кувайской серии Джебской структурно-фациальной зоны по Ю.В. Беспалову (1981 г.) верхнего рифея. Это метасланцы серицит-хлоритовые, хлорит-эпидотовые, хлорит-эпидот-амфиболовые (парасланцы), амфиболиты, амфиболовые, хлорит-эпидот-амфиболовые сланцы (ортосланцы), базальты. Мощность свиты - 2000-3500 м. Они выходят на поверхность в виде субширотной полосы на севере района в истоках рр. Отрок, Джебь, Колпа, Балахтисон. Контакт с подстилающими породами на сопредельных территориях тектонический. В надвиговых структурах бассейна р. Колпы сланцы слагают аллохтонные пластины, лежащие на более молодых образованиях чибижекской и колпинской свит, расчлененные мощными зонами развальцевания, милонитизации (Воробьев, 1992 г.).

Павловская свита (Vpv). Карбонатные породы свиты обнажены в северо-западной части района в нижнем течении р. Павловки и представлены битуминозными известняками, доломитами, доломитовыми конглобрекчиями с прослоями углеродисто-кремнистых сланцев, конгломератов. Из ископаемых встречаются микрофитолиты второго уровня. Для карбонатных пород характерна повышенная фосфатоносность и битуминозность. Контакты свиты с окружающими породами, в основном, тектонические.

Чибижекская свита (V-$Є_1$čb). Существенно карбонатные породы этой свиты выходят в центральной и юго-западной части района (бассейны рр. Чибижек, Чизан, Шинда, Каспа) в виде полос субширотного направления шириной 0,5-4,0 км с интенсивно проявленной разрывной

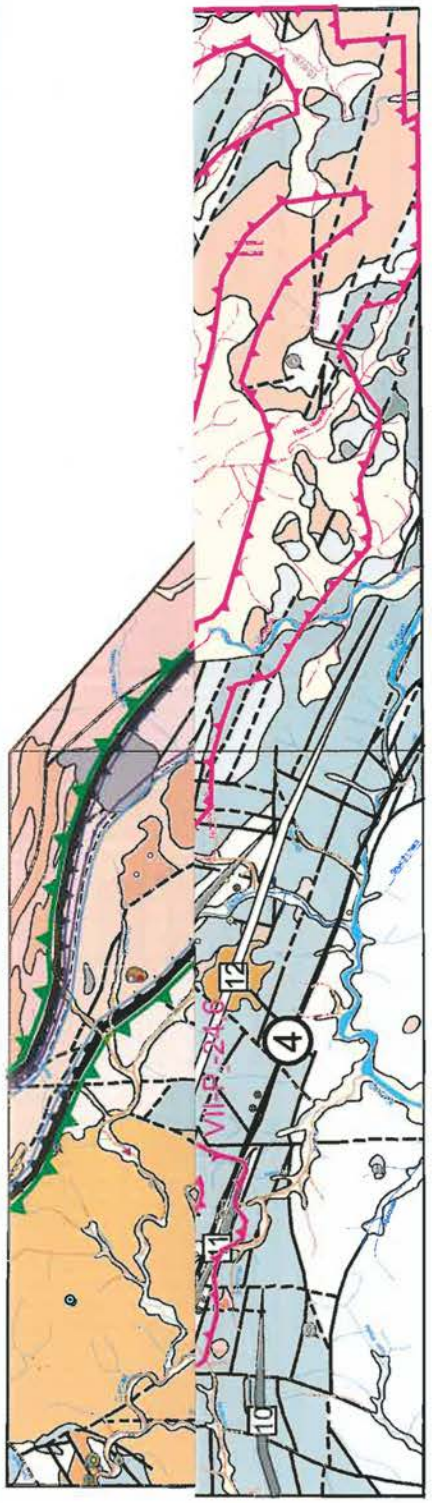


Рис. 3.116. Прогнозная карта Ольховско-Чибижекского рудного района и прилегающих территорий.
(Составили С.С. Сердюк, В.К. Ояберь, С.А. Землянский)

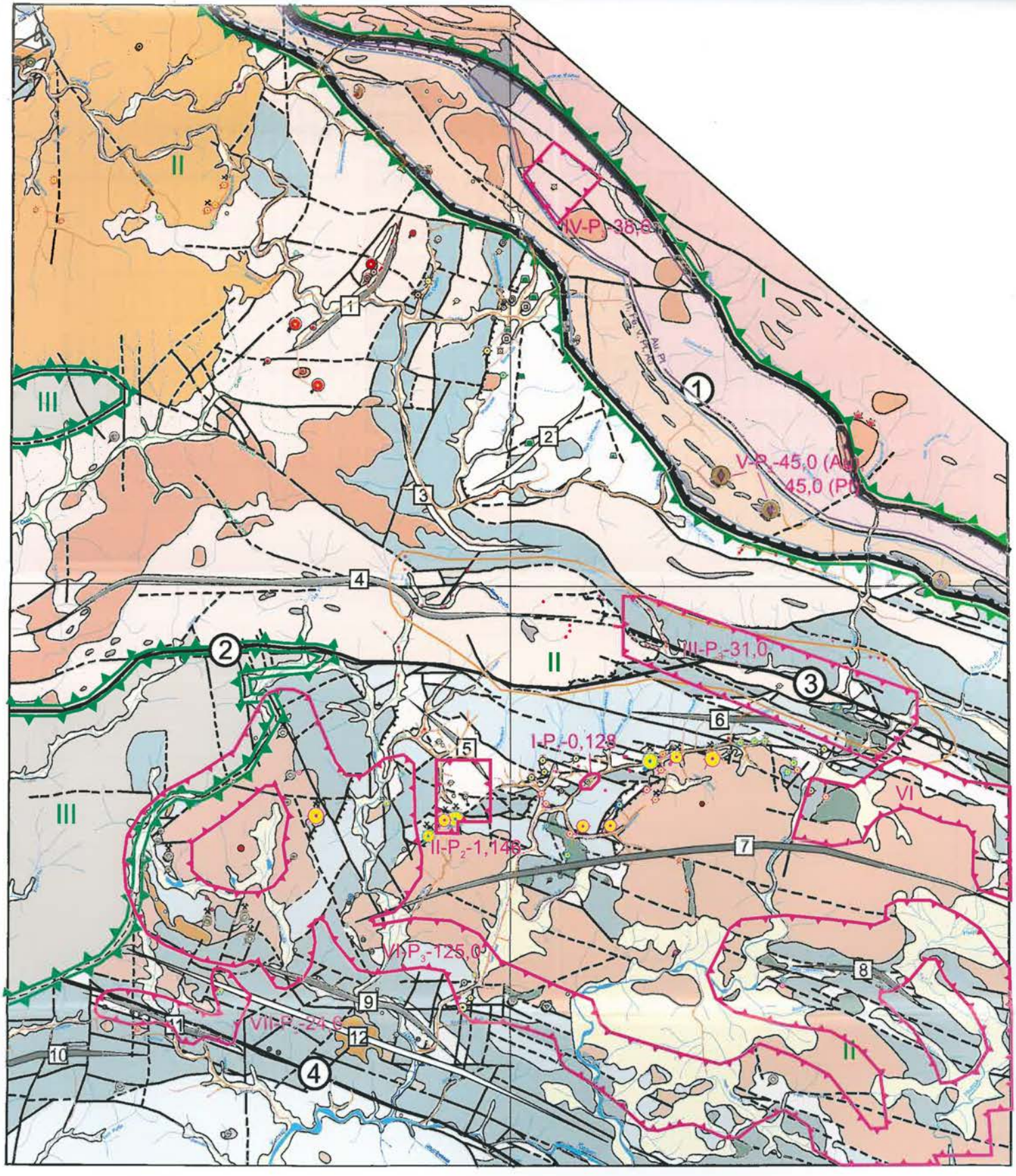


Рис. 3.116. Прогнозная карта Ольховско-Чибижекского рудного района и прилегающих территорий.
(Составили С.С. Сердюк, В.К. Ояберь, С.А. Землянский)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. СТРАТИФИЦИРОВАННЫЕ И МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

СТРАТИФИЦИРОВАННЫЕ ФОРМАЦИИ

- Q — Четвертичные аллювиальные и флювиогляциальные отложения
- D_{1-2} — Базальт-андезит-дацит-трахилипаритовая (быскарская серия)
- $Є_2$ — Терригенно-вулканогенная (базальт-андезит-трахириолитовая) формация (тыгдинская серия)
- $Є_2$ — Туфогенно-терригенно-вулканомиктовая формация (осиновская свита)
- $Є_1$ — Терригенно-рифогенно (известняковая)-вулканогенная (балахтинская, таятская, тарбатская, колпинская свиты)
- R_3-$Є_1$ — Вулканогенно (базальтоидная)-кремнисто-карбонатная (известняково-доломитовая) (чибижекская, павловская, манская свиты)
- R_3 — Известняково-терригенно-вулканогенная (базальтоидная) (нерасчлененная кувайская серия, либо ее метаморфизованные терригенные и карбонатные породы, верхняя подсвита лысанской свиты)
- R_3 — Базальтоидная (спилито-диабазовая) (зеленые сланцы и основные вулканиты кувайской серии и лысанской свиты)
- PR_1 — Метаморфизованная черносланцевая (вулканогенно-карбонатно-кремнисто-терригенная) (жайминская свита)
- PR_1 — Метаморфизованная терригенно-карбонатная (дербинская свита)

МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

- MZ — Щелочных гранитов (окуневский комплекс)
- D_1 — Щелочно-сиенитовая (лутагский комплекс)
- D_1:O_3 — Габбро-монцонит-граносиенитовая (буеджульский комплекс)
- O — Гранитоидная (беллыкский комплекс)
- $Є_2$ — Гранодиоритовых батолитов (ольховский комплекс)
- $Є_1$ — Габбро-диорит-плагиогранитная (табратский комплекс)
- $Є_1$ — Габбро-диорит-диабазовая (шиндинский комплекс)
- R_3 — Габбро-пироксенитовая (лысанский и нижнедербинский комплексы)
- PR_1 — Гранит-мигматитовая (дербинский комплекс)

а — б — Геологические границы: а - достоверные, б - предполагаемые

II. ТЕКТОНИКА

II — Границы структурно-формационных зон: I - Дербинская СФЗ, II - Кизир-Казырская СФЗ, III - Сыдо-Ербинская СФЗ

① ② — Основные дизъюнктивные элементы: 1 - Шовная зона (отрезок Восточно-Саянского глубинного разлома; 2 - Чизанский разлом; 3 - Шиндинский разлом; 4 - Кизирский разлом

а — б — в — Прочие разрывные нарушения: а - достоверные, б - предполагаемые, в - надвиги

7 а — б — Пликативные структуры: а - антиклинали: 1 - Джетская, 4 - Цензыбинская, 5 - Чизанская, 6 - Правочибижекская, 7 - Ольховская, 8 - Верхнечинжебинская, 9 - Чибижекская, 10 - Тыгдинская, 11 - Каспинская; б - синклинали: 2 - Сисим-Павловская, 3 - Козинская, 12 - Красногорская

III. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

РАЗМЕР ОБЪЕКТОВ

Месторождения:

○ уникальные ○ крупные ○ средние ○ мелкие

Прочие объекты:

○ рудопроявления ○ проявления ○ точки минерализации

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ТИП

- ◇ магматический
- ⊙ гидротермальный
- ▽ метаморфизованный
- ○ неясный
- ◈ скарновый
- ⊖ гидротермально-метасоматический
- ⊡ остаточный и инфильтрационный

ФОРМАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ

- ○ золото-кварцевая
- ○ золото-сульфидно-кварцевая
- ○ золото-сульфидная
- ○ золото-гематит-сульфидно-карбонатная
- ○ золото-полиметаллическая

МОРФОЛОГИЯ РУДНЫХ ТЕЛ

- Жилы, жилообразные тела
- Зоны прожилкования
- Линзы, линзовидные тела
- Трубо- и столбообразные залежи
- Пласты, пластообразные тела
- Минерализованные зоны дробления
- Штокверки
- Зоны дробления углеродистые
- Не выяснена
- Наличие остаточной коры выветривания или продуктов ее переотложения

ПОЛОЖЕНИЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ИНТРУЗИВНОГО КОНТАКТА

- ○ Эндоконтакт
- ○ Дальний экзоконтакт (300-1000 м и более)
- ○ Ближний экзоконтакт (0-300 м)

СТЕПЕНЬ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ КОРЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

- ✲ Разрабатываемые
- ✲ Законсервированные
- ✲ Отработанные

ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- золото
- железо
- железо (с золотом)
- титан
- титан (с платиноидами)
- молибден
- полиметаллы
- бериллий, ниобий, цирконий, тантал
- медь
- марганец
- алюминий
- фосфориты
- флюорит
- алмазы
- а — б — в — россыпи золота: а - разведанные, б - отработанные, в - предполагаемые
- россыпи титаномагнетита
- платина в россыпях золота (р. Ко)
- шлиховые пробы с киноварью в аллювии

IV. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА

Прогнозные ресурсы золота категории P_1, P_2 и P_3 в Ольховско-Чибижекском рудном районе

Номер на карте	Название участка	Группы формаций	Категории ресурсов	Ресурсы, т
I	Чибижекский	Экзогенные	P_1	0,128
II	Ольховский		P_2	1,146
III	Колпинский	Эндогенные	P_3	31,0
IV	Крольский		P_3	38,6
V	Лысанское месторождение		P_2	45,0 (Au) 45,0 (Pt)
VI	Канзыбо-Шиндинский		P_3	125,0
VII	Каспинский	Экзогенные	P_3	24,6
	Всего		P_1 P_2 P_3	0,128 1,146 Au - 264,2 Pt - 45,0

- Контуры площадей подсчета прогнозных ресурсов
- Контуры прогнозируемой золото-ртутной формации
- Контуры прогнозируемой золото-сульфидной формации золото-платинового типа в углеродистых толщах
- Контуры прогнозируемой титаномагнетитовой формации с платиноидами

нарушений.
масштаба 1:
альбитизаци
фиксируются
жительными
перспективны
Заверше
площадных
на Джебской
ЧИМ, гамма-
зультате кот
совпадающи
(Василенко,
Основны
зических раб
ки их провед
рой на разро
не затруднен
физических
из которых о
Наряду
большой об
Впервые аэр
ведена Хака
в районе Арт
ные и аэрог
1:50 000 и 1:
ной геофизи
применялись
шенствовани
была внедре
нялись с цел
рованию и в
месторожден
В Ольхов
ведена комп
ба 1:10 000 с
ма-спектроме
татам съемки
ко-Чибижекс
вания. Отме
метрической
наличием мс
дения золот
лях. На Ольх
перспективны
С 1990 г.
ются станци
ются съемки
1:25 000 (Хо
химической
уточнения ге
дений. По р
перспективны
ких металло
Подмечено
от древних
ями радиоак
ды беллыкск
Золотое ору
ховского ком
при наличии
В 2001 г.
зической съе
со спутников
В начале
виметрическ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. СТРАТИФИЦИРОВАННЫЕ И МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

СТРАТИФИЦИРОВАННЫЕ ФОРМАЦИИ

- Q — Четвертичные аллювиальные и флювиогляциальные отложения
- D_{1-2} — Базальт-андезит-дацит-трахилипаритовая (быскарская серия)
- $Є_2$ — Терригенно-вулканогенная (базальт-андезит-трахириолитовая) формация (тыгдинская серия)
- $Є_2$ — Туфогенно-терригенно-вулканомиктовая формация (осиновская свита)
- $Є_1$ — Терригенно-рифогенно (известняковая)-вулканогенная (балахтисонская, таятская, тарбатская, колпинская свиты)
- R_3-$Є_1$ — Вулканогенно (базальтоидная)-кремнисто-карбонатная (известняково-доломитовая) (чибижекская, павловская, манская свиты)
- R_3 — Известняково-терригенно-вулканогенная (базальтоидная) (нерасчлененная кувайская серия, либо ее метаморфизованные терригенные и карбонатные породы, верхняя подсвита лысанской свиты)
- R_3 — Базальтоидная (спилито-диабазовая) (зеленые сланцы и основные вулканиты кувайской серии и лысанской свиты)
- PR_1 — Метаморфизованная черносланцевая (вулканогенно-карбонатно-кремнисто-терригенная) (жаймикская свита)
- PR_1 — Метаморфизованная терригенно-карбонатная (дербинская свита)

МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

- MZ — Щелочных гранитов (окуневский комплекс)
- D_1 — Щелочно-сиенитовая (гутатский комплекс)
- D_1;O_3 — Габбро-монцонит-граносиенитовая (буджукульский комплекс)
- O — Гранитоидная (беллыкский комплекс)
- $Є_2$ — Гранодиоритовых батолитов (ольховский комплекс)
- $Є_1$ — Габбро-диорит-плагиогранитная (габратский комплекс)
- $Є_1$ — Габбро-диорит-диабазовая (шиндинский комплекс)
- R_3 — Габбро-пироксенитовая (лысанский и нижнедербинский комплексы)
- PR_1 — Гранит-мигматитовая (дербинский комплекс)
- а — б — Геологические границы: а - достоверные, б - предполагаемые

II. ТЕКТОНИКА

тектоникой, обычно приурочиваясь к ядрам антиклиналей (Ольховская, Чибижекская, Чизанская, Каспинская). По составу это известняки, доломиты, битуминозные известняки, прослои песчаников, кремней, глинистых сланцев, калькаренитов, известняковых конгломератов, туфопесчаников. В верховьях р. Каспа наряду с ними принимают участие глинистые, хлоритовые сланцы, туфы (Абрамов, 1966 г.) В целом, преобладают массивные известняки, реже встречаются доломитизированные, мраморизованные, серпентинизированные, окварцованные и брекчированные разности, иногда с вкрапленностью сульфидов. Мощность свиты 1500-1600 м.

К этой же свите нами отнесена нижнебалахтисонская подсвита (по Ю.В. Беспалову, 1981 г.).

Нередко карбонатные породы непосредственно контактируют с интрузивными массивами ольховского комплекса, играя важнейшую роль в локализации промышленного золотого оруденения, в частности, на Ольховском, Медвежьем и Константиновском месторождениях.

Колпинская свита (Є,kl). В центральной и восточной части района довольно широко распространены вулканогенно-карбонатно-терригенные породы колпинской свиты - известняки, битуминозные известняки, конгломераты, туфоконгломераты, черные алевролиты, песчаники, углисто-глинистые сланцы, с прослоями черных тонкополосчатых известняков (удаленные турбидиты), общей мощностью до 1500-1800 м. Они выходят на поверхность в виде двух полос субширотного и северо-западного простирания. В породах описаны обломки археоциат и трилобитов алданского яруса базаихского и санаштыкгольского горизонтов, известковые водоросли, микрофитолиты третьего уровня, хиолиты. Контакты ее тектонические, реже свита с размывом и с конгломератами в основании залегает на породах лысанской, чибижекской и павловской свит.

Тарбатская свита (Є,tr). Западнее р. Джебь и в приустьевой части р. Шинды закартированы вулканогенные образования тарбатской свиты - андезито-базальтовые порфириты, диабазы, спилиты, хлоритовые и глинистые сланцы, конгломераты, линзы мраморизованных известняков с фауной археоциат низов нижнего кембрия, доломитов, туфопесчаников. Мощность до 1000-1600 м. Эффузивы испытали зеленокаменные изменения, выразившиеся в хлоритизации, альбитизации, карбонатизации и эпидотизации. Они участвуют в строении Канзыбинской кольцевой структуры, образуя отдельные крупные изолированные блоки, занимающие бассейны рр. Маргоз, Мал. Маргоз, верховья руч. Иван-Петровский и р. Канзыба, также породы вскрыты штольней 52 на Лысогорском золоторудном месторождении (Беспалов, 1981 г.). Контакты практически везде тектонические, но западнее, на листе N-46-XV, отложения тарбатской свиты с конгломератами в основании, перекрывают мраморы и водорослевые известняки шадринской свиты и согласно перекрываются карбонатно-сланцевыми породами камешковской свиты раннего кембрия. Для отложений свиты в Тыгдинской горст-антиклинали характерна сильная фациальная изменчивость по простиранию, наличие мощных зон повышенной трещиноватости с катаклазом, рассланцеванием, милонитизацией, эпидотизацией и хлоритизацией. Крупный блок доломитов обнажается на месторождении Маргоз. В долине р. Мал. Маргоз отложения интенсивно гематитизированы, отмечаются глыбы яшм. Контакты с чибижекской свитой в бассейне р. Джебь осложнены зоной тектонического разлинзования.

Таятская свита (Є,tt). Выходы таятской свиты нижнего кембрия, представленные песчаниками, алевролитами, андезитами, базальтами, их туфами, конгломератами, известняками, отмечаются на юге района, в бассейне правых притоков р. Кизир. Они имеют линейную форму, запад-северо-западное простирание, приурочены к зоне крупного Кизирского разлома, мощность порядка 1000 м. Породы слагают крылья Чибижекской и Каспинской антиклиналей и обнажаются в ядре и на крыльях Красногорской синклинали. Кроме того, отдельные блоки отмечены на месторождениях Рудный Каскад и Знаменское. Сюда нами также условно отнесены преимущественно вулканогенные блоки верхнебалахтисонской подсвиты (по Ю.В. Беспалову, 1981 г.), лежащие в зоне Кизирского разлома. Присутствуют археоциаты санаштыкгольского горизонта и археоциаты, трилобиты и брахиоподы обручевского горизонта (верхи раннего кембрия). Взаимоотношения с нижележащей тарбатской свитой тектонические.

Балахтисонская свита (Є,bl). Карбонатные породы балахтисонской свиты развиты в центральной и западной части рудного района, в меньшей степени, в восточной. Это известняки, известковистые песчаники, мергели, конгломераты, глинистые сланцы, силицилиты, андезитовые порфириты, их литокристаллокластические туфы, туфо- и лавоконгломераты, имеющие мощность до 800 м. В карбонатных породах обильная фауна археоциат, трилобитов, брахиопод, водоросли, микрофауна санаштыкгольского горизонта, хиолиты. Контакты с подстилающими и перекрывающими породами тектонические.

Осиновская свита ($Є_2$os). В центре рудного района, в бассейнах рр. Канзыба, Джебь, Чибижек и около слияния рр. Шинда и Кизир располагаются вулканогенно-туфогенно-терригенные образования осиновской свиты - алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, пестроцветные вулканомиктовые песчаники, кремнистые сланцы, кварцевые порфиры, кислые эффузивы, их туфы, туфобрекчии, силицилиты, линзы известняков, доломитов. Описана фауна брахиопод, трилобитов. Выявлены линзы магнетитовых и кремнисто-магнетитовых руд. Мощность свиты 1500 м, в основании лежат конгломераты. Объем и возраст слагающих осиновскую свиту отложений дискуссионен. К этой свите нами отнесена и существенно терригенная часть верхнебалахтисонской подсвиты (по Ю.В. Беспалову, 1981 г.).

Мощная толща пород осиновской свиты прослеживается в виде субширотной полосы от верховьев р. Чибижек к долине р. Джебь у устья р. Маргоз. В западной части полоса ограничена разломами. Состав: пестроцветные вулканомиктовые песчаники, алевролиты, кремнистые сланцы, зеленоцветные вулканомиктовые алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, алевропелиты, фельзиты, кварцевые порфиры, альбитофиры и их туфы общей мощностью 3000 м. В.И. Воробьевым (1992 г.) эти отложения отнесены к безымянской свите позднего рифея. Вторая полоса выходов окаймляет Канзыбинский массив с запада, юго-востока и востока и представлена вулканогенными, вулканогенно-терригенными породами с разногалечниковыми конгломератами с галькой кварца. Сохраняются реликты вулканических построек центрального типа в районе Одиночного месторождения и на правобережье р. Джебь в районе Лысогорского месторождения. Несколько отличается по составу толща пород, отнесенная к осиновской свите в районе г. Артемовска и в районе Чибижекского месторождения железа. Здесь в составе свиты наряду с кислыми эффузивами, их туфами, появляются прослои известняков, кварцитов, согласные линзы магнетитовой руды. Трансгрессивное налегание терригенно-эффузивных пород на карбонатных отложениях отмечается в районе г. Артемовска, что подтверждается разведочно-эксплуатационными работами.

Возраст отложений осиновской свиты определен как среднекембрийский на основании находок фауны, а также по ее несогласному залеганию на нижнекембрийских, фаунистически охарактеризованных, отложениях балахтисонской свиты.

Тыгдинская серия ($Є_2tg$). Вулканогенная тыгдинская серия (кизирская свита по Ю.В. Беспалову, 1981 г.) развита только на юге рудного района, с южной стороны зоны Кизирского разлома, в бассейне рр. Бол. Ирба, Красная, Каспа и Кизир. Разрез серии представлен андезитами, базальтами, их туфами, андезитовыми и диабазовыми порфиритами, эффузивами кислого и щелочного состава, красноцветными песчаниками и алевролитами с редкими линзами известняков. Мощность серии более 400 м. Характерна четкая структурная приуроченность к вулканогенным (Моломская) и вулкано-плутоно-тектоническим (Кордовская) кольцевым структурам и присутствие зонально расположенных покровных, жерловых и субвулканических фаций (Беспалов, 1981 г.). Контакты с подстилающими нижнекембрийскими отложениями тектонические, по мощным дуговым и кольцевым разломам, редко наблюдаются стратиграфические несогласные взаимоотношения.

Шиндинская свита ($Є_2sh$). В истоках р. Колпы, бассейнах рр. Балахтисон и Мал. Шинда, в зоне Шиндинского разлома, располагаются узкие полосовидные выходы пестроцветных конгломератов, полимиктовых гравелитов и песчаников, редко карбонатных, условно выделяемые в шиндинскую свиту среднего кембрия (Воробьев, 1992 г.). Мощность до 200-700 м. Материал галек - вулканиты, хлоритовые сланцы, кремни, карбонаты. В карбонатных гальках встречены археоциаты атдабанского, ботомского ярусов, солонцовского горизонта. Контакты повсеместно тектонические, так что точные возрастные отношения установить проблематично.

Быскарская серия ($D_{1-2}bs$). На западе рудного района, в бассейнах рр. Бол. Шушь, Отрок, Канзыба и Маргоз, на кембрийских породах со структурным несогласием залегают вулканогенные образования быскарской серии нижнего-среднего девона (мигнинская и сыдинская свиты по В.М. Гавриченкову, 1977 г.). Это риолитовые порфиры, трахиты, дацитовые порфиры, андезитовые и базальтовые порфириты, диабазы, красноцветные и сероцветные песчаники, алевролиты, конгломераты. Мощность до 1500-2000 м. Сюда же нами отнесена маматская свита нижнего девона (Беспалов, 1981 г.), относящаяся к базальной пачке сыдинской свиты нижнего девона, незначительно распространенная в истоках и нижнем течении р. Джебь. Она сложена крупными гальками и валунами интрузивных пород среднего, основного и кислого состава, валунами и глыбами мраморизованных известняков, порфиритов, песчаников и местных пород, на которых залегает.

Мезозой-кайнозой. Коры выветривания

Выделяется 4 ступени рельефа с гипсометрическими уровнями: 400-600 м, 600-900 м, 900-1200 м, 1200-1850 м (Хазагаров, 1969 г.). Наибольший интерес представляет поверхность уровня 600-900 м, характеризующаяся следующими особенностями.

1. На значительных площадях этого уровня обнажены продуктивные рудоносные структуры и верхние части коренных месторождений и рудопроявлений, с размывом которых связаны россыпи района.

2. На отдельных участках этого уровня сохранились древние аллювиальные образования.

3. Повсеместно распространены пестроцветные продукты остаточных кор выветривания - щебнисто-дресвяно-глинистые образования.

В приповерхностных условиях сульфидные тела и кварц-сульфидные жилы превращаются в золотоносный элювий, представленный красно-бурыми глинами с обломками местных пород, среди которых много обломков рудного кварца, сульфидных руд и бурого железняка. Золотоносные коры выветривания, преимущественно, приурочены к контактовой полосе Ольховского и Чибижекского массивов шириной 0,5-1,0 км и локализованы на площадях развития чибижекской и осиновской свит, тяготея к местам пересечения минерализованных разрывов, их мощность от первых метров до 150 м и более. Распространены золотоносные коры выветривания, преимущественно, в субширотном направлении вдоль зоны Ольховско-Чибижекского разлома с оперяющими и секущими нарушениями.

Над гранитоидами ольховского комплекса повсеместно распространена площадная кора выветривания остаточного типа мощностью до нескольких десятков метров, иногда более 100 м, перекрытая делювиальными образованиями мощностью до 55 м. В строении коры выветривания выделяются следующие зоны: 1 - затронутые выветриванием интрузивные породы, 2 - зона каолинитизации, 3 - зона каолинитов, представленная пестроокрашенными песчано-глинистыми образованиями с примесью гидроокислов железа.

У южного контакта Ольховского массива на площади золоторудного месторождения Красная Речка выявлены линейные коры выветривания по субширотным тектоническим нарушениям, вскрытые до глубины 20-45 м, с новообразованиями лимонита, гидроокислов марганца, гипса, каолинита

Каспинская свита (N_2-Q_1ks). В Каспинской впадине (депрессии), охватывающей бассейны рр. Тарбатка и Каспа, поисковыми работами на бокситы вскрыты отложения каспинской свиты (слюсаревская свита по М.С. Абрамову (1966 г.)). Они выполняют небольшие переуглубленные участки рельефа. Происхождение озерно-болотное и озерное, представлены они плотными лигнитовыми глинами темно-зеленого, темно-синего и темно-серого до черного цветов с прослоями торфяников и бурых углей с многочисленными растительными остатками, с глинистыми продуктами переотложения коры выветривания. Мощность 8-15 м. Возраст определен споро-пыльцевым и палеокарпологическим анализами по участку Бокситовому (Абрамов, 1966 г.).

Ранне- и среднечетвертичное звенья нерасчлененные (Q_{I-II}). Это продукты переотложения коры выветривания, озерные, болотно-аллювиальные и древние делювиальные отложения. Продукты переотложения коры выветривания - пестроцветные глины с редкими обломками лидитов, кварцитов, бурыми железняками, оолитами псиломелана и обломками каменистых бокситов. На месторождении Рудный Каскад с ними связаны валунчатые магнетитовые руды.

Озерные отложения распространены в бассейнах рр. - Каспа, Канзыба, Чибижек, Ирба, Шушь - это плотные тяжелые суглинки и глины желто-бурого, серого, темно-бурого и коричневого цвета, слоистые, с костями крупных млекопитающих, иногда с прослоями и линзами песка с пресноводными моллюсками. Мощность менее 25 м.

Древний делювий представлен обломочным материалом палеозойских пород, сцементированным глинами. Имеет мощность 2-10 м, залегает над продуктами переотложения кор выветривания или под озерными глинами каспинской свиты.

Древний аллювий мощностью до 10-30 м отмечается в долинах ручьев Березовый, Тинсук и других, нередко золотоносен.

Аналогичные по возрасту образования на востоке района представлены моренными и флювиогляциальными отложениями Азасского и Каахемского оледенений в троговых долинах горного рельефа и в Нижне-Чинжебинской впадине, имеющими мощность до 100 м.

Верхнечетвертичное звено (Q_{III}). Представлено эловыми и аллювиальными террасовыми образованиями. Эловые лессы и лессовидные суглинки покрывают значительную часть на юго-западе рудного района в бассейне р. Канзыбы, где имеют мощность до 40 м. II и III надпойменные террасы фрагментарно сохранились в долинах рр. Отрок, Шушь, Кизир. Аллювий II надпойменной террасы 45-метрового уровня р. Кизир представлен галечно-песчаной толщей серо-желтого цвета видимой мощностью 14,3 м, с костями крупных млекопитающих и раковинами моллюсков. Аллювий III надпойменной террасы р. Кизир 80-метрового уровня представлен пестроцветными каолинитовыми глинами с галькой и валунами различных пород размерами 3-30 см, выветрелых до глинистого состояния. Мощность 12-16 м.

Верхнечетвертичное-современное звенья нерасчлененные (Q_{III-IV}). Представлены широко распространенными элювиальными, делювиальными, солифлюкционными, коллювиальными образованиями, аллювием I надпойменной террасы. Аллювиальные террасы, сложенные галечниками, песками, глинами, хорошо дешифрируются в долине р. Шинды, где мощность рыхлых отложений превышает 10 м, а также в долинах рр. Балахтисон, Чибижек, Кизир, Джебь, Тарбатка и Каспа. Отдельные террасы золотоносны.

Современное звено (Q_{IV}). Галечники, пески и глины современного звена распространены во всех долинах рек и ручьев, имеют мощность до нескольких метров, и нередко вмещают золотоносные россыпи (бассейны рр. Чибижек, Чизан, Каспа, Тарбатка).

Интрузивные образования

В Ольховско-Чибижекском рудном районе около 30% площади занимают интрузивные образования лысанского, шиндинского, ольховского, беллыкского и сайбарского комплексов, а также субвулканические тела и многочисленные дайки основного, среднего и кислого состава.

Лысанский комплекс (R_3l). Включает небольшие тела на междуречье рр. Сыда и Отрок, на правобережье р. Колпы, на левобережье р. Шинды. Размеры тел в длину 300-800 м, в ширину до 200-400 м, форма линзовидная, залегание согласное и субсогласное. Они сложены амфиболитизированными габбро, реже горнблендитами. Абсолютный возраст габбро и горнблендитов - 250 и 294 млн. лет соответственно (Беспалов, 1981 г.). В верхнем течении р. Балахтисон породы комплекса слагают Кедранский массив длиной более 5 км при ширине 0,5 км, контакты его круто (65-85°) падают на северо-восток, очертания довольно прямолинейные. Массив сложен роговообманковым габбро, титаномагнетитовыми пироксенитами и серпентинитами, плагиоклазитами. В бассейне р. Колпы и на левобережье р. Шинды картируются мелкие линзовидные тела габбро-амфиболитов, серпентинитов, габбро, диоритов, условно отнесенные к лысанскому комплексу. Породы часто перемяты, отальк ованы, хлоритизированы, контакты тектонические. В связи с лысанским комплексом выявлены месторождения титаномагнетитовых руд - Лысанское (за пределами района) и Кедранское.

Шиндинский субвулканический комплекс ($Є_1s$). В составе шиндинского комплекса объединяются мелкие тела, штоки, дайки, сложенные метадиоритовыми и метагаббровыми порфиритами, габбро-диабазами, микроплагиогранит-порфирами, гранодиорит-порфирами, гранит-порфирами, метасоматическими плагиоклазитами (?). Становление комплекса происходило в два этапа. В первую фазу сформировались породы среднего и основного состава, во вторую - гранитоидного ряда. Предполагается комагматичность комплекса тарбатской свите (Беспалов, 1981 г.), а В.Н. Воробьев (1992 г.) предполагает его субвулканичность раннекембрийскому табратскому комплексу (первой фазе ольховского комплекса). Тела группируются в двух местах: на левобережье р. Тарбатки, где являются комагматами тарбатской свиты, и в бассейне р. Шинды. В первом случае вмещающими являются серые, зеленовато-серые, реже лиловые расслоенные эффузивы среднего, реже основного состава, их туфы, туфобрекчии, лавобрекчии и лавоконгломераты тарбатской свиты, слагающие Тыгдинскую горст-антиклиналь. Здесь темно-зеленые диориты и габбро-диориты образуют силлы и дайкообразные тела, трудно отличимые от вмещающих эффузивов. В бассейне р. Шинды (листы N-46-57-В и N-46-68-А) развиты тела, как первой, так и второй фаз. Контактовое воздействие из-за небольших размеров слабое. Полезные ископаемые не выявлены.

Осиновский субвулканический комплекс. Сложен габбро-диабазами, выявлен на западном фланге железорудного месторождения Маргоз и по р. Кизир напротив устья руч. Бол. Барни в виде небольших штоко- и дайкообразных тел площадью до 0,3 км². Полезных ископаемых в связи с ними не выявлено.

Ольховский комплекс ($Є_2o$). Этот комплекс наиболее широко распространен в районе, слагает крупные Канзыбинский, Ольховский, Чибижекский массивы, а также ряд более мелких массивов и интрузивных тел. Петротипом ольховского комплекса считаются Ольховский и Чибижекский массивы, слагающие западную часть крупного (120x10-25 км) мезоабиссального лополитообразного Шиндинского плутона, имеющего сложную конфигурацию. Интрузия Шиндинского плутона многофазная. Несмотря на достаточно хорошую изученность, объем и количество интрузивных фаз дискутируется. Работы последних лет (Даценко, 1988 г.) показывают, что к первой фазе относятся габбро, габбро-нориты, габбро-диориты и диориты, сохранившиеся, преимущественно, в эндоконтактовых зонах, останцах кровли и автолитах, захваченных породами второй интрузивной фазы. Доля их в объеме плутона составляет 5-8% на западе и возрастает до 25-30% на востоке. Вторая интузивная фаза представлена гранодиоритами (15% объема фазы), тоналитами (8-10%), адамеллитами (15-20%), гранитами и плагиогранитами (50-60%). Это средне- и крупнозернистые, массивные породы светло-серого цвета, имеющие в большинстве случаев фациальные взаимоотношения. Более кислые разности обычно тяготеют к ядерным частям массива. Третья фаза представлена лейкогранитами и лейкоплагиогранитами, слагающими небольшие по размерам штоки в наиболее крупных массивах комплекса. Это резко порфировидные с мелкозернистой основной массой породы, содержащие в порфировых выделениях кварц и альбит-олигоклаз.

Основное отличие химизма пород эндоконтактов массивов от пород центральной части плутона заключается в резком снижении кремнекислотности за счет увеличения доли Fe, Mg и Ca. Породы, расположенные вблизи золоторудных тел, характеризуются более высоким содержанием Si, Ca, Na, Fe и Mg, по-видимому, за счет перераспределения и привноса их гидротермальными послемагматическими растворами. Здесь широко проявились процессы альбитизации, серицитизации, хлоритизации, березитизации, окварцевания и карбонатизации. Гранодиориты, тоналиты в отличие от гранитов повышенной основности

характеризуются значительными содержаниями V, Co, Ni, Cr, Sr, Cu, Pb, Zn, Bi, а в кварцевых диоритах дополнительно появляются Mo и Sn. Для гранитов свойственны примеси Pb, Mo, Ba, Zr, Y и La. Отношения Cu/Zn сокращаются от пород ранних интрузивных фаз к поздним, а Co/Ni и Sr/Ba отношения напротив, возрастают. Вблизи золоторудных месторождений в них накапливаются Cu, Zn, As, Ti, Mn, Au и Ag. Лишь на участках сплошной альбитизации содержания Au сокращаются в породах в 1,3-1,5 раза.

Геохимические особенности гранитоидов позволяют отнести (Даценко, 1988 г.) родоначальную магму пород комплекса к андезитовому (подкоровому) геохимическому типу. Кроме того, высокие содержания Rb, Y, Nb и магнетита в гранитах, а также их петрохимические особенности позволяют считать, что формирование его происходило в надсубдукционных условиях активной континентальной окраины.

По взаимоотношению к породам ольховского комплекса различают три возрастные группы дайковых и жильных образований - доинтрузивные, согласные со временем становления интрузии и послеинтрузивные. Дайки доинтрузивного этапа размещены во вмещающих породах и представлены диабазами, диабазовыми порфиритами, габбро-диоритами, кварцевыми диорит-порфиритами. Дайковые тела, согласные со временем становления ольховского комплекса, по петрографическому составу являются аналогами близбатолитовых штоков и сложены спессартитами и микроспессартитами. Дайки послеинтрузивного этапа встречаются редко и располагаются в контактовой зоне интрузии, ширина которой достигает 2,0-2,5 км. Среди них выделяются диабазы, лабрадоровые и авгитовые порфириты, ортофиры. Дайки, сложенные диабазами и диабазовыми порфиритами, выявлены в западной части г. Золотой. Дайка габбро-диоритов выявлена на 19 геологическом участке Ольховского месторождения (Тимофеевский, 1941 г.).

Результаты определения абсолютного возраста ольховского комплекса (млн. лет) приведены ниже. Канзыбинский массив: габбро 1-й фазы - 386, гранит 2-й фазы - 300, адамеллит 2-й фазы - 383, по В.А. Зонову (1963 г.) по Г.В. - Полякову (1971 г.) кварцевые диориты - 475, граниты - 505 и 583. Ольховский массив: кварцевый диорит 2-й фазы - 411, плагиогранит 3-й фазы - 351 и 401, по Крюкову и др. (1962 г.) и Шелковникову (1964 г.) гранитоиды - 522 (Беспалов, 1981 г.). Чибижекский массив вблизи Ныpдинских болот: кварцевые диориты, тоналиты окраины массива по амфиболу - 552, по биотиту и циркону - 476-502; в целом, по нескольким интрузивным массивам колебания возраста составляют 515-544 млн. лет, то есть в интервале среднего-позднего кембрия (Воробьев, 1992 г.).

Данный комплекс формировался в условиях активной континентальной окраины. С ним связаны многочисленные железорудные месторождения, месторождения и проявления золота, проявления молибдена, меди и полиметаллов.

Канзыбинский массив площадью 75 км² сложен среднезернистыми гранодиоритами и кварцевыми диоритами второй фазы в краевой части массива (45% площади) и крупнозернистыми гранитами и среднезернистыми адамеллитами и плагиогранитами третьей фазы (55% площади). Контакты массива тектонические или падают под углами 60-700, выполаживаясь на глубине до 800-1000 м. Форма лакколитообразная, подводящий канал по геофизическим данным предполагается в верховьях руч. Дурной. Предполагается слияние массива с интрузивными телами бассейна верховий р. Каспа. Анализ протолочек из гранитов показывает наличие магнетита (8300-15000 г/т), пирита (или ед. знаки или до 33 000 г/т и более), гематита, сфена (до 580-690 г/т), ильменита (ед. зн.), ортита (редко до 330 г/т), знаков халькопирита, лейкоксена, флюорита, рутила, анатаза, лимонита (Беспалов, 1981 г.). Канзыбинский массив создает мощный контактовый ореол роговиков и ороговикованных пород шириной 500-1500 м. На правобережье руч. Иван-Петровский в породах второй фазы массива полого падающие в сторону вмещающих пород трещины северо-восточного простирания выполнены кварцевыми жилами мощностью до 1 м с сульфидной минерализацией и золотым оруденением (Лысогорское месторождение).

Ольховский массив площадью около 130 км² приурочен к ядру Ольховской антиклинали с выходами пород чибижекской свиты. Массив представляет собой пологое уплощенное межформационное тело, приуроченное к поверхности несогласия между отложениями чибижекской и осиновской свит. Он состоит из двух соединяющихся вблизи поверхности интрузивных тел, сформированных в пределах синклинальных складок и имеющих самостоятельные дискордантные глубинные «ножки». Развитые в центральной части массива карбонатные и вулканогенно-осадочные отложения слагают ядерную часть антиклинальной складки и являются его почвой. В тектонически нарушенных участках контакта плутона часто образуются достаточно крупные интрузивные выступы и апофизы, форма и строение которых контролируется разрывными нарушениями.

Южный контакт массива полого падает под вмещающие породы с образованием ореола ороговикования шириной до 2 км с апофизами гранитоидов внутри. Породы рамы изменены с образованием хиастолит-кордиеритовых (по алюмосиликатным породам), тремолит-диопсидовых (по карбонатным породам) роговиков и грюнерит-магнетитовых пород (по железосодержащим вулканогенно-осадочным породам). Северный контакт массива в бассейне р. Котой с поверхности пологий, 30-400, осложнен многочисленными вертикальными апофизами, на глубине 190-200 м подворачивается под массив с углом падения 75-800. Западнее, на водоразделе руч. Ольховка и Тинсук, контакт массива субвертикальный, осложненный слепыми апофизами. Северо-западный контакт с поверхности крутой, на глубине 200-400 м под углами 30-700 падает под массив, осложнен многочисленными апофизами, вмещающие породы ороговикованы на ширину 200-300 м и окварцованы. Карбонатные породы скарнированы и мраморизованы. Падение западного контакта на правобережье р. Джебь не ясно. В пределах массива известны вторая и третья интрузивные фазы ольховского комплекса. Вторая - кварцевые диориты и трондьемиты в виде небольших тел в западной части массива. Третья - плагиограниты с переходами к адамеллитам и гранитам. В протолочках встречены магнетит (до 4200 г/т), знаки циркона, гематита, пирита, единичные знаки лимонита, сфена, халькопирита, ильменита, лекоксена и апатита. Процессы автометасоматоза - амфиболизация и биотитизация с наложенной на них эпидотизацией, затрагивают как вмещающие породы, так и породы массива (Беспалов, 1981 г.)

С Ольховским массивом связано формирование серии дайковых пород двух этапов. К первому относятся гранит-порфиры и мелкозернистые граниты, на месторождениях Ольховском и Медвежьем приуроченные к радиальным, по отношению к массиву, трещинам и разрывам. Длина даек гранит-порфиров 50-350 м. Дайки второго этапа представлены диоритовыми порфиритами и микродиоритами серого до черного цвета.

Чибижекский массив площадью более 200 км² расположен на водоразделе рр. Чибижек-Шинда (Екатерининский хребет) и протягивается на восток, охватывая г. Москву. Северный и западный контакт интрузива имеют сложное апофизное строение, нередко контакты северо-западного простирания тектонические, с падением под массив под углом 30-700. Массив сложен породами всех трех интрузивных фаз, причем первая образует достаточно обособленные тела, выделяющиеся В.Н. Воробьевым (1992 г.) в самостоятельный табратский комплекс раннего кембрия. Вторая фаза, представленная кварцевыми диоритами, плагиогранодиоритами и плагиогранитами, слагает краевые части массива шириной 1-2 км. Внутренние части массива сложены адамеллитами, гранитами, лейкогранитами третьей фазы. Вмещающие массив породы прорваны большим количеством даек диоритов, микродиоритов, диоритовых порфиритов, диабазов, габбро, спессартитов, гранодиоритовых порфиров, гранит-порфиров. Количество даек уменьшается в интрузивных породах от ранних фаз к поздним. Контактовое воздействие проявилось интенсивно. Нормальные роговики по терригенным породам образуются в зоне шириной до десятков метров, далее породы в той или иной мере ороговикованы. На контактах с карбонатными породами проявляется скарнирование, мраморизация.

Беллыкский комплекс (Obl). Существенно гранитный, комплекс образует лополитообразные тела в северо-западной окраине рудного района в бассейне р. Сыда, на дальнем западном фланге рудного района. Глубина подошвы тел 1-3 км, становление их происходило в мезоабиссальных условиях. Выделяется две фазы: первая - диориты, гранодиориты и адамеллиты и связанные с ними гибридные сиенито-диориты в эндоконтактах массивов, вторая (главная фаза) - средне- и крупнозернистые граниты и лейкограниты. Жильная фаза образована мелкими штоками и жильными телами мелкозернистых лейкогранитов, гранит-порфиров, граносиенитов. Небольшие тела (сателлиты) кварцевых диоритов, диоритов и амфиболитизированного габбро могут принадлежать иному комплексу, хотя Ю.В. Беспаловым (1981 г.) они относятся к первой фазе беллыкского комплекса. Геодинамически породы попадают в поле внутриплитных гранитов, формирующихся в условиях растяжения (Даценко, 1988 г.).

Радиологический возраст (Rb/Sr) гранитов Беллыкского массива (за пределами района) - 465 млн. лет соответствует ордовику. С комплексом связано молибденовое оруденение, есть перспективы на полиметаллическое и золотое.

В Ольховско-Чибижекском районе комплекс представлен крайним юго-западным окончанием Верхнесыдинского массива и его сателлитами в бассейне р. Тихтибы. Располагается среди зеленых сланцев и амфиболитов лысанской свиты позднего рифея. В бассейне р. Тихтиба возможен подворот контакта под массив, а юго-восточный контакт довольно полого погружается на юго-восток, под вмещающие породы. Контакт с вмещающими породами активный, обычно ровный прямолинейный, резкий, нередко сложной формы - с глубокими заливами и апофизами, жилами. В протолочках присутствуют: магнетит (1560-6600 г/т), пирит (до 90 г/т), циркон (100-160 г/т), сфен (0,4-120 г/т), ильменит (2-130 г/т), лейкоксен (ед. зн. до 4 г/т), апатит (5-9 г/т), гематит (120-170 г/т), халькопирит (ед. зн.), молибденит, редко лимонит, рутил, корунд, монацит (0,3 г/т), тантало-ниобаты (Беспалов, 1981 г.).

Наиболее сильные изменения на контакте с гранитами и гранодиоритами. Зеленые сланцы и эффузивы превращаются в роговики биотитовой фации. Контакты габбро и сланцев обычно резкие и четкие, ширина зоны осветления около 20 см. Эндоконтактовые изменения сводятся к уменьшению зернистости и содержания темноцветов в гранитах, рассланцовке и появлению гнездообразных скоплений роговой обманки в диоритах, появлению шлировых скоплений темноцветов, ориентировкой их кристаллов параллельно контакту с появлением полосчатых и шлировых текстур в габбро. Ширина зоны изменений до первых метров.

Сайбарский комплекс (D_1s). Ранее на рассматриваемой площади он выделялся как ирбинский комплекс (D1-2 ir) (Беспалов, 1981 г.). Комплекс представлен на юго-западе рудного района в виде небольших по площади тел изометричной и вытянутой формы. Массив г. Воронок расположен в излучине р. Джебь южнее устья р. Канзыба, изометричный в плане, имеет площадь 6 км². Это интрузивный купол, сложенный средне- и мелкозернистыми граносиенитами. Ширина контактового ореола около 200 м. Сиениты образуют дайки и мелкие апофизы, прорывающие граносиениты. Краснокаменский массив протягивается в виде дуги с севера на восток более чем на 13 км по водоразделу рр. Каспа и Канзыба при ширине менее 900 м и площади 4 км². Ориентировка массива подчеркивает кольцевую вулкано-плутоно-тектоническую структуру. Контакты массива вертикальные или субвертикальные, активные. Он сложен кварцевыми сиенитами и граносиенитами с жилами сиенит-порфиров. В протолочках непостоянное присутствие титаномагнетита (до 7300 г/т), магнетита (до 160 г/т), гематита (до 810 г/т), апатита (до 160 г/т), знаки и единичные знаки циркона, пирита, лимонита, сфена, редко - лейкоксена, ортита, рутила и пирротина (Беспалов, 1981 г.).

Дайковый комплекс (D_2). Комплекс включает дайки среднего и основного состава в верховьях р. Канзыба среди отложений быскарской серии. Это крупное дайкообразное тело мощностью до 200 м, приуроченное к зоне субмеридиональных нарушений, сложенное темно-серыми до черных габбро-порфиритами. Возраст определяется на основании прорывания ими вулканитов быскарской серии и интрузивных образований сайбарского комплекса. Полезные ископаемые в связи с дайками комплекса не выявлены.

Региональный метаморфизм

Регионально метаморфические преобразования проявлены лишь в породах лысанской свиты позднего рифея на севере рудного района. Свита сложена двумя толщами: нижняя вулканогенно-метаморфогенная - основные вулканиты, ортосланцы с прослоями парасланцев, верхняя осадочно-метаморфогенная - парасланцы, филлитизированные песчано-сланцевые отложения с прослоями ортосланцев. Степень метаморфизма отложений неоднородна, но, в целом, соответствует фации B_4 по В.С. Соболеву. Четкой границы между толщами не установлено. Породы нижней толщи интенсивно рассланцованы вдоль окраины Кизир-Казырской СФЗ и, вполне вероятно, что в ней наряду с собственными образованиями, имеются динамометаморфизованные фрагменты верхней толщи и других свит.

Наряду с метаморфическими толщами, пачками с трудно восстановимой стратиграфической последовательностью и достаточно условной идентификацией первичных пород, фиксируются довольно крупные блоки, реликты, фрагменты с более низкой стадией метаморфизма, (например, фрагменты зеленокаменно измененных базальтов на левом водоразделе р. Колпа). В относительно слабо метаморфизованных фрагментах распознаются осадочные породы, местами похожие на породы колпинской и осиновской свит.

Гидротермально-метасоматические образования

Весьма распространены в районе разнообразные гидротермальные и метасоматические изменения пород - скарнирование, окварцевание, березитизация, карбонатизация, углеродизация, в меньшей степени, аргилли-

зация, пропилитизация и грейзенизация. Из них для железорудных месторождений характерно скарнирование, реже ороговикование, для золоторудных - березитизация, окварцевание, реже карбонатизация, углеродизация, аргиллизация и пропилитизация, для молибденовых - окварцевание и грейзенизация.

Скарнирование преимущественно развивается в экзоконтактах массивов ольховского комплекса в виде сплошных или прерывистых полос или отдельных участков на многих месторождениях и рудопроявлениях района (Ольховское, Константиновское, Медвежье, Каратавское, Верхне-Чинжебинское и др.).

По периферии Канзыбинского массива широко проявлено скарнирование, приуроченное к контактам пород первой фазы с породами рамы, развивающееся на некотором удалении в экзоконтакте. Скарны картируются в виде неправильной формы тел мощностью от первых десятков сантиметров до десятков и сотен метров. Вдоль южного контакта (Восточный участок месторождения Рудный Каскад) преобладают магнетит-гранатовые скарны с амфиболом, к западу и с глубиной содержание граната уменьшается при увеличении количества роговой обманки. На Центральном участке месторождения содержание граната и роговой обманки одинаково, а уже на Западном участке это преимущественно магнетит-амфиболовые скарны. Вдоль западного контакта массива (месторождение Одиночное) над диоритами второй фазы, вскрытыми на глубине порядка 800-1000 м, расположена вертикальная зона скарнов мощностью 50-200 м, субпараллельная контакту гранодиоритов. В составе скарнов преобладают магнетит и роговая обманка, лишь у поверхности появляется гранат. Магнетит образует мономинеральные тела, окаймленные гранатовыми и амфиболовыми скарнами. На глубине тела выклиниваются. Скарнирование диоритов происходит обычно по трещинам, со значительной долей эпидота. Вдоль восточного контакта скарны локализуются в виде отдельных участков как среди вмещающих пород, так и по их ксенолитам. В пределах Пестринского рудопроявления железа кварцевые диориты второй фазы, прорванные гранитами третьей, содержат два изометричных участка скарнов размерами 60х250 м с многочисленными телами магнетитового состава и таких же размеров ксенолиты известняков и роговиков. В разрезе это крутопадающие тела северо-западного простирания. Вдоль северного контакта Канзыбинского массива на контакте известняков с гранитами и кварцевыми диоритами вокруг субширотного тела первых образуется оторочка скарнов, состоящих из пироксена, актинолита, эпидота и магнетита, в котором выделяются мелкие тела существенно магнетитовых скарнов с пироксеном, сульфидами и кальцитом мощностью в первые десятки метров (Беспалов, 1981 г.).

На контактах Ольховского и Чибижекского массивов скарнирование гораздо слабее, чем вокруг Канзыбинского массива. Скарны размещаются на контакте с карбонатными породами, обычно маломощные, до первых метров, а чаще это слабо скарнированные породы в виде полосы шириной первые десятки метров. Около Ольховского массива они встречаются небольшими участками вдоль всего северного контакта и в ряде мест южного контакта. На северном контакте распространены диопсидовые, диопсид-гранатовые и гранат-диопсид-везувиановые скарны. Реже выделяются тремолитовые, скаполитовые и волластонитовые скарны и скарнированные породы. Вдоль южного и западного контактов отмечаются диопсидовые и гранатовые магнетитсодержащие скарны (Беспалов, 1981 г.).

Окварцевание проявлено как в виде сплошного прокварцевания пород, так и в виде кварцевого прожилкования. Прокварцевание типично для карбонатных и сланцевых пород вблизи контактов интрузивных тел или вдоль тектонических нарушений. Нередко окварцованные породы тонко раздроблены или брекчированы, а обломки находятся в кварцевом агрегате. В ряде мест окварцевание сопровождается гематитизацией и сульфидизацией (Константиновское месторождение, правобережье низовьев р. Балахтисон).

Кварцевые прожилки, жилы и зоны березитизированных интрузивных пород характерны для золото-сульфидно-кварцевых месторождений и рудопроявлений (Лысогорское, Высота 830, Ивановское, Дистлеровское), а также для отдельных участков золото-сульфидных месторождений (Золотой Конек-1 Ольховского месторождения, участки Интрузивный и Семеновский Константиновского месторождения). Эти гидротермально-метасоматические образования пространственно и генетически тесно взаимосвязаны, возникая в зонах разрывных нарушений. Как правило, кварцевые жилы и прожилки располагаются в зонах березитизации и представляют собой невыдержанные по мощности тела, часто субпараллельные. Протяженность жил до 100 м, мощность жил и прожилков от 2-5 см до 0,7-0,9 м и более. Морфология и элементы залегания зон и кварцевых жил отличаются на разных объектах. Процесс березитизации выражается в окварцевании, серицитизации, карбонатизации и сульфидизации гранитоидов, диоритов и даек диоритовых порфиритов. Структура становится тонкозернистой, цвет пород меняется на серо-зеленоватый. Ширина ореола березитизации от 0,2 м до нескольких метров и более. Березитизация зачастую сопровождается хлоритизацией. В общем случае выделяются зоны: центральная - пирит-серицит-кварцевая, средняя - карбонат-серицит-кварцевая, периферическая - зона хлоритизации. На Лысогорском месторождении хлориты являются сингенетичными рудообразованию и развиваются на уровне максимального рудоотложения, замещая внутренние зоны березитов, а также на участках выклинивания рудных тел. Березиты, жилы и березитизированные дайки очень часто золотоносны.

Кварцевые жилы, залегающие в сланцах или терригенных породах (рудопроявления Колпинское, Средне-Колпинское и Высота 855) не имеют ореола березитизации, но вмещающие породы вокруг жил смяты, брекчированы, окварцованы, сульфидизированы.

Зона развития углеродистых пород субширотного направления приурочена к северной экзоконтактовой части Ольховского и Чибижекского массивов. Она протягивается с запада на восток на 15 км от месторождения Медвежье до Константиновского, но на поверхности эти породы встречаются крайне редко, большая часть информации получена по керну поисковых скважин (Даценко, 1988 г.). Размещение зоны подтверждается аномалиями градиента ВП и геологически трактуется, как область контакта осиновской и чибижекской свит, сорванная системой ступенчато погружающихся тектонических нарушений (Ольховско-Чибижекский разлом). Углеродистые породы представляют собой серые, темно-серые, зеленовато-серые и черные неравномерно окрашенные, обычно грубо брекчированные образования. Размеры обломков от долей мм до 3-5 см, плохо различимы на фоне цементирующей массы. Можно определить, что обломки сложены карбонатами, кварцитами, метавулканитами, роговиками. Вся масса породы нередко рассечена разноориентированными кварц-карбонатными прожилками мощностью 1-5 мм, с вкрапленностью пирита и пирротина. Выделяются углеродистые породы с содержанием углеродистого вещества (УВ): 1 - УВ более 10%, 2 - УВ 5-10%, 3 - УВ 3-5%, 4 - УВ 1-3%, 5 - УВ менее 1%.

Тектонические дислокации сопровождались локальными метаморфическими приразломными преобразованиями биотитовой и хлоритовой субфации зеленосланцевой фации. Явления приразломного метаморфизма и брекчирование наложены на контактово-метасоматически измененные породы. В свою очередь, на них наложена сульфидная минерализация и слабые гидротермально-метасоматические процессы. УВ при этом сегрегируется и перераспределяется, локализуясь в благоприятных для концентрации участках. Первичными источниками УВ могли быть высокоуглеродистые силицилиты или карбонатные породы низов разреза, а также, вероятно, отложения жайминской свиты; возможны и более глубинные источники.

Карбонатизация, калишпатизация, альбитизация, серпентинизация и пропилитизация, отмеченные в районе ряда золоторудных месторождений, развиты незначительно.

На южном контакте Ольховского массива в районе месторождения Красная Речка сформирован сложный комплекс метасоматитов. К центральным зонам, сложенным магнетитовыми, сульфидными и кварцевыми метасоматитами, приурочены повышенные концентрации золота и его элементов-спутников. Мощность этих зон до 15-30 м, протяженность до сотен метров, по падению до 15-250 м, с расстоянием между ними 10-100 м. Они окружены полями березитов и пропилитов суммарной мощностью 300-400 м, с глубиной мощность уменьшается (Белозерцев, 1998 г.).

Магнетитовые метасоматиты, вскрытые в верхних частях зон метасоматоза, представляют собой линзовидные, расширяющиеся вверх по разрезу тела, сложенные пятнисто-гнездово-полосчатыми скоплениями магнетита (4-30%) с фаялитом, грюнеритом, примесью тремолита, альбита, кварца, субщелочных амфиболов, актинолита, хлорита, серпентина, ильванита, апатита, граната, пирротина и марказита. Ниже по разрезу магнетитовые метасоматиты сменяются магнетит-пирротиновыми с гнездово-пятнистым распределением минералов и реликтовой брекчиевой текстурой, содержание пирротина от 10 до 78%.

Среди сульфидных метасоматитов выделяются пирротиновые и пиритовые разновидности. Первые обычно развиты в разрезах, насыщенных вулканитами среднего состава и сложены гнездово-пятнисто-полосчатыми агрегатами тонкозернистого пирротина (80-90%) с примесью магнетита (0-10%), волокнистых амфиболов, серпентин-хлоритовых агрегатов, пренита, барита, граната, сфена, халькопирита, марказита. Пиритовые метасоматиты образованы позднее пирротиновых. Наряду с тонкозернистым пиритом в них присутствует кварц, перекристаллизованный доломит, кальцит, пренит, актинолит, зерна сфена, рутила, халькопирита, сфалерита.

Кварцевые метасоматиты (зоны окварцевания) приурочены к разрывным нарушениям и представляют собой тонкозернистые массивные породы пятнистой серой, светло-серой и кремовой окраски, сложенные тонкозернистым метасоматическим кварцем с примесью гидросерицита и минералов исходных пород, на фоне которого выделяются обособления более крупнозернистого чистого кварца. Также имеются линейные зоны прожилкового окварцевания. Углеродистый метасоматоз выражен в образовании по трещинам примазок и прожилков графита, а также рассеянной и гнездово-вкрапленной графитизации окружающих пород. Метасоматиты окружены в разной степени пропилитизированными и березитизированными породами, характеризующимися наличием новообразований серицита, кварца, хлорита, анкерита, кальцита, пирита и зерен халькопирита и сфалерита. В результате метасоматоза образовались серицит-хлорит-кварцевые, серицит-кварцевые, хлорит-кварцевые и другие сланцы.

Грейзенизация характерна для крупнозернистых гранитов третьей фазы Канзыбинского массива. Поле грейзенов изометричной формы закартировано на правобережье руч. Дурной в районе отм. 672,9 м. Грейзены - светло-серые полнокристаллические породы, обычно мелкозернистые, микроструктура порфирогранобластовая, по периферии сменяются грейзенизированными гранитами с аплитовой структурой. С грейзенами связано рудопроявление молибдена Пионерское.

Тектоника

Ольховско-Чибижекский рудный район расположен в северо-западной части Восточного Саяна и входит в состав Алтае-Саянской складчатой области.

В тектоническом отношении район охватывает часть Кизир-Казырского синклинория (Кизир-Казырская СФЗ) и Лысанско-Ашкосокской СФЗ (Воробьев, 1992 г.). Все слагающие их отложения в той или иной степени затронуты пликативными и дизъюнктивными деформациями разного масштаба, поэтому здесь упомянуты только наиболее важные и крупные структуры.

Кизир-Казырский синклинорий занимает более 80% изучаемой площади и характеризуется довольно сложным внутренним строением, обусловленным разнонаправленными пликативными и дизъюнктивными структурами. Выделяется два крупных участка со специфичным характером складчато-разрывных дислокаций.

Первый участок находится на западе и в центре района, где наблюдаются складчато-надвиговые структуры, связанные, возможно, со становлением Шиндинского плутона и обращенные фронтом движения в северо-западном направлении. Этими движениями сформированы два крупных надвига - Ивановский и Лево-Чибижекский с довольно простыми, пологими тектоническими зонами. В бассейнах рр. Джебь, Чибижек и Шинда, венд-кембрийские отложения образуют несколько антиклинальных структур. Это крупная широтная Ольховская антиклиналь, в ядре которой выступают толщи чибижекской свиты, а на крыльях залегают отложения балахтисонской, колпинской и осиновской свит. К ядру антиклинали пространственно приурочен Шиндинский гранитоидный плутон с извилистыми очертаниями, в некоторой степени подчиненными западно-северо-западной ориентировке тектонических нарушений. Северная контактовая часть массива с закарстованными карбонатными породами, нарушенная рудоконтролирующим Ольховско-Чибижекским разломом восток-северо-восточной ориентировки с оперяющими субмеридиональными и северо-западными дизъюнктивами, является пока наиболее продуктивной на золотое оруденение в северо-западной части Восточного Саяна. Замок Ольховской антиклинали осложнен дополнительной складкой северо-западного направления - Чизанской антиклиналью, сложенной карбонатными породами чибижекской свиты. Между Шиндинским плутоном и Шиндинским разломом зажата субширотная Право-Чибижекская антиклиналь в поле отложений осиновской свиты. В ядерной части, возможно, находятся не вскрытые эрозией интрузии (Воробьев, 1992 г.) ольховского комплекса. Чибижекская антиклиналь располагается в нижнем течении рр. Канзыба, Джебь и Чибижек; ее ундулирующая шарнирная часть представлена карбонатными породами чибижекской свиты, а на крыльях согласно залегают вулканогенно-терригенные отложения балахтисонской, колпинской, таятской и осиновской свит, вмещающие ряд золоторудных проявлений

вблизи южного контакта Шиндинского плутона.

Второй участок находится в зоне Кизирского разлома. Здесь от устья р. Шинды до руч. Ильинка можно наблюдать ряд складок, срезанных нарушениями северо-западного простирания. Каспинская антиклиналь северо-западной ориентировки сложена породами чибижекской свиты с проявлениями карстовых процессов и экзогенной марганцевой и бокситовой минерализацией. Между Каспинской и Чибижекской антиклиналями расположена протяженная Красногорская синклиналь с ундулирующим шарниром, сложенная породами балахтисонской свиты. Эффузивы тарбатской свиты в крайней юго-западной части района образуют крупную широтную Тыгдинскую горст-антиклиналь, ограниченную от балахтисонских и тыгдинских отложений мощными субширотными разломами.

Лысанско-Ашкосокская СФЗ проявлена в виде полосы шириной 7-14 км северо-западного простирания. На севере она ограничена ветвью Восточно-Саянского глубинного разлома, на юге - ветвью Шиндинского разлома. Для зоны характерно наличие удлиненных, линзовидных, полосовидных тектонических блоков, часто с выходом внутри блока образований лишь одного состава. Характерно широкое развитие сдвиговых нарушений северо-западного простирания и динамометаморфизм хлоритовых ступеней. Такой структурный план этой СФЗ позволяет определить ее как буферную (коллизионно-сдвиговую) зону (Воробьев, 1992 г.) Магматические тела лысанского комплекса в зоне небольшие и тектонически переработанные, вероятна их офиолитовая природа. Предполагается, что крупные линзовидные в плане выходы пород лысанской свиты и магматогенного комплекса в Лысанско-Ашкосокской СФЗ являются, по сути, остатками аллохтона крупного чешуйчатого покрова, оформившегося в коллизионную стадию при ликвидации задугового бассейна позднерифейской островной дуги (Джебский покров) (Воробьев, 1992 г.).

Основные дизъюнктивные элементы территории - Чизанский, Шиндинский и Кизирский разломы.

Чизанский разлом субширотной ориентировки протягивается от верховьев р. Колпы на востоке до западной границы работ и далее, отделяя рифейские отложения на севере от кембрийских и девонских отложений на юге. Характерна интенсивная гидротермальная проработка пород, в том числе, довольно молодого возраста (постдевонского). За пределами исследуемой площади с ним связаны проявления урановой, редкоземельной и ртутной минерализации.

Шиндинский (Сисимский) разлом (Шиндинский сдвиг по В.Н. Воробьеву, 1992 г.) запад-северо-западного направления на рассматриваемой площади представлен своим западным окончанием, стыкующимся с Чизанским разломом в верховьях р. Колпы. Он складывается из серии сопряженных разномасштабных нарушений, смещенных диагональными и поперечными разрывами от первых сотен метров до 1,5 км. Ширина влияния разлома 4,0-6,5 км. В зоне разлома внедрились тела габбро-диоритов и гранитов с золотым оруденением.

Кизирский разлом (Кизирский сдвиг по В.Н. Воробьеву, 1992 г.) запад-северо-западного направления по строению весьма близок рассмотренному Шиндинскому разлому. Начинается он в верховьях рек Кизир и Казыр, тянется вдоль р. Кизир вплоть до перекрытия девонскими вулканитами в верховьях р. Каспы. Ширина зоны влияния 9-10 км. Со сдвиговыми нарушениями разлома, видимо, сопряжены внутриблоковые надвиги, обычно полого (20-40°) падающие на восток. С ним связано магнетитовое и незначительное золотое и медное оруденение.

К более мелким нарушениям относятся Лысогорская, Одиночно-Бурлукская и Третьяковская системы сопряженных разрывных нарушений, Бедьинский, Козинский разломы, Верхне-Колпинский, Лево-Колпинский, Ивановский и Лево-Чибижекский надвиги, Китатская система нарушений.

В районе Ольховского месторождения распространены золотоносные крутопадающие тектонические зоны рассланцевания и брекчирования мощностью 0,5-6,0 м с графитизацией, гематитизацией и пиритизацией, кварц-прожилковыми обособлениями с карбонатами и вкрапленностью пирита. Они сопровождаются развитием зеркал скольжения и гнездообразных выделений графитистого материала. Простирание зон северо-западное (300-320°), падение юго-западное (60-87°), редко северо-восточное (80-85°). К ним периодически приурочены дайки микродиоритов и диоритовых порфиритов мощностью до 4-8 м.

В региональном плане Чизанский, Шиндинский и Кизирский разломы с севера и юга ограничивают протяженный складчато-глыбовый блок запад-северо-западного направления (Кизирский тектонический блок по В.Н. Воробьеву, 1992 г.) шириной порядка 25-50 км, включающий в себя Канзыбинский, Ольховский, Чибижекский и другие плутоны, являющиеся центрами плутонических процессов, обусловивших промышленное золотое и магнетитовое оруденение.

Металлогения

Золотоносные формации

Эндогенные золоторудные формации

Традиционно наибольшее внимание геологов, работающих на золото в Восточном Саяне, приковано к Ольховско-Чибижекскому рудному району, в первую очередь, благодаря наличию здесь нескольких промышленных золоторудных месторождений и относительно крупных россыпей.

Площадь Ольховско-Чибижекского рудного района характеризуется наличием многочисленных месторождений, рудопроявлений и точек минерализации золота нескольких рудных формаций. Для некоторых из них установлена промышленная значимость, другие в пределах ранее опоискованных площадей являются непромышленными или же пока еще слабо изучены.

Под рудной формацией нами, вслед за предшественниками, понимается «группа месторождений с минеральными ассоциациями сходного состава, повторяющимися в определенной последовательности на всех месторождениях данной формации и образовавшимися в близких геологических условиях независимо от времени образования» (Рудные..., 1983).

В качестве критериев выделения рудных формаций приняты: рудовмещающая геологическая формация, пространственно-генетическая связь с интрузивными массивами, литолого-структурные особенности размещения оруденения, характер гидротермальных изменений вмещающих пород, структурно-морфологические типы рудных тел, вещественный состав руд.

В результате изучения фондовых, опубликованных материалов и собственных исследований авторами выделены три собственно золоторудные формации: золото-сульфидная, золото-гематит-сульфидно-карбонатная, золото-сульфидно-кварцевая и скарново-магнетитовая золотосодержащая формация.

Золото-сульфидная формация. К этой формации отнесен хорошо изученный гидротермальный генетический тип оруденения, распространенный исключительно в пределах Кизир-Казырской структурно-формационной зоны и включающий некогда наиболее промышленно значимые месторождения золота - Ольховское, Константиновское (рис. 3.117-3.119) и Медвежье, объединяемые с рядом объектов

других формаций в Ольховско-Чибижекский рудный узел.

Эти месторождения изучались поисково-разведочными и тематическими работами (Тимофеевский, 1941 г.; Хазагаров, 1969 г.; Компаниец, 1985 г., 1989 г.; Коробейников, 1987). В настоящее время эти объекты либо полностью отработаны (Ольховское и Медвежье), либо поставлены на мокрую консервацию (Константиновское).

Месторождения приурочены к породам вулканогенно-кремнисто-карбонатной формации верхнего рифея-нижнего кембрия (чибижекская свита) и залегают в эндо- и экзоконтактах диорит-гранитных выступов северного фаса Ольховского и Чибижекского массивов формации гранодиоритовых батолитов среднего кембрия (ольховский комплекс).

Главную роль в распределении и локализации оруденения играют эндо- и экзоконтактовые зоны массивов гранитоидов в парагенезе с локальными выступами (сателлитами) этих массивов и дизъюнктивные структуры, разнообразие систем которых обусловлено сменой плана деформаций на различных этапах развития рудного поля. Выделяются рудоподводящие и рудолокализующие нарушения. Первые имеют субширотное, реже северо-западное направление и падают, соответственно, на юг под углом 40-75°, реже 20-40° и на юго-запад под углом 75-80°. Рудолокализующие нарушения, как правило, являются оперяющими по отношению к рудоподводящим, имеют субмеридиональные и северо-восточные, реже запад-северо-западные направления, и падают, соответственно, на восток под углом 40-90°, на юго-запад под углом 50-70° и полого на юго-юго-запад и северо-северо-восток. Как правило, рудные тела и рудные столбы располагаются на пересечении или сопряжении двух и более систем нарушений или на пересечении их с интрузивным контактом.

Высокотемпературные гидротермальные процессы обусловили калишпатизацию, альбитизацию, грейзенизацию, березитизацию диоритов и гранитов, а при среднетемпературном воздействии - окварцевание, серпентинизацию, хлоритизацию, гематитизацию, сульфидизацию карбонатных осадочных образований и хлоритизацию, сульфидизацию интрузивных пород. Вдоль тектонических нарушений отмечается графитизация и кварц-карбонатное прожилкование. Контактово-метасоматические золото-сульфидные залежи, развитые на контактах тел гранитоидов с мраморами, сопровождаются зонами магнезиально-известковых скарнов, хлоритизированных и графитизированных карбонатных пород. При этом скарны слагают внутреннюю зону, хлоритовые метасоматиты - среднюю, а графитовые породы - внешнюю зону метасоматической колонны (Коробейников, 1987). Развиты дайки: дорудные - диабазовые и диоритовые порфириты, микродиориты, син- и пострудные - диабазовые порфириты, гранит-порфиры.

Основные промышленные рудные залежи расположены в ближнем экзоконтакте, отдельные участки локализуются как в эндоконтакте, так и в дальнем экзоконтакте. Наиболее благоприятными для рудоотложения являются доломиты, слагающие значительную часть разреза вулканогенно-кремнисто-карбонатной формации, в которых с активным участием метасоматических процессов образуются залежи сплошных и густовкрапленных сульфидных и кварц-сульфидных, реже сульфидно-гематитовых руд, заключающие порядка 60-70% запасов металла промышленных категорий. Роговики по вулканогенно-осадочным образованиям и интрузивные породы (диориты, граниты) характеризуются развитием кварц-сульфидных и кварц-березитовых жил и прожилков небольшой мощности, локальных штокверков, линейных зон окварцевания, березитизации и хлоритизации, несущих 30-40% промышленного оруденения.

Рудные тела отличаются большим разнообразием и сложностью форм - жилы, линзы, штокверки, трубы и столбы с невыдержанными элементами залегания, боковыми апофизами, пережимами и раздувами. В силикатных породах образуются обусловленные трещинной тектоникой кварц-сульфидные, кварц-березитовые жилы простые и сложные, штокверки, длиной по простиранию 10-200 м, по падению 20-100 м, мощностью 0,1-2,0 м, с углами наклона 10-80°. В известняках и доломитах возникают более крупные тела сплошных или густовкрапленных сульфидных, реже сульфидно-гематитовых руд в виде жило-, линзо-, трубо- и столбообразных залежей с длиной по простиранию 20-300 м, по падению 10-300 м, мощностью 0,1-5,0 м и более, с углами наклона 60-90°. Вертикальный размах оруденения на месторождениях 400-550 м и более. Глубокими скважинами (глубиной до 1350 м) на Константиновском месторождении установлено, что характерные для разведанных и отработанных горизонтов геолого-геохимические характеристики оруденения, в том числе и продуктивность по золоту, распространены до абсолютных отметок -400 м, то есть до глубины 950 м от дневной поверхности (Компаниец и др., 1989 г.).

Рудные тела сложены сульфидными (сплошными и вкрапленными), гематитовыми и окисленными типами руд.

1. Сплошные сульфидные руды состоят более чем на 50% из рудных минералов - пирротина, пирита, халькопирита, арсенопирита, сфалерита, галенита, марказита, тennантита, ковеллина, магнетита, халькозина, мельниковита, гематита, тетрадимита, гессита, молибденита, борнита, креннерита, хлоантита, аргентита, самородного висмута и золота. Нерудные минералы - кварц, кальцит, сидерит, анкерит, доломит, серицит, хлорит, серпентин, графит. Содержание золота весьма неравномерное, повышенное в рудах, обогащенных халькопиритом, и достигает 2 000 г/т. Золото свободное (60-90%) или связано с сульфидами, имеет неправильную комковидную, реже друзовидную, пластинчатую, губчатую и скелетную форму, размеры 0,05-0,1 мм - 25%, 0,1-0,5 мм - 50%, 0,5-2,5 мм - 25%.

2. Вкрапленные сульфидные руды имеют сходный со сплошными сульфидными минералогический состав при большей (до 70%) доле нерудных минералов, главным образом, кварца и (или) карбонатов. Содержание золота весьма неравномерное, до 200 г/т и более. Основная масса золота находится в сульфидах (40-60%) и кварце (40-60%). Форма золотин пластинчатая и пленочная, размерность до 0,6 мм.

3. Гематитовые руды встречены только на Западном участке Константиновского месторождения, на его верхних горизонтах до отметки +297 м. Ниже гематит практически исчезает. Главными минералами являются гематит и карбонаты, реже сульфиды. Золото связано с карбонатами и гематитом, размер выделений более крупный по сравнению с сульфидными рудами, достигает 1 мм и более.

4. Окисленные руды вскрываются на дневной поверхности (кроме Медвежьего месторождения) и прослежены до глубины 80-100 м. Выделяются глинистые, глинисто-лимонитовые, сажистые руды, кварцевые сыпучки. Минералогический состав окисленных руд - гидроокислы железа в виде натечных форм и псевдоморфоз по сульфидам, глинистые минералы, серицит, кварц, малахит, азурит, самородная медь, псиломелан, ярозит, медный и железный купорос, обломки известняков, доломитов, диоритов, кварца. Содержание золота высокое. Золото мелкое, преимущественно связанное с лимонитами, глинистыми минералами; свободного металла не более 10-20%.

Вместе с золотом из руд извлекались серебро и медь. Зачастую в промышленных концентрациях содержатся

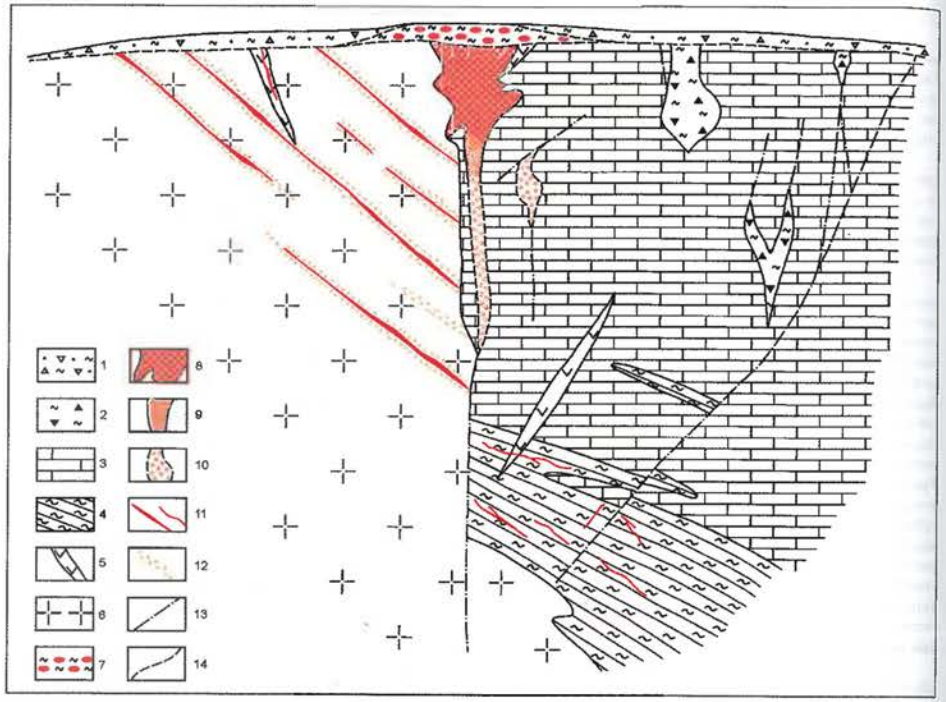


Рис. 3.117. Геолого-структурная модель золоторудных месторождений Ольховско-Чибижекского района

1 – элювиальные, элювиально-делювиальные суглинки, глины с обломками местных пород; 2 – карстовые отложения: пестроокрашенные глины, суглинки с обломками карбонатных пород, кварца, лимонита; 3 – доломиты и известняки; 4 – кварц-хлорит-серицитовые, хлорит-серицитовые сланцы, эффузивы, роговики; 5 – диоритовые порфириты; 6 – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граниты; 7-11 – руды: 7 – «валунчатые» (красноцветные глины, суглинки с обломками лимонита, кварца), 8 – окисленные, 9 – существенно сульфидные, 10 – вкрапленные сульфидные, 11 – кварцевые, кварц-сульфидные жилы; 12 – зоны березитизации; 13 – разрывные нарушения; 14 – геологические границы постепенные

кобальт, висмут, селен, теллур.

Первичные геохимические ореолы по внутреннему строению относятся к простым ореолам рассеяния с нарастанием концентраций элементов от периферии к центру. В объеме они представляют собой плоские "факелы" с шириной, превышающей размеры рудных тел в 10-30 раз, и в 2-7 раз превышают размеры околорудных метасоматитов. Надрудные ореолы обычно на десятки-сотни метров опережают по вертикали рудные тела. Верхние части рудных тел обогащены медью, висмутом, серебром, свинцом, цинком, теллуром, мышьяком, отношение Co/Ni <1. Нижней половине рудных тел свойственно преобладание хрома, никеля, кобальта, ванадия, титана, вольфрама, молибдена, бериллия, содержание мышьяка достигает максимума, отношение Co/Ni >1. Внутреннее строение первичных геохимических ореолов в обобщенном виде имеет следующие особенности. Периферию ореола (на расстоянии до 7 м от рудных тел) формируют барий, ртуть, сурьма, реже мышьяк. Средняя и внутренняя зоны сформированы цинком, свинцом, медью, висмутом, серебром, золотом (Коробейников, 1987).

Для Константиновского и Ольховского месторождений характерны высококонтрастные потоки рассеяния золота - 0,03-5,0 г/т, частично обусловленные техногенным воздействием, серебра - 0,03-6,0 г/т, и слабоконтрастные - свинца, меди, висмута, кобальта.

Эрозионный срез месторождений среднерудный (Ольховское, Константиновское) и надрудный (Медвежье)

В магнитном поле объекты отражаются значениями (ΔT)а от -150 до 150 нТл.

Золото-гематит-сульфидно-карбонатная формация. Рудопроявления, представляющие формацию, располагаются в пределах Ольховско-Чибижекского рудного поля в среднем (Кора, Гематитовое)(рис. 3.120) и верхнем (Екатерининское, Сосновское, Верхне-Чибижекское) течении р. Чибижек (Белозерцев, 1980 г.; Компаниец, 1986 г.). Они приурочены к доломитам и известнякам вулканогенно-кремнисто-карбонатной формации рифея-кембрия (чибижекская свита), смятым в мелкие складки вблизи контакта с пестроцветными отложениями туфогенно-терригенно-вулканомиктовой формации среднего кембрия (осиновская свита). Интрузивные образования в верховьях р. Чибижек представлены кварцевыми диоритами и гранодиоритами, а на рудопроявлениях Кора и Гематитовое они не встречены. Широко распространены дайки диоритовых порфиритов, микропорфиритов, аплитов субмеридионального, реже субширотного простирания.

Контактово-метасоматические и гидротермально измененные породы представлены доломитами с новообразованиями кальцита, тремолита, диопсида, слюд, ге-

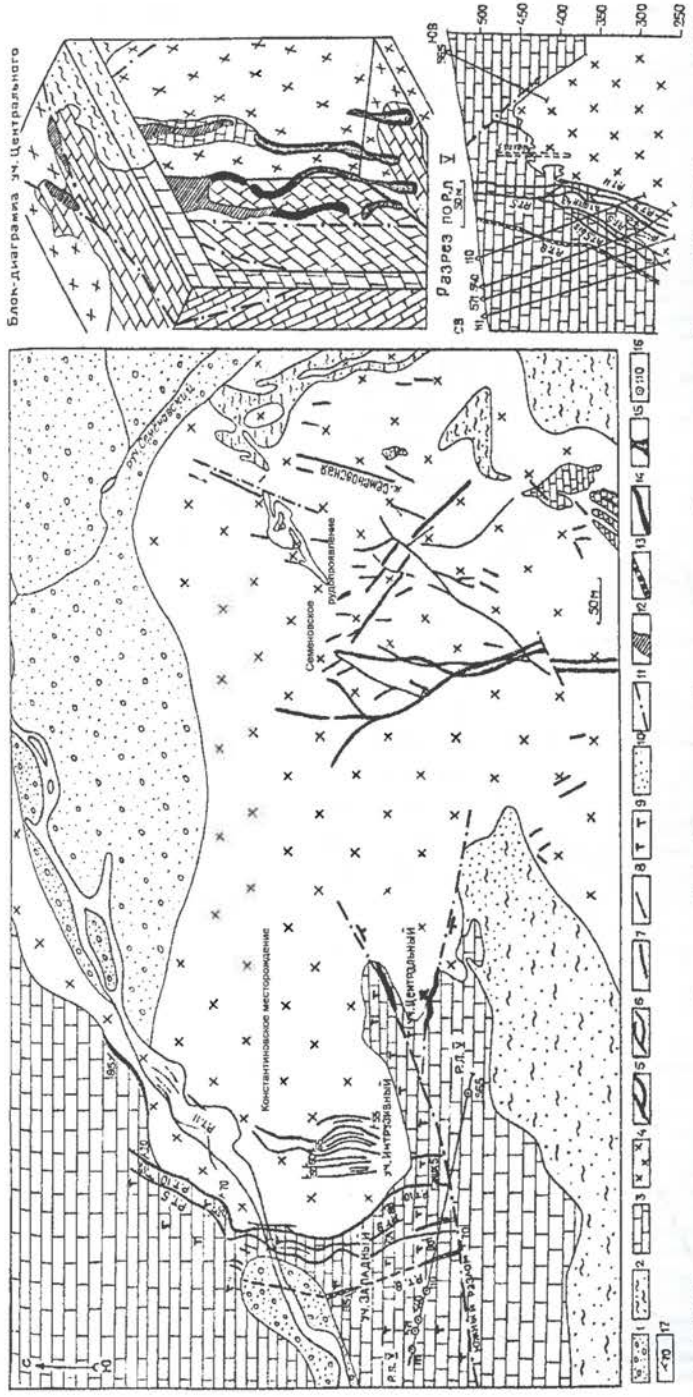
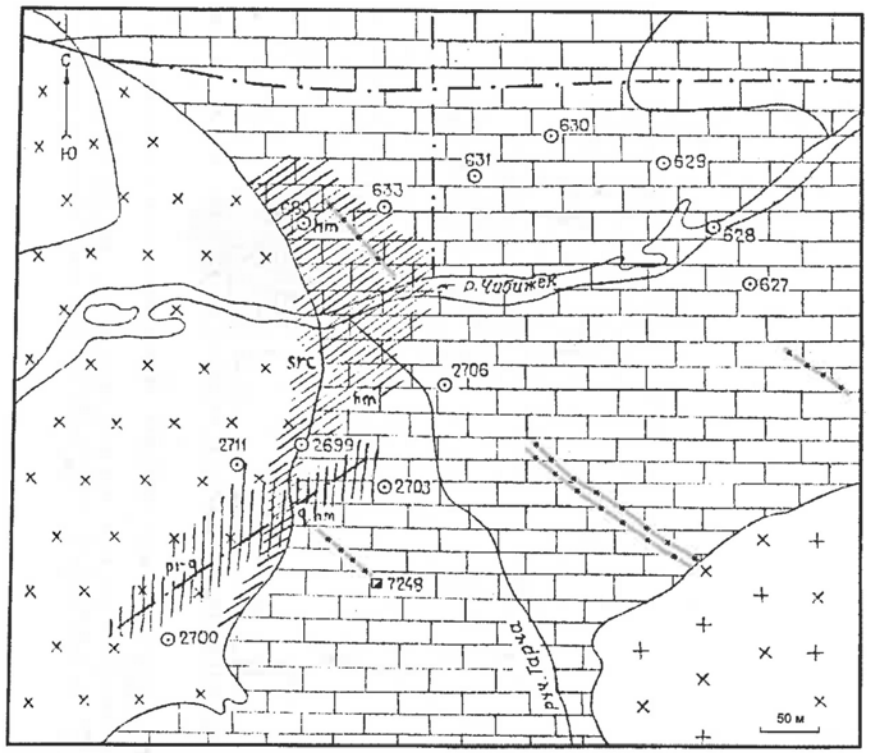


Рис. 3.118. Константиновское месторождение. Геологический план. Блок-диаграмма Центрального участка. Разрез по разведочной линии V-V (по А.П. Белозерцеву и А.П. Дьяченко)

1 – аллювиальные отложения, 2 – аргиллиты, кремнистые и глинистые сланцы с прослоями туфопесчаников, туфы, вулканиты основного и кислого состава, 3 – мраморы, доломитистые мраморы, мраморизованные известняки, 4 – кварцевые диориты, диориты, 5 – диорит-порфиры, 6 – березиты, 7 – грейзены, 8 – кварцевые, кварц-сульфидные жилы, 9 – серпентинизация, 10 – ороговикование, 11 – разрывные нарушения, 12 – окисленные руды, 13 – существенно гематитовые руды, 14 – существенно сульфидные руды, 15 – трубообразные сульфидные залежи, 16 – скважины и их номера, 17 – элементы залегания рудных тел.



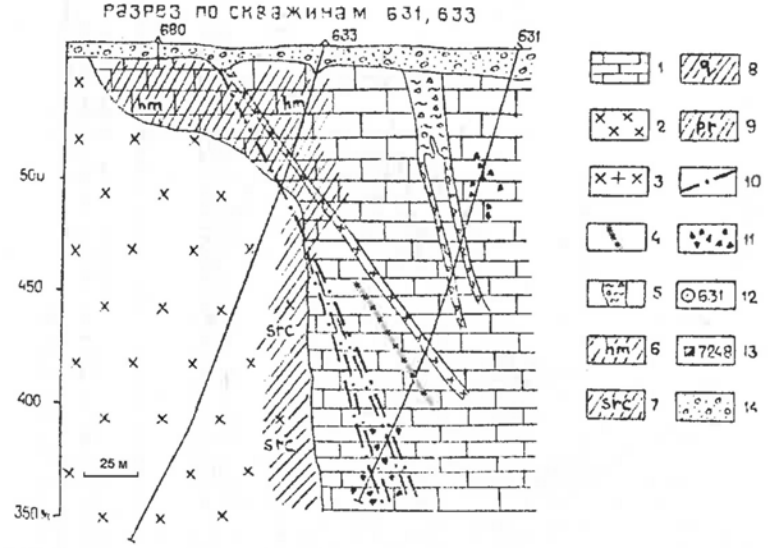


Рис. 3.119. Месторождение Средняя Тарча. Геологический план и разрез по скважинам 631, 633 (по А.П. Белозерцеву)
1 – доломиты, 2 – кварцевые диориты, 3 – гранодиориты, 4 – дайки диорит-порфиритов, 5 – охристо-глинистый материал в карстовых полостях, 6 – гематитизация, 7 – серицитизация, 8 – окварцевание, 9 – пиритизация, 10 – разрывные нарушения, 11 – дробление, брекчирование, 12 – скважины и их номера, 13 – шурфы и их номера, 14 – аллювий поймы р. Чибижек

матита. Эндоконтактовые изменения выразились в гематитизации, окварцевании, образовании кварцевых жил, сульфидизации. Гидротермальные изменения проявились преимущественно вдоль тектонических нарушений.

В верховьях р. Чибижек выделяются нарушения субширотные круто- и пологопадающие на юг (система Ольховско-Чибижекского разлома) и субмеридиональные вертикальные (рудолокализующие). Они фиксируются зонами дробления, гематитизации, окварцевания, дайками диорит-порфиритов, аплитов. В районе рудопроявлений Кора и Гематитовое выделены разломы субмеридионального и северо-западного простирания с падением на северо-восток 80° и северо-восточного простирания с падением на северо-запад 30-70°, контролирующие размещение оруденения. Для рудолокализации очень важны пересечения и сопряжения различных систем нарушений.

Золотое оруденение локализуется либо в зонах дробленых гематитизированных доломитов с сульфидами, либо в дайках порфиритов и аплитов, внедрившихся по этим зонам. Рудные зоны прослежены на расстояние до 400 м при мощности 100-120 м до глубины 200-350 м. Рудные тела линзовидной, реже жилообразной формы имеют размеры по простиранию 30-150 м, по падению 40-170 м, мощность 0,5-8,2 м, падение крутое.

Руды представлены дробленными, гематитизированными, окварцованными доломитами с сульфидной минерализацией, реже - гидротермально проработанными участками андезитовых, андезито-базальтовых порфиритов и иногда сливными гематитовыми образованиями в доломитах.

Минеральный состав руд - кварц, гематит, доломит, апатит, титаномагнетит, пирит, халькозин, халькопирит, борнит, галенит, сфалерит, блеклая руда, куприт, малахит, азурит, хризоколла, ковеллин, лимонит. Содержания золота составляют 0,1-31,8 г/т, концентрации элементов-спутников, как правило, невелики.

Золоторудные тела сопровождаются первичными ореолами мышьяка, серебра, меди, вольфрама, реже молибдена, свинца, сурьмы, висмута, а при условии не перекрытости продуктами переотложения кор выветривания во вторичных ореолах оконтуриваются изоконцентратами золота интенсивностью 0,01 г/т. Эрозионный срез надрудный (Кора), рудный (Гематитовое). Над оруденелыми зонами рудопроявлений сформировались глинистые коры выветривания мощностью до 150 м с золотоносностью до 180 г/т, а чаще 0,1-3,2 г/т. В глинах рассеяны обломки гематитов, лимонитизированных гранитоидов с содержаниями золота 2,0-6,8 г/т. Имеется небольшое количество мелкого свободного золота.

Рудопроявления характеризуются значениями (ΔT)а от -120 до -80 нТл.

Золото-сульфидно-кварцевая формация. Изучением месторождений и рудопроявлений, относящихся к рассматриваемой формации, занимались многие исследователи (Журавлев, 1969 г.; Охапкин, 1972 г.; Белозерцев, 1980 г., 1984 г., 1986 г., 1988 г., 1990 г., 1998 г.; Мостовский, 1980 г.; Кузмицкене, 1980 г.; Компаниец, 1984 г., 1988 г.; Сарапулов, 1986 г.; Ящук, 1987 г. и др.), в той или иной степени охватив их горно-буровыми работами и тематическими исследованиями.

Объекты формации наиболее широко распространены в рудном районе и образуют два ареала, отличающиеся не только пространственным положением, но и геологическими условиями: южный контакт Шиндинского плутона (месторождение Красная Речка, рудопроявление Левобережное) и Ольховско-Чибижекский рудный узел (месторождения Лысогорское, Дистлеровское и др.)(рис. 3.121-3.122).

Вмещающие осадочные породы представлены вулканогенно-кремнисто-карбонатной формацией верхнего рифея-нижнего кембрия (чибижекская свита), реже туфогенно-терригенно-вулканомиктовой средного кембрия (осиновская свита). Магматические образования представлены формацией гранодиоритовых батолитов среднего кембрия (габбро, габбро-диоритами, диоритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами, гранитами ольховского комплекса). Нередко встречаются дайки диоритовых порфиритов, контролируемые разрывными нарушениями.

В отличие от месторождений золото-сульфидной формации, где в рудолокализации весьма существенна роль карбонатных пород (особенно доломитов), объекты золото-сульфидно-кварцевой формации контролируются, главным образом, эндоконтактовыми зонами интрузивных тел и широко развитой трещинной тектоникой.

Проявления золота Булатовское, Георгиевское и Тинсук-Котойское контролируются крутопадающими тектоническими зонами северо-западной ориентировки с дроблением, сульфидизацией, интенсивной графитизацией вмещающих карбонатных пород и кварц-карбонатным прожилкованием.

Контактово-метасоматические и гидротермальные процессы выразились в мраморизации, скарнировании, окварцевании, эпидотизации, серпентинизации, гематитизации и сульфидизации карбонатных пород, ороговиковании вулканогенно-осадочных образований, грейзенизации, березитизации, хлоритизации и сульфидизации диоритов и гранитов. На месторождении Красная Речка довольно широко развит углеродистый метасоматоз осадочных и интрузивных пород.

Рудные тела и вмещающие их рудные зоны весьма разнообразны по морфологии, размерам и элементам залегания, нередко выделяются по опробованию. Чаще встречаются кварц-сульфидные жилы и зоны кварц-сульфидного прожилкования, кварц-березитовые зоны в эндоконтактах интрузивов (месторождения Лысогорское, Золотой Конек-1, Высота 830, Ивановское, Средняя Тарча, Дистлеровское, Китатское, Усть-Китатское, Грязненское, Сопка Высоцкого, Стенфорда, Каменное, Левошиндинское, зона Нагорная), реже - отдельные жилы, линзы и зоны прожилкования в экзоконтактах интрузивных массивов (рудопроявления Снегиревское, Кулемное, Колпинское, Удача, зона Спиртоносная). Менее распространены минерализованные зоны дробления и рассланцевания (рудопроявление Неожиданное), углеродистые межформационные и секущие зоны дробления с кварц-карбонатными прожилками и сульфидизацией (рудопроявление Золотой Конек-2, частично Золотой Конек-1, проявления Булатовское, Георгиевское, Тинсук-Котойское) и штокверки (рудопроявление Семеновское). Помимо этого, на ряде объектов, часть оруденения приурочена к гидротермально измененным, сульфидизированным дайкам диоритовых порфиритов. Протяженность рудоносных зон по простиранию до 1 000 м, по падению до 500 м, мощность до 300 м. Внутри них размещаются одиночные крутопадающие рудные тела или их группы. Форма тел жилообразная и линзовидная, падение крутое и умеренное. Размеры тел до 500 м по простиранию, до 450 м по падению, мощность 0,2-13,6 м. Размах промышленного оруденения по вертикали достигает 300-600 м (месторождения Лысогорское, Дистлеровское, Средняя Тарча и Золотой Конек-1).

Рудные тела сложены кварц-сульфидными вкрапленными и прожилково-вкрапленными рудами, с поверхности нередко окисленными. Минеральный состав руд разнообразный - пирит, халькопирит, пирротин, гематит, сфалерит, арсенопирит, марказит, золото, блеклые руды,

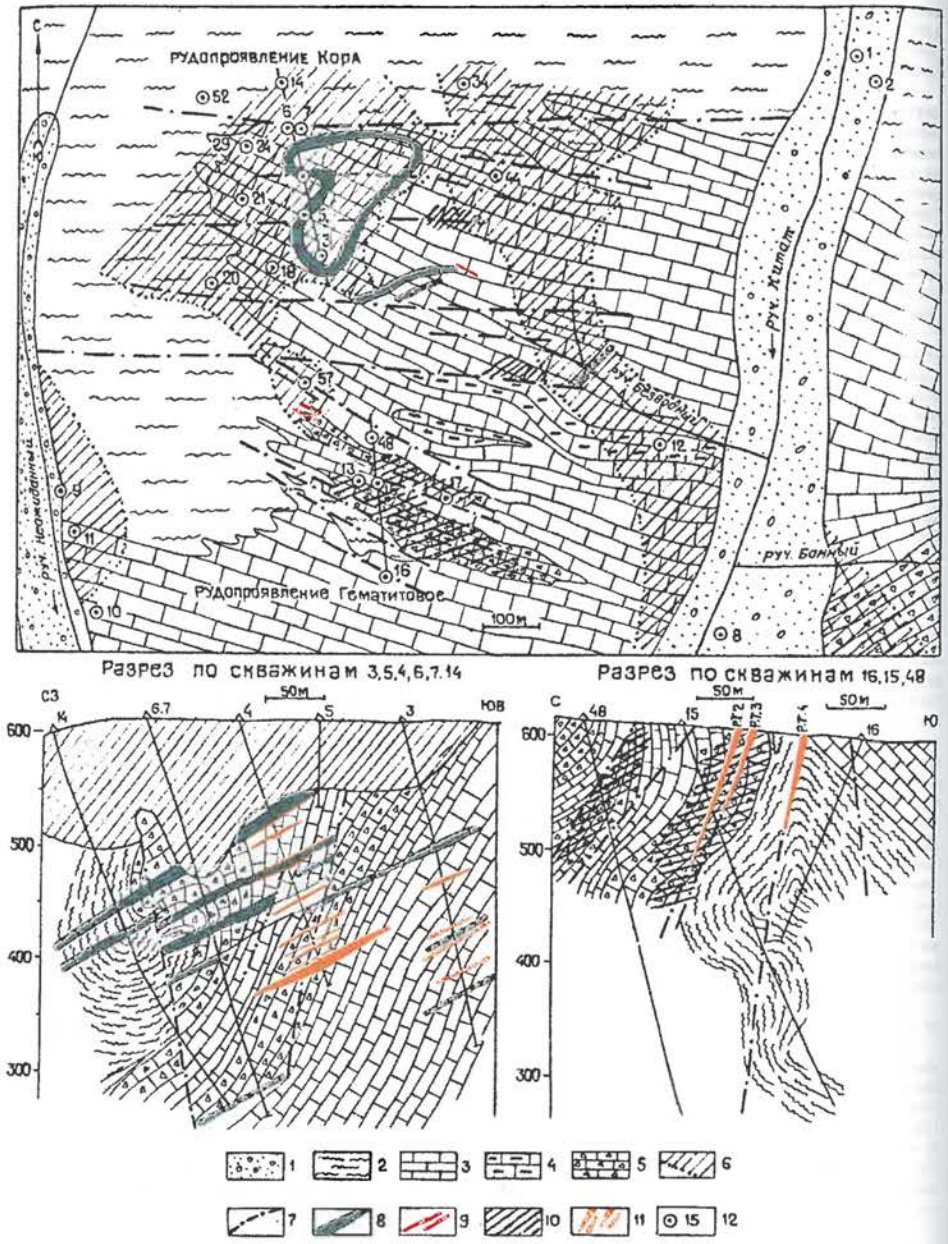


Рис. 3.120. Проявления Гематитовое и Кора. Геологический план и разрезы (по А.П. Белозерцеву)
1 – аллювиальные отложения, 2 – переслаивание туфоалевролитов, туфоаргиллитов, туфопесчаников, 3 – доломиты с линзами известняков, 4 – углистые известняки, 5 – брекчированные доломиты, 6 – отложения коры выветривания, 7 – разрывные нарушения, 8 – дайки порфиритов, 9 – кварцевые жилы, 10 – гематитизация, 11 – золоторудные тела, 12 – скважины и их номера

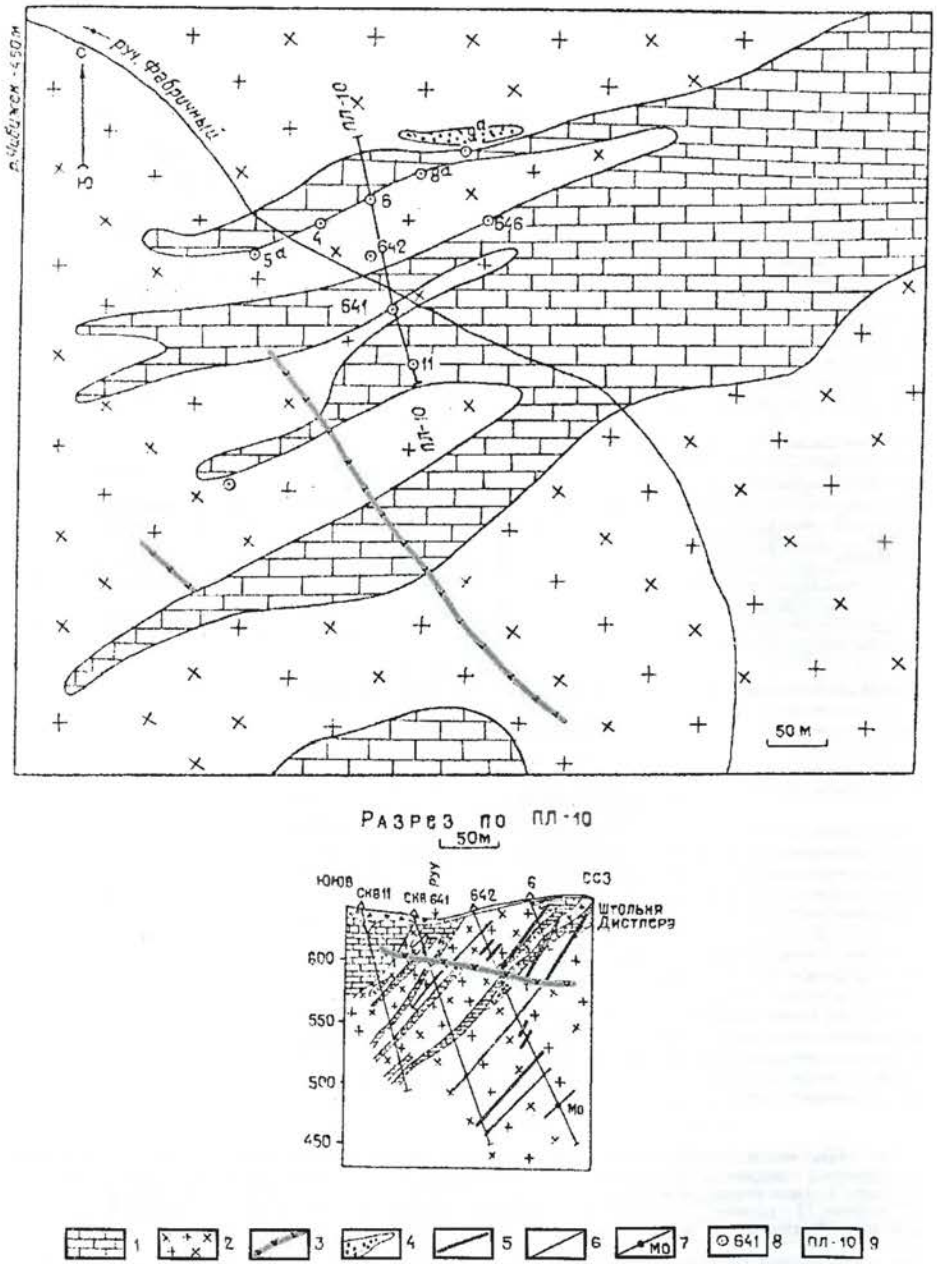
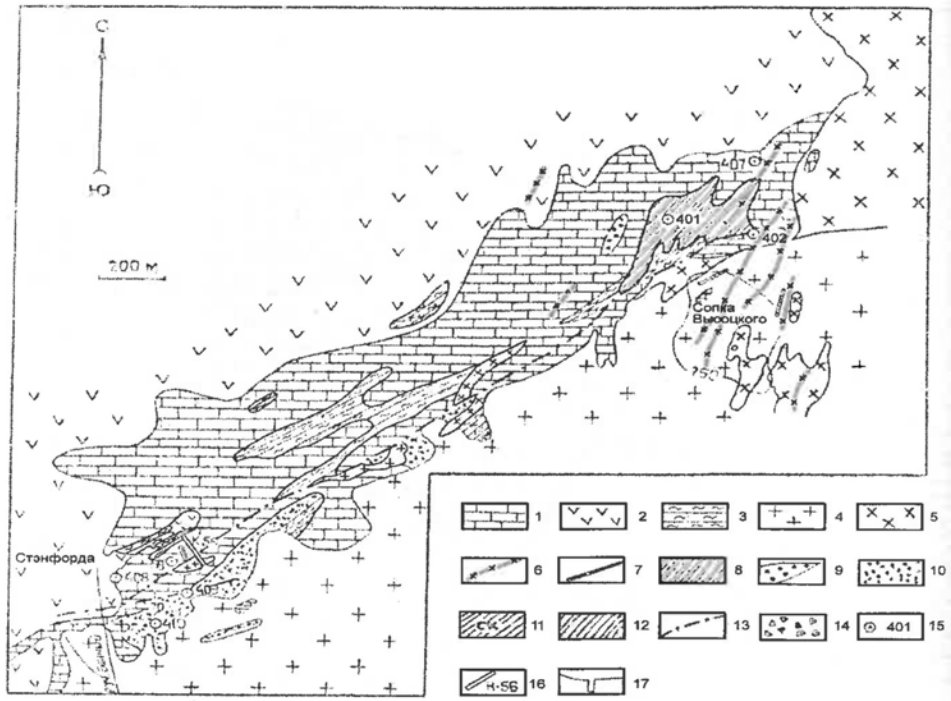


Рис. 3.121. Дистлеровское месторождение. Геологический план и разрез по поисковой линии № 10 (по А.П. Белозерцеву)
1 – известняки, 2 – гранодиориты, 3 – дайки порфиритов, 4 – роговики, 5 – кварцевые жилы, 6 – зоны грейзенизации, 7 – вкрапленность молибденита, 8 – скважины и их номера, 9 – ПЛ-10 – поисковая линия



Разрез по скважинам 401, 402

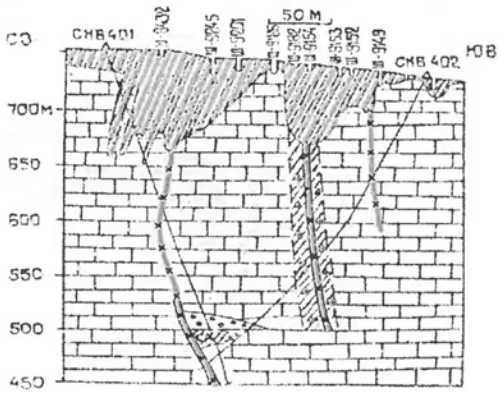


Рис. 3.122. Участок Сопка Высоцкого. Геологический план и разрез по скважинам 401, 402 (по А.П. Белозерцеву)
1 – доломиты, 2 – порфириты, туфы, альбитофиры, 3 –углисто-кремнистые, углисто-глинистые сланцы, 4 – граниты, гранодиориты, 5 – диориты, 6 – дайки микродиоритов, спессартитов, 7 – жилы кварца, 8 – глины коры выветривания с обломками бурых железняков, 9 – кварциты, 10 – роговики, 11 – скарны, 12 – метасоматиты (сульфидизация, окварцевание), 13 – разрывные нарушения, 14 – дробление, 15 – скважины и их номер, 16 – канавы и их номер, 17 – шурфы

висмутин, пентландит, леллингит, магнетит, ильменит, гематит, рутил, кварц, мусковит, серицит, хлорит, карбонаты, диопсид, гранат, эпидот. В окисленных рудах развиты малахит, азурит, хризоколла, окислы марганца, ярозит, гетит. Содержания золота составляет от "следов" до 2132 г/т. В отдельных кварцевых жилах отмечается видимое золото. Золото связано с сульфидами, содержит примесь меди до 1,49%, ртути до нескольких %, сурьмы до 0,01%. Размер выделений золота 0,001-0,07 мм и крупнее, форма неправильная, изометричная, иногда овально-удлиненная и дендритовидная.

Первичные ореолы и руды характеризуются повышенными содержаниями серебра - 0,3-365,7 г/т, мышьяка - 0,006-1,0%, цинка - 0,003-0,05%, меди - 0,001-0,3%, висмута - 0,001-0,03%, свинца, теллура, сурьмы. Подрудные элементы - никель, кобальт, ванадий, хром, бериллий. Во вторичных ореолах рудопроявлений и месторождений выделяются как крупными, так и мелкими слабоконтрастными ореолами золота (содержание 0,01-0,12 г/т), серебра, реже меди, свинца, цинка, молибдена.

В потоках рассеяния картина неоднозначная. Лысогорское месторождение и проявления рудного золота в бассейне р. Чизан в потоках рассеяния не выражены. Рудопроявления в районе бассейна р. Китат характеризуются слабо- и среднеконтрастными потоками рассеяния золота небольшой (0,5-1,0 км) протяженности при близких к фоновым содержаниями всех сопутствующих компонентов. В районе руч. Семеновского и далее на восток рудопроявления проявляются потоками золота средней и высокой контрастности с сопутствующим серебром и повышенными значениями элементов-спутников. Контрастные потоки имеют длину до 0,5 км, а слабоконтрастные - до 1,5-2,0 км.

Эрозионный срез объектов по геолого-геохимическим данным рудный (Золотой Конек-1, Высота 830, Дистлеровское, Красная Речка и др.) и надрудный (Средняя Тарча и др.).

На месторождении Красная Речка выявлены линейные коры выветривания по субширотным зонам тектонических нарушений, развитые до глубины 20-45 м. На рудопроявлениях Каратавском, Стенфорда, Снегиревском, Волковском вскрыты коры выветривания мощностью до нескольких десятков метров, нередко золотоносные, перспективные для промышленной оценки.

В магнитном поле объекты золото-сульфидно-кварцевой формации проявлены значениями от -150 до 500 нТл, а чаще 0-200 нТл.

Скарново-магнетитовая золотосодержащая формация. С начала 40-х гг. изучались месторождения и рудопроявления железа и золотоносность зон сульфидизации скарново-магнетитовых месторождений (Ильенок, 1940 г.; Посохов, 1965 г.; Сергуткин, 1979 г., 1983 г.; Преображенский, 1979 г.).

Скарновые железорудные месторождения пространственно приурочены к областям развития нескольких стратифицированных формаций: вулканогенно-кремнисто-карбонатной позднего рифея-раннего кембрия (павловская и чибижекская свиты), терригенно-рифогенно-вулканогенной раннего кембрия (балахтисонская, тарбатская и колпинская свиты) и туфогенно-терригенно-вулканомиктовой среднего кембрия (осиновская свита). Формирование объектов генетически связано с внедрением интрузивных пород формаций гранодиоритовых батолитов среднего кембрия (ольховский комплекс) и щелочно-сиенитовой раннего девона (лутагский комплекс).

Железоорудение контролируется экзоконтактами интрузивных массивов с развитием пироксеновых, гранат-пироксеновых и диопсид-гранатовых скарнов, а также тектоническими нарушениями субширотного и северо-восточного направления. Рудные тела имеют преимущественно линзообразную и жилообразную форму, прослежены по простиранию до 1000 м, по падению до 400-500 м, с углами наклона 70-90°.

По данным ревизионного опробования горных выработок и керна скважин (Сергуткин, 1979 г., 1983 г.) получены содержания золота от 0,05 до 223 г/т, чаще всего около 1-2 г/т, причем наибольшие значения наблюдались в линзах, гнездах и прожилках сульфидных руд, сложенных пиритом, халькопиритом, пирротином, сфалеритом среди контактовых скарново-магнетитовых залежей, реже - в магнетитовых, сульфидно-магнетитовых рудах и кварц-карбонат-сульфидных жилах. Помимо вышесказанного, на месторождении Маргоз золото установлено в окварцованных и скарнированных диоритах и гранодиоритах с тонким кварц-сульфидным прожилкованием в количестве до 2,6 г/т, при среднем 1,2 г/т на интервал 19,4 м.

По минеральному составу выделяются магнетитовые, амфибол- и пироксен-гранат-магнетитовые, хлорит-кальцит-магнетитовые, гранат-магнетитовые, сульфидно-магнетитовые руды. Общий минеральный состав руд (Крутов, 1960 г.; Кононов, 1962 г.): главные - магнетит, гематит, пирит, халькопирит, гранаты, диопсид, кальцит; второстепенные - мартит, маггемит, гидроокислы железа, сфалерит, марказит, пирротин, эпидот, каолинит, гидрослюды, хлориты, амфиболы, полевые шпаты, кварц; редкие - мушкетовит, халькозин, борнит, вернадит, кобальтин, арсенопирит, висмутин, саффлорит, виттихтенит, блеклая руда, ковеллин. молибденит, галенит, серебро, золото, электрум, висмут, малахит, хлориты, дженкисит, антигорит, апатит, сфен, ортит, флюорит, клиноцоизит, флогопит, делессит, гидромусковит, стильпномелан, пирофиллит, скаполит, везувиан. В зонах выветривания сформировались так называемые "валунчатые" руды, характерные для месторождения Рудный Каскад.

Золото в рудах и оруденелых скарнах установлено в самородном состоянии в виде овальных, изометрично-округлых, реже каплевидных или прожилковых форм размером 0,003-0,007 мм. Выделения золота и электрума приурочены к магнетиту и пириту в ассоциации с халькопиритом. Установлено, что отложение золота начинается уже со стадии предрудного ороговикования пород, достигая в собственно магнетитовую и сульфидно-карбонатно-магнетитовую стадии промышленных концентраций. Одновременно с золотом идет стабильное возрастание содержаний меди, цинка, марганца, серебра, мышьяка, висмута, кадмия, вольфрама.

В рудах месторождения Маргоз подсчитаны прогнозные ресурсы золота категорий P_1+P_2 в количестве 7,3-9,3 т (Сергуткин, 1983 г.), а позже, при разведочных работах - запасы по категории C_1: золота - 1,51 т, серебра - 60,35 т, кобальта - 1 269 т, меди - 31 791 т, а в валунчатых рудах месторождения Рудный Каскад прогнозные ресурсы золота - не менее 4-5 т (Беспалов, 1981 г.).

В 1984 г. ЦНИЛО завода «Сибэлектросталь» провела лабораторные исследования 3 технологических проб сульфидно-магнетитовой руды месторождения Маргоз. По схеме флотационного обогащения из хвостов мокрого обогащения был получен медно-золото-пиритный концентрат с содержанием золота 30-40 г/т и серебра 60-90 г/т.

В последние годы при оценке Чибижекского железорудного месторождения в амфибол-магнетит-сульфидных метасоматитах и алевропесчаниках были выявлены золотосодержащие горизонты с содержаниями золота 0,8-17,8 г/т.

Практически не изучены в плане золотоносности хвосты обогащения железных руд эксплуатируемых месторождений Ирбинско-Краснокаменского рудного поля, которые могут быть обогащены золотом по сравнению с первичными рудами.

Экзогенные золотоносные формации

Изучение продуктов корообразования в Восточно-Саянской металлогенической провинции на предмет золотоносности проводилось эпизодически и бессистемно. В разные годы, в рамках тематических работ различного направления, их исследованием занимались М.Н. Шмидт (1940 г.), В.А. Миловская и Н.К. Постников (1947 г.), И.Я. Мартынов (1954 г.; 1955 г.), Н.Е. Шамонин (1961 г.), А.М. Хазагаров (1969 г.), В.Г. Матухина (1971 г.), Р.А. Цыкин (1967 г.) и др. Целенаправленные научно-тематические и оценочные работы начались лишь в последние два десятка лет (Конышев, 1988 г., Компа-

ниец, 1998 г.; Сердюк, 2002 г. и др.).

С.С. Сердюком и др. (2002 г.) выделены 3 морфологических типа золотоносных кор выветривания: 1) площадной, 2) линейный, 3) контактово-карстовый.

Площадной тип развит по интрузивным и вулканогенно-осадочным породам и представлен гранитной «сыпучкой» в нижней части разреза и песчано-глинистыми отложениями с широким развитием каолинита и гидроокислов железа на верхних горизонтах. Мощность таких отложений варьирует от первых метров до первых десятков метров.

Линейные коры выветривания развиты в приконтактовой зоне гранитоидных массивов с карбонатными породами и в зонах разрывных нарушений среди закарстованных карбонатных пород. Представлены они пестроокрашенными глинами с обломками пород различного петрографического состава, преимущественно, известняками. Рыхлые отложения образуют линзовидные тела, вытянутые вдоль контактов известняков и алюмосиликатных пород или вдоль тектонических зон. Глинистая масса коры выветривания этого типа представлена смесью гидрослюд, гидрохлорита и каолинита. Кроме того, в них установлены значительные скопления охр и бурых железняков, слагающих линзовидные тела и приуроченных к границам раздела алюмосиликатных пород различного состава.

Контактово-карстовые коры выветривания представлены перемещенными продуктами химического преобразования в карстовых депрессиях. Продукты переотложения, развитые в контактово-карстовых зонах, представлены коричневато-бурой суглинистой или дресвяно-суглинистой массой, в которой преобладает пелитовый базис гидрослюдисто-каолинитового состава с гидроокислами железа.

По минеральному составу преобладают коры выветривания каолинового, каолин-гидрослюдистого типов и окисленных сульфидных руд.

По условиям залегания выделены остаточный и переотложенный типы кор выветривания.

Остаточный тип кор выветривания пользуется на площади рудного района площадным распространением и имеет отчетливо выраженную вертикальную зональность. Наиболее полный профиль этого типа кор выветривания сохранился в пределах Каспинской и Нижнечинжебинской депрессий.

Мощность остаточной коры выветривания варьирует от первых метров до 40-50 м, к настоящему времени они сохранились в виде небольших маломощных останцов (в плане) в тех местах, где присутствует мощный чехол вышележащих осадков, предохранивших их от размыва. Наиболее мощные остаточные коры выветривания развиваются по диоритам, туфам порфиритов и туфогенным породам, глинистым сланцам и аргиллитам. Для этого типа характерной особенностью является в разной степени сохранившаяся структура исходных материнских пород.

Вещественный состав кор выветривания этого типа представлен интенсивно лимонитизированными красными, бурыми, коричневыми, желтыми и белыми глинами, часто содержащими железистые и марганцевые конкреции. Глины приурочены к реликтам древней поверхности выравнивания и залегают в карстовых депрессиях, развитых преимущественно на карбонатных палеозойских или протерозойских отложениях.

Кора выветривания остаточного типа вскрыта практически на всех известных золоторудных объектах, приуроченных к зоне контакта гранитоидов ольховского комплекса с породами чибижекской, осиновской, балахтисонской, китатской и павловской свит. Для остаточных кор выветривания характерны повышенные статистические параметры распределения золота и корреляционные связи с халькофильными элементами. Наиболее значимый в промышленном отношении горизонт локализуется в основании профиля выветривания.

Переотложенные коры выветривания представлены скоплениями элювиально-делювиальных, делювиальных, делювиально-пролювиальных образований, возникших путем переотложения продуктов коры выветривания по склонам возвышенностей и у их подножия. Кроме этого, они выполняют впадины древнего рельефа и системы карстовых воронок различных размеров. Представлены они обычно ярко окрашенными (красными, желтыми) глинами с редкими обломками наиболее стойких к выветриванию пород - лидитов, кварцитов, железистых конкреций, оолитами псиломелана и обломками каменистых бокситов. Средняя мощность переотложенной КХВ составляет 5-10 м, а максимальная - 15-140 м.

Минералогический состав глин переотложенной коры выветривания достаточно разнообразен: от монтмориллонит-каолинитового в нижней части разреза до каолинитового с гидроокислами железа в верхней части.

Накопленный к настоящему времени материал по исследованиям объектов экзогенных формаций в Ольховско-Чибижекском районе и на сопредельных территориях позволяет выделить формацию золотоносных кор выветривания с двумя типами - ольховским и мурзинским.

Ольховский тип золотоносных кор выветривания развит на одноименном месторождении. Руды данного типа объектов представлены золотоносными бурыми железняками с кварцевыми и сульфидными сыпучками в дресвяно-глинистой массе коры выветривания.

Наиболее полный разрез золотоносной коры выветривания Ольховского месторождения (Тимофеевский, 1941 г.) имеет следующий вид (снизу вверх):

1. Слабо обохренные сульфидные руды;

2. Сажистые руды, сложенные смесью полуокисленных сульфидов с черным рыхлым мельниковитом, землистым ковеллином, сульфатами железа и меди;

3. Глинисто-лимонитовые и лимонитовые (бурожелезняковые) руды, представленные рыхлыми скоплениями гидроокислов железа в глинистом материале;

4. Глинистые руды, представленные обломками различных пород, сцементированных песчано-глинистым материалом красно-бурого, желтого цвета.

Наиболее богатыми содержаниями золота характеризуются лимонитовые, сажистые руды и кварцевые сыпучки - в них содержание золота в 1,5-2 раза превышает таковое в первичных рудах. Глинистые руды содержат золото в меньших количествах, чем в первичных сульфидных рудах.

Валунчато-глинистые золотоносные КХВ ольховского типа изучались авторами по шурфскважинам № 5008 и № 5009, пройденными Артемовской ГРП в пределах Ольховского рудного поля на участках 15-й и Тинсук-Котой (Сердюк и др., 2002 г.).

Полученные данные показали, что отложения валунчато-глинистых образований состоят из трех основных зон.

Верхняя зона имеет мощность от 2 до 4 м и представлена дресвой, щебнем и гравием частично выветрелых известняков, а также обломками окварцованных пород, сцементированных коричневой глиной (85-90%).

Средняя, промежуточная, зона сложена пластичной бурой глиной с неокатанными обломками светло-серых и черных известняков, иногда встречаются глыбы светлого кварца. С глубины 7-12 м лимонитизация проявляется более интенсивно, отмечаются гнезда лимонитов вместе с дресвой диоритов. В нижней части зоны изредка встречаются обломки невыветрелых известняков.

Нижняя, продуктивная, зона сложена интенсивно выветрелыми каолинизированными диоритами, крупными и в различной степени полуокатанными обломками выветрелых известняков, а также мелкими обломками бурых железняков. По всей мощности нижней зоны интенсивно проявляется омарганцевание. Количество обломочного материала в продуктивной зоне с глубиной увеличивается и в нижней части разреза достигает 40-50%, против 10-15% в верхней зоне.

Содержание золота в верхней зоне, по данным пробирного анализа, варьирует от 0,1-0,9 г/т, в промежуточной зоне 0,1-0,4 г/т и в продуктивной зоне 0,2-4,0 г/т. Среднее содержание золота в продуктивном горизонте по шурфскважине № 5008 - 1,54 г/т, по шурфскважине № 5009 - 1,23 г/т. Продуктивный горизонт по обеим шурфскважинам находится в интервалах глубин соответственно 19,0-23,0 и 2,5-12,0 м, мощность горизонтов 4,0 м и 9,4 м. Очевидно, что золото распределено по всей мощности отложений, но концентрируется в основании толщи, образуя промышленные залежи.

Содержания золота в коре выветривания, в целом, находятся в прямой зависимости от количества обломков, представленных лимонитами и псевдоморфозами гематита по сульфидным рудам. В них концентрация золота, по данным пробирного анализа, варьирует от 1,4 до 13,0 г/т, составляя в среднем 6,0 г/т.

Формы нахождения золота в корах выветривания Ольховско-Чибижекского района изучались сотрудниками ЦНИГРИ (Конышев, 1988 г.) путем последовательной промывки, амальгамации и цианирования исходного материала проб. По результатам исследований ориентировочно 40% металла находится в свободном состоянии и около 60% связано в агрегатах с породообразующими и рудными минералами - кварцем, пиритом, лимонитом, гематитом и глинистыми частицами.

Мурзинский тип золотоносных марганценосных кор выветривания развит в пределах Сисимского золоторудного района (р. Сейба).

Оценка перспектив золотоносности КХВ ольховского типа и выделение перспективных площадей осуществлялась нами с использованием комплекса критериев и признаков (табл. 3.134).

Россыпи. История добычи россыпного золота в Ольховско-Чибижекском районе началась с 30-х годов XIX века, и за весь период отработки из них было добыто около 17 тонн металла.

В районе развиты россыпные месторождения, расположенные непосредственно на поверхности древнего пенеплена и россыпи в речных долинах, врезанных в эту поверхность. Глубина вреза составляет 300-500 м. К первой группе относятся элювиально-делювиальные и древние аллювиальные россыпи, ко второй группе относятся аллювиально-карстовые и аллювиальные россыпи современных долин. Вторая группа (аллювиальные) наиболее многочисленная и составляет порядка 70% от общего числа россыпей.

Древние россыпи локализуются на поверхности яруса рельефа 400-600 м, являющейся постоянной областью накопления, где они погребены под озерными и ледниковыми отложениями (Нижне-Чинжебинская впадина). При врезании современных долин в эти отложения сформировались аллювиальные россыпи (руч. Борисовский). Также на этом уровне расположены долины рр. Шинды, Балахтисона с неоцененными перспективами россыпной золотоносности.

Наиболее крупные аллювиальные и аллювиально-карстовые россыпи располагаются на поверхности уровня 600-900 м, которая соответствует незавершенному пенеплену и является областью сноса. К ним относятся россыпи пойм и низких террас рр. Чибижек, Котой, Ольховка, Тинсук, Чизан. На поверхности уровня 900-1200 м выявлены россыпи элювиально-делювиального типа.

Большинство россыпей к настоящему времени частично или полностью отработано, за исключением удаленных районов (Шиндинский рудный узел).

3.2.1.1. Золото-сульфидная формация

Ольховское месторождение

Изученность и история освоения

История геологических исследований Ольховского месторождения богата событиями и насчитывает, в общей сложности, около 90 лет. В 1911 г. старатели Казанцев и Веретенников в верховьях р. Ольховки (левый приток р. Джебь) наткнулись на свалы охристого железняка и кварца с видимым золотом. Этот участок, названный позднее Евдокиевским разрезом, ими и был заявлен. В этом же году участок был продан известному в Сибири золотопромышленнику К.И. Иваницкому, под руководством которого в 1914 году там была построена бегунная фабрика и развернуты горные работы. Месторождение стало называться Ольховским рудником, в советское время переименованное в рудник имени Артема. Месторождение отрабатывалось до 1966 г., а затем было поставлено на мокрую консервацию.

Геологические исследования

Геологическое изучение месторождения началось с исследований Я.С. Эдельштейна, который в 1916 г. написал работу о Минусинском районе, где подробно охарактеризовал Ольховское месторождение. Оруденение он генетически связывает с гранитоидной интрузией и главным источником россыпного золота считает «продукты поверхностного окисления рудных тел». Позже, в 1919 г., эта работа была значительно дополнена и полностью опубликована только в 1923 г.

Начиная с 20-х годов XX века, все проводимые геологические исследования в районе Ольховского месторождения имели главной целью пополнение запасов действующего Артемовского рудника. В 1923 г. силами треста «Енисейзолото» были проведены первые геолого-поисковые работы под руководством Б.Л. Степанова, а в 1925-29 гг. А.Я. Булынниковым для Ольховско-Чибижекского района составлена геологическая карта масштаба 1:84 000 и детальная карта рудоносности северной контактовой зоны Ольховско-Чибижекского массива масштаба 1:200 000 с подробной петрографической характеристикой пород и руд месторождения.

В 1936 г. минералог «ГИНзолото» Е.П. Негурей провел минералогические исследования колчеданных руд месторождения. Среди них он выделил сплошные и вкрапленные, указав состав рудных минералов - пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит и арсенопирит. Кроме того, он впервые выявил наличие кобальта в рудах, представленного аморфной примесью в рудных минералах.

В этом же году рудник посетил В.А. Глазковский, изучавший руды окисленной зоны месторождения и выделивший среди них:

- контактово-глинистые (25-30 % глины от общего количества рудной массы с содержанием металла 6,0-15,0 г/т);

- глинистые руды и пески (60-80 % глины с содержанием металла 2-4 г/т);

- глины с содержанием золота от 1,5 до 2,0 г/т;

- кварцевые руды и окварцованные породы с содержанием золота 2,2-56,8 г/т.

В 1934-36 гг. Д.Е. Райков и В.А. Глазковский провели

Таблица 3.134

Прогнозно-поисковая модель формации золотоносных кор выветривания ольховского типа Ольховско-Чибижекского района

Элементы модели	Золотоносные коры выветривания
Структурно-литологические	
- Литолого-(петролого)-фациальные особенности фундамента (первичные) - Литолого-фациальные особенности коры выветривания (вторичные) - Структурные	Вулканогенно-кремнисто-карбонатные и интрузивные породы раннего-среднего кембрия (доломиты, известняки чибижекской свиты, реже роговики осиновской свиты), диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граниты Гидрослюдистая, каолинитовая и лимонит-каолинитовая зоны коры выветривания Интрузивные выступы во вмещающие породы с развитием рудоподводящих субширотных, реже СЗ нарушений и рудолокализующих СВ, субмеридиональных и субширотных крутопадающих нарушений, а также места их пересечений и сопряжений
Метасоматические	По карбонатным породам - зоны мраморизации, окварцевания, гематитизации, графитизации и сульфидизации, по интрузивным породам - березитизация, сульфидизация.
Магматические	Формация гранодиоритовых батолитов (ольховский комплекс) и дайки диоритовых порфиритов
Минералогические	Наличие лимонитов, бурых железняков, пиролюзита, псиломелана, медной зелени, халькозина, борнита, тонкого золота и его типоморфные признаки
Геоморфологические	Поверхность уровня 400-800 м, карстовые формы рельефа
Геохимические	Вторичные ореолы рассеяния Ag, As, Co, Mo, Au, реже Hg
Геофизические	Гравитационные минимумы, скорость сейсмоволн, низкие значения электросопротивления

заводские испытания по обогащению Ольховских золотосодержащих глин на новой золотоизвлекательной фабрике. Исходя из результатов опытов, они сделали вывод о том, что при обогащении глинистых руд выход обогащенных золотом песков - 35 %, а при обогащении глин - 17 %. Было предложено считать рентабельными глины с содержанием золота 1,5 г/т, и глинистые руды с содержанием золота - 2,0 г/т. Минимально промышленное содержание должно было колебаться в зависимости от масштаба производства.

В 1936-37 гг. обогатимость пирротиновых руд Артемовского рудника исследовал А.Г. Баюла. На основании результатов химического анализа он указал на присутствие в рудах платины, кобальта, мышьяка, олова и цинка. Опыты по обогащению показали присутствие в руде и крупного золота. Автор разработал схему обогащения сплошных пирротиновых и вкрапленных руд и предложил комбинированную схему концентрации и флотации.

В 1937 г. на площади месторождения работала петролого-геохимическая партия «НИГРИзолото» под руководством В.Н. Натарова. Результатом ее деятельности явилось сводное описание геологического строения всех рудных участков месторождения. Любопытно, что сложную форму палеозойских даек, в большом количестве вскрытых на месторождении, он объясняет выполнением магмой древних карстовых пещер.

Детальным изучением Ольховского месторождения в 1939-40 гг. занимались три тематические партии «НИГРИзолото» под руководством П.Л. Каллистова. В результате проведенных работ была разработана новая система подсчета объемов и весовых количеств руд и средних содержаний металла, а также проведены экспериментальные работы по опробованию руд, с приведением подробного описания рекомендуемых методов обогащения.

Позже, в 1939-41 гг., в районе месторождения работали две партии «НИГРИзолото», одна из которых проводила геолого-съемочные работы масштабов 1:50 000-1:10 000 под руководством А.П. Божинского. Вторая, под руководством Д.А. Тимофеевского, работала непосредственно на площади Ольховского месторождения. В результате этих работ были освещены вопросы строения и рудообразования, указана роль рудоносных структур, а также дана подробная петрографическая характеристика пород и руд месторождения. Тимофеевским Д.А. описаны и классифицированы по возрасту все разрывные тектонические нарушения и отмечена их роль в процессах рудообразования, а кроме того, разработана классификация всех контактово- и гидротермально-измененных пород и руд. Помимо этого, на Ольховском месторождении им были подсчитаны геологические запасы меди и кобальта, составляющие соответственно 7721,0 т и 157,8 т.

В период 1940-42 гг. на площади, расположенной западнее и юго-восточнее Ольховского месторождения, работала поисковая партия Артемовского рудника под руководством М.Н. Шмидт. В результате этих работ была составлена геологическая карта масштаба 1:2 000 участков г. Колокол, г. Габбровой и г. Золотой Конек. Партией было выполнено опробование древних элювиально-делювиальных отложений, подтвердившее их зараженность золотом. Химический анализ 130 проб показал присутствие золота в количестве от «следов» (77 проб) до 2,0 г/т (50 проб) и в 3 пробах более 2 г/т. Имеющиеся неточности в карте, составленной М.Н. Шмидт, в 1956 г. были откорректированы И.Я. Мартыновым, и карта долгое время находилась в пользовании геологов рудника.

В период Великой Отечественной войны на Артемовском руднике проводились усиленные эксплуатационно-разведочные работы.

В 1948 г. Д.А. Тимофеевский, по заданию специального Главного управления, изучал возможность увеличения запасов за счет разработки глубоких горизонтов месторождения и нахождения новых рудных тел в пределах рудного поля. В этой работе особое внимание им было уделено изменению вещественного состава руд с глубиной и влиянию пострудной тектоники на размещение и морфологию рудных тел.

В 1949 г. на базе Артемовского рудника была организована Артемовская ГРП под руководством Г.В. Хлусович. В течение 1949-51 гг. партия провела детальное шлиховое опробование наиболее интересных на золото участков речных долин и обобщение первичных материалов. По данным шлихового опробования составлены карты металлоносности гидросети, карты разведанности и отработанности наиболее интересных россыпных месторождений.

В 1952-54 гг. на западном и восточном флангах месторождения проводила работы геологоразведочная партия

Артемовского рудника под руководством И.Я. Мартынова и В.М. Славина. В результате проведенных работ была составлена карта окрестностей Ольховского рудного поля масштаба 1:25 000 и карта Ольховского месторождения масштаба 1:5 000. Было пройдено большое количество поверхностных поисково-разведочных выработок, в результате чего существующие представления о структуре рудного поля пополнились новыми данными. В 1955 г. под руководством И.Я. Мартынова проведена съемка масштаба 1:2 000 от Ольховского месторождения до Медвежьего Лога.

В 1956-58 гг. Артемовская ГРП под руководством С.В. - Майнагашева и Ю.С. Часовитина провела поисково-съемочные работы масштаба 1:10 000 в пределах Северной и Северно-западной контактовых зон Ольховско-Чибижекской интрузии. Достижением партии является разведка и перспективная оценка рудопроявления Медвежьего Лога.

В 1957 г. вышла работа О.Т. Гребенниковой по минералогическому изучению руд и парагенетических ассоциаций Ольховского месторождения. Ею был проведен минералогический анализ исходных руд, дана характеристика золота в рудных телах, а также приведены данные по распределению в рудах меди, кобальта, селена, висмута и галлия. В работе сделан вывод о необходимости комплексного подхода к обогащению руд месторождения.

В 1961 г. Ольховское месторождение посетила Экспертная комиссия, давшая рекомендации по эксплуатации и выбору основных направлений геологоразведочных работ. Для разведки были рекомендованы глубокие горизонты месторождения и зоны основных тектонических нарушений.

В 1962 г. А.М. Хазагаров, на основе обобщения большого объема фактического материала, определяет структурные факторы оруденения, а также рассматривает морфологию рудных столбов, их типы и стадии минерализации.

В 1964 г. Д.Г. Гогиберидзе описал типы оруденения Ольховского месторождения, минералогический состав руд, морфологию и условия залегания рудных тел, а также поэтапное формирование структуры Ольховского рудного поля.

В связи с отсутствием разведанных запасов в 1966 г. Ольховское месторождение было поставлено на мокрую консервацию.

В 1969 г. в районе месторождения проведены тематические работы «Изучение локализации золотого оруденения, составление геолого-структурной и прогнозной карт по Ольховско-Чибижекскому району» под руководством А.М. Хазагарова.

В 1977 г. в системе объединения «Енисейзолото» была создана экспедиция «Сибзолоторазведка» и одновременно с ней организована Артемовская ГРП, как ее составная единица.

Много позже, в 1982-92 гг. силами Артемовской ГРП на площади 15-го и 20-го участков Ольховского месторождения была проведена детальная разведка (Компаниец, 1992). На южном фланге 15-го участка по рыхлым отложениям было пробурено 64 скважины по сети 40х20 м, и для заверки геофизических аномалий пробурено еще 3 профиля. Однако из-за недостаточного финансирования разведочные работы несколько раз приостанавливались.

В рамках этой работы, в 1988-89 гг. ЦНИГРИ проводилась оценка прогнозных ресурсов (Конышев, 1988) в сфере деятельности Артемовского рудника. Он обобщил накопленный материал по оруденению в корах выветривания и рудному золоту, выделил 84 перспективных участка золотоносных кор выветривания и подсчитал их прогнозные ресурсы.

Разведочные работы были возобновлены после анализа полученной информации в 1989 г., и за два последующих года были разведаны участки Тинсук-Котой, 15-й (северный и западный фланг), а также 20-й участок. По результатам бурения была откорректирована геологическая карта, составлены геологические разрезы и проведен большой объем опробования.

История эксплуатации

Исторически Ольховское месторождение не переживало стадию предварительного геологического изучения, как самостоятельного этапа освоения месторождения. Поиск, разведка и добыча руды были совмещены во времени. Последнее обстоятельство не могло не отразиться как на качестве геологических материалов, так и на различного рода заключениях. Эксплуатация месторождения началась в 1914 г. и велась без перерывов до июня 1966 г. Добычные работы по рудным телам проводились как открытым, так и штольневым и шахтным способами.

При подземной добыче применялся метод слоевой отработки с последующей забутовкой очистного пространства. Месторождение с поверхности по вертикали вскрыто через 30-40 м следующими основными горизонтами (табл. 3.135).

Таблица 3.135

Глубина горных выработок Ольховского месторождения

Горизонт	Абсолютная отметка, м
Горизонт шт. №41	660,5
Горизонт шт. №50	620,6
I горизонт	580,0
II горизонт	550,0
III горизонт	517,6
IV горизонт	488,2
V горизонт	455,2
VI горизонт	425,0
VII горизонт	393,0
VIII горизонт	348,7
IX горизонт	303,7
X горизонт	275,4
XI горизонт	243,8
XII горизонт	214,9

На протяжении всего периода эксплуатации при подсчете запасов придерживались следующих кондиционных параметров: бортовое содержание - 2 г/т, минимально-промышленное содержание: по сульфидным рудам - 4 г/т, по кварц-сульфидным рудам - 5 г/т.

За период 1914-1938 гг. материалов по эксплуатации месторождения сохранилось крайне мало. Документация этого периода представляет собой обобщенные сведения без соответствующей детализации. Геологическая информация «из первых рук» отсутствует, поскольку геологической службы до 1935 г. на руднике как таковой не существовало. В работе принимали участие один-два специалиста-геолога, а то и вовсе люди без специального образования, занятые преимущественно выполнением сугубо производственных вопросов.

В июне 1928 г. была заложена штольня №5, вскрывшая II горизонт месторождения, в 1930 г. начата проходка ствола шахты №2, а в 1932 г. были заложены штольни №2 и 20. Пройденные выработки позволили провести разработку преимущественно окисленных руд I, II и III горизонтов.

В 1931 г. была построена и введена в эксплуатацию золотоизвлекательная фабрика американского типа. Добыча золота при этом значительно возросла, благодаря чему повысился интерес к геологическому изучению района. До 1934 г. добыча металла проводилась из кварцевых жил и окисленной части месторождения - «железной шляпы», а после 1934 г. началась отработка сульфидных руд.

В 1938 г. с III горизонта был пройден гезенк, из которого уже в 1939 г. были начаты работы на IV горизонте. Благодаря этому было установлено продолжение оруденения по падению I и II апофиз 17-го геологического участка до отметок 435,0 и 440,0 м соответственно, а также получены рудные пересечения основных рудных тел 8, 18 и 26 геологических участков ниже IV горизонта. На западном фланге 8 участка проводились старательские добычные работы по кварц-сульфидным жильным телам.

В начале 30-х годов были разведаны и оконтурены элювиально-делювиальные россыпи, перекрывающие центральную, восточную и южную части месторождения с поверхности. В 1939 г. уже были выполнены сводные подсчеты запасов по окисленным и сульфидным рудам 8, 15, 17, 18, 22 и 26 участков, глинам 15-го и 20-го участков. За этот период времени было извлечено более 40 % металла от всего объема добытого золота на месторождении (табл. 3.136).

Таблица 3.136

Добыча руды и металла на Ольховском месторождении по годам за период 1913-1966 гг. (по материалам А.Я. Булынникова, 1982 г.)

Год	Руда, т	Металл, кг	Ср. сод., г/т
1913-1933	775 900	8 444	10,9
1934	214 800	2 019	9,4
1935	239 300	2 474	10,3
1936	281 000	3 269	11,6
1937	291 900	2 565	8,8
1938	241 800	2 336	9,7
1939	182 100	1 436	7,9
1940	180 000	1 776	9,9
1941	224 100	2 327	10,4
1942	144 100	2 020	14,0
1943	99 000	1 370	13,8
1944	83 600	1 265	15,1
1945	76 300	1 012	13,1
1946	115 900	1 013	8,8
1947	122 200	945	7,7
1948	146 600	1 031	7,0
1949	190 300	1 307	6,8
1950	124 650	1 060	8,5
1951	155 200	1 557	10,0
1952	160 608	1 511	11,9
1953	153 800	1 539	7,8
1954	140 000	1 672	10,8
1955	143 000	1 710	9,7
1956	141 600	1 527	9,7
1957	135 000	1 307	9,7
1958	133 000	1 297	9,7
1959	119 771	1 235	10,6
1960	90 000	808	9,0
1961	54 000	520	9,6
1962	31 749	235	7,4
1963	35 000	286	8,2
1964	63 300	349	5,5
1965	40 772	340	8,3
1966	27 000	193	9,2
ИТОГО:	5 357 350	53 775	10,3
В т.ч. г. Золотой Конек	490 000	6 705	13,9
Глины 15-го уч-ка	275 000	1 126	4,1

В 1941 г. была закончена отработка близповерхностных окисленных руд. Наибольшая глубина открытой отработки была достигнута на 8 участке и составила 70 м (абсолютная отметка 569,0 м). Подземная добыча разведанных запасов в границах I-II горизонтов также практически исчерпала себя. Запасы 20-го участка были поставлены на консервацию. Все эксплуатационно-разведочные работы были сосредоточены на III-IV горизонтах, где выполнялись детализация и нарезка промышленных блоков.

По вполне понятным причинам в период 1941-45 гг., результаты добычных и разведочных работ изложены неполно и фрагментарно. Тем не менее, объемное освоение месторождения было весьма значительно - ранее выявленные рудные тела III и IV горизонтов отработаны, а оруденение прослежено по VIII горизонт включительно. Кроме того, была выполнена разведка и частично затронуты эксплуатацией горизонты V, VI, VII и VIII. На западном фланге месторождения, в контуре 21-22 участков старательским способом шла отработка золотоносных кварц-сульфидных жильных тел и пройдена штольня №41 с целью подсечения рудных тел, ранее выявленных поверхностными работами. Добыча металла за этот период составила 15 % от результатов за весь период эксплуатации.

В 1946-50 гг. эксплуатационно-разведочные работы проводились преимущественно на V, VI и VII горизонтах в центральной части месторождения. Верхние горизонты были затронуты добычными и разведочными работами в контуре участков 24 и 25 (г. Золотой Конек). Здесь в 1946 г. была заложена штольня №50, выполнено глубокое бурение на X горизонт, подтвердившее сохранение оруденения на глубине, но с меньшим площадным распространением. Консервация этих участков произошла из-за снижения содержания металла и из-за изменения схемы переработки руды, так как в добычу стали вовлекаться первичные неизмененные руды.

В 1951 г. геологической службы рудника сделан генеральный подсчет запасов, утвержденный в ВКЗ. В 1951-60 гг. эксплуатационные и разведочные работы велись преимущественно на V-XI горизонтах месторождения. На западном фланге добычные и разведочные работы были сосредоточены в границах II, III и IV горизонтов.

В 1955 г. геологами Артемовского рудника А.М. Хазагаровым, П.А. Евтуховым и А.Я. Яковлевой было открыто слепое промышленное рудное тело на юго-восточном фланге месторождения, названное «Трубой» и полностью отработанное уже к 1960 году. В это же время наметилось общее снижение продуктивности на нижних горизонтах и предприятие начало испытывать затруднения в обеспеченности запасами.

В начале 1961 г. комиссией Министерства геологии СССР на месторождении была проведена экспертиза, в результате проведения которой были выданы рекомендации по основному направлению геологоразведочных работ. Но уже в этом же году, после выполнения всех рекомендаций, пять нижних эксплуатационных горизонтов (до VII) были поставлены на мокрую консервацию. Остаточные запасы, подсчитанные в их пределах, списаны с баланса согласно акта от 30 июля 1961 г. До конца года эксплуатационно-разведочные работы проводились в многочисленных забоях I-VII горизонтов, где отрабатывались мелкие остаточные запасы в целиках, неохваченных предшествующей эксплуатацией.

В 1963 г. разведочно-добычные работы были сосредоточены на III, IV и V горизонтах 24 и 25 участков (г. Золотой Конек). В этом районе начато изучение и пробная добыча кварц-сульфидных рудных тел, залегающих непосредственно в гранитоидном выступе Ольховского интрузива и пространственно приуроченных к его эндоконтактовой части. Тем не менее, приблизиться к уровню добычи, существовавшей на рубеже 1959-60 гг. не удалось.

В марте 1966 г. комиссией Министерства геологии СССР была проведена еще одна экспертиза и месторождение, согласно акта, было поставлено на мокрую консервацию.

Запасы, состоящие на балансе Артемовского рудника, составили 68 тыс. тонн руды и 259 кг металла при содержании 3,8 г/т. В 1972 г. Артемовский рудник составил акт на перевод этих запасов в забалансовые, однако комиссия по запасам оставила их на балансе.

В настоящее время все запасы Ольховского месторождения сосредоточены в золотоносных корах выветривания 15-го и 20-го геологических участков.

Геофизические исследования

В истории изучения Ольховско-Чибижекского района геофизическими методами можно выделить несколько основных этапов.

В начальный период исследований выяснялись возможности геофизических методов (магниторазведка, метод сопротивлений, метод ЕП, метод заряженного тела) для целей прямых поисков золото-сульфидных залежей ольховского типа.

Первые геофизические работы в Ольховско-Чибижекском районе были проведены в 1934 г. под руководством В.В. Бородина. Им были проведены электроразведочные работы методом измерения сопротивления и интенсивности естественного поля, а также магнитометрические работы. В результате этих исследований было установлено большое количество аномалий различной природы, после проверки которых горными выработками установлено, что аномалии обусловлены наличием контакта гранитов с вмещающими породами, тектоническими нарушениями или погребенными логами.

В 1936 г. геофизические работы на Ольховском месторождении проводила партия треста «Золотораведка» под руководством Н.А. Никифорова методами магнитометрии, электропрофилирования и измерения потенциала естественного поля. В результате этих работ к западу от Ольховского месторождения был закартирован контакт гранитов с метаморфической толщей, а также локальные магнитные и электрические аномалии, вызванные магнетитовыми скарнами и графитизированными породами.

Последующие геофизические работы были проведены в 1940 г. партией института «НИГРИзолото» под руководством К.И. Петрова. Основной целью этих исследований явились поиски окисленных и сульфидных рудных тел на водоразделе рек Тинсук-Котой методами электропрофилирования, срединного градиента, ВЭЗ и магнитометрии. В результате было выявлено 119 аномалий, при последующей проверке которых выяснилось, что они отвечают дайкам основных пород и участкам, локализованным в известняках чибижекской свиты.

Результаты работ этого периода показали, что прямые поиски геофизическими методами малопродуктивны, так как большинство выявленных магнитных и электрических аномалий, вскрытых горными работами, отражали, в основном, элементы геологического строения площади.

Существенный вклад в дальнейшее развитие теории и практики использования геофизических методов для поисков золота в районе внесли работы А.Е. Шабаловского (1957-58 гг.), М.П. Назарова (1959 г.), П.В. Ларина (1959 г.), Н.Я. Болотовой (1958 г.), Н.А. Шитова (1957 г.), Б.Т. Ивлева (1959 г.), Е.П. Дембицкого (1959 г.), Б.Н. Григорьева (1960 г.), Г.Н. Хруцкого (1960 г.).

В течение летних сезонов 1957-58 гг. в районе северной контактовой зоны Ольховской интрузии поисковым отрядом ЦНИГРИ под руководством А.Е. Шабаловского производились геолого-геофизические работы, цель которых заключалась в прослеживании и уточнении различных элементов геологических структур и поисков новых рудных тел. В работе применялись методы комбинированного профилирования, измерения потенциала естественного поля, отношения градиентов потенциала, магнитная съемка, а на двух перспективных участках г. - Габбровой - спектрометаллометрическое опробование. Впервые для района Артемовского рудника было проведено дешифрирование черно-белых аэрофотоснимков масштаба 1:25 000 и спектрозональных масштаба 1:10 000. В результате были выделены прямолинейные элементы, расцененные авторами как тектонические нарушения.

С 1957 по 1958 г. в районе рудника работала Артемовская геофизическая партия под руководством Н.А. Шитова, а в 1959 г. под руководством Б.Т. Ивлева. Исследованиями была охвачена узкая приконтактовая полоса от Ольховского месторождения до поселка ДЭС. В результате этих работ авторы пришли к выводу, что прямые поиски сульфидных руд с помощью магнитометрии являются невозможными, а картирование затрудняется из-за резкого различия магнитной восприимчивости одинаковых пород. Кроме того, авторы утверждают, что поиски сульфидных руд, тектонических зон и зон графитизации возможны с помощью электроразведки, как объекты, имеющие низкое удельное сопротивление. Эти выводы впоследствии были частично подтверждены геологами рудника при проверке аномалий буровыми и горными работами.

В 1959 г. на базе рудника была организована Чибижекская геофизическая партия, которая проводила магнитометрические и электроразведочные работы в верховьях р. Чазан.

В этот период исследования проводились на достаточно больших площадях комплексом геофизических методов, отличались более правильной постановкой задач исследований и послужили основой для дальнейшей разработки поисковых геофизических критериев и оптимального комплекса геофизических методов. Работы были, в основном, доведены до стадии представления результативных карт и выдаче рекомендаций по проверке аномалий горно-буровыми работами. Однако проверка рекомендаций проводилась изолированно от основных работ и не во всех случаях. Результаты проверок практически не известны и не учитывались при дальнейших работах.

На протяжении всего периода изучения Ольховско-Чибижекского района и Ольховского месторождения геофизическими методами постепенно накапливались критерии их обобщения. Впервые попытку дать рекомендации по комплексированию геофизических методов на основе анализа результатов предшествующих работ предпринял М.Н. Егоров (1972 г.).

Позднее, результаты геофизических работ, проведенных в разные годы, были обобщены и проанализированы Е.В. Черняевым (1982 г.), которым даются рекомендации для составления прогнозной карты района с оценкой перспективности отдельных участков.

В 80-х годах исследования М.И. Хвостова, В.Н. Горбачевой и других отмечают начало нового этапа изучения Ольховско-Чибижекского района в целом и Ольховского месторождения в частности. В результате проведения этих работ был выявлен ряд перспективных участков - Золотой, Ивановский, Высота 830, в пределах которых были проведены буровые работы и обнаружено промышленное оруденение.

В 1982-83 гг. силами ЮГЭ под руководством М.И. Хвостова в районе Ольховского месторождения были проведены комплексные геофизические исследования методом ЧИМ (частичного извлечения металлов) с целью выделения рудных интервалов и отложений золотоносных кор выветривания. В результате этих работ были выделены перспективные площади на северо-восточном продолжении месторождения.

Почти одновременно, в 1981-83 гг. на южном контакте Ольховско-Чибижекского массива были проведены магнито- и электроразведочные работы ВП, ЕП в масштабе 1:10 000 и 1:2 000 (Мурзов, 1986 г.).

Немного позднее, в рамках работ по прогнозной оценке золотоносности Ольховско-Чибижекского района (Сердюк, Ояберь и др., 2002 г.), впервые выполнен комплекс сейсмических исследований на участке Тинсук-Котой, позволивший детально изучить особенности строения рыхлых отложений коры выветривания и верхней кромки коренных пород, а также восстановить рельеф поверхности коренных пород. Комплекс сейсмических наблюдений включал в себя: сейсмотомографию, метод преломленных волн (МПВ) и метод общей глубинной точки (МОГТ). Сейсмотомография позволила наиболее детально отобразить строение латеритной коры выветривания и подстилающих ее коренных пород, включая зону дезинтеграции. С помощью метода преломленных волн с точностью порядка +2,0 м определена глубина залегания поверхности коренных пород. На участках глубоких впадин в рельефе коренных пород надежные результаты по определению глубины залегания дал метод ОГТ с использованием отраженных продольных волн.

Радиометрические поиски впервые в районе месторождения были проведены в 1946 г., а, начиная с 1951 по 1959 гг., на площади месторождения и его окрестностях начались планомерные поиски урана. В 1957 г. впервые была проведена съемка масштаба 1:25 000 с помощью аэрометодов, без фотопривязки съемочных маршрутов. В результате проведенных работ было выявлено, что радиоактивность пород района незначительная (8-10 гамм) и в большинстве случаев не превосходит значений нормального поля. За все время исследований было выявлено несколько радиоактивных аномалий, при проверке которых Березовской и Минусинской экспедициями сделан вывод о их неперспективности.

В целом, в окрестностях Артемовского рудника было применено значительное число методов геофизических работ, однако попытка применить их для прямых поисков рудных тел не дала значимых результатов.

Подводя итог проведенным геофизическим работам, следует отметить, что вопрос прямых поисков рудных тел окончательно не решен до настоящего времени. Малая эффективность геофизических методов для прямых поисков рудных тел стимулировала изучение косвенных признаков локализации оруденения. В частности, была установлена зональность физических свойств пород и геофизических полей относительно контакта гранитоидов и вмещающих пород, приуроченность оруденения к погребенным выступам гранитоидов и к узлам пересечения разноориентированных разрывных нарушений.

Геологическое строение

Месторождение расположено в Ольховском рудном поле Ольховско-Чибижекского золоторудного района Восточно-Саянской провинции, в 1-5 км северо-восточнее г. - Артемовска в седловине между склонами горы Колокол - с востока и горы Золотой Конек - с запада.

В геологическом плане Ольховское месторождение приурочено к южному крылу Чибижекской антиклинали, в ядре которой обнажаются известняки чибижекской свиты. На площади месторождения Чибижекская антиклиналь разделяется на две ветви - Северную и Южную (рис. 3.123-3.125).

Северная антиклиналь имеет субширотное простирание и протягивается вдоль северного контакта гранитоидного массива. Она имеет сложное строение, интенсивно сжата и в пределах месторождения меняет свое направление на северо-западное, образуя дугу, обращенную выпуклой стороной на юго-запад. Ядерная часть складки сложена мощной толщей известняков, а ее крылья - эффузивно-осадочными отложениями.

Южная антиклиналь окаймляет северо-западный контакт интрузива, имеет более пологое падение крыльев и также осложнена дополнительной складчатостью Ее ядерная часть, за исключением отдельных приподнятых участков, почти повсеместно перекрыта эффузивно-осадочными отложениями.

Месторождение локализовано в экзо- и частично в эндоконтактовой зоне Ольховского гранитоидного массива, в пределах его выступа в породы нижнего и нижнего-среднего кембрия в зоне сопряжения Ольховского субширотного разлома с дизъюнктивными нарушениями северо-восточного и субмеридионального простирания. Оруденение локализуется внутри гранитного выступа и в его экзоконтактовых зонах, среди мраморизованных и доломитизированных известняков и ороговикованных вулканогенно-осадочных образований.

Ольховский субширотный разлом прослеживается от Ольховского до Константиновского месторождений и представлен серией сближенных зон дробления, милонитизации и рассланцевания с падением сместителя на юг под углом 50-80°. Этот дизъюнктив занимает межпластовое положение среди известняков балахтисонской свиты и выполаживается по восстанию. Установлено взбросово-сдвиговое перемещение в запад-северо-западном направлении с вертикальной амплитудой 150-200 м и горизонтальной - 60 м. Этот разрыв контролирует размещение апофиз и даек гранитной интрузии.

Стратиграфия

Стратифицированные отложения представлены вулканогенно-терригенными породами балахтисонской свиты ($Є_1bl$) и карбонатно-вулканогенно-терригенными отложениями осиновской свиты ($Є_2os$), соответственно нижнего и среднего кембрия.

Отложения балахтисонской свиты ($Є_1bl$) выходят на поверхность в северо-западном, западном и юго-западном контактах Ольховского массива и представлены известняками, оолитовыми известняками, строматолитовыми известняками, доломитами, мергелями, лито-кристаллокластическими туфами, конгломератами, туфо- и лавоконгломератами. Краткая петрографическая характеристика наиболее распространенных пород этой свиты приводится ниже.

Известняки распространены повсеместно по всему разрезу свиты - они преимущественно массивные, грубопластовые, реже со следами полосчатости. Окраска - серая, темно-серая, реже темная и черная, В темноокрашенных разностях содержится повышенное количество углеродистого вещества.

Оолитовые и строматолитовые известняки встречаются достаточно редко и образуют мелкие пласты и пачки.

Доломиты сложены серыми, темно-серыми, массивными разностями и образуют отдельные пласты мощностью до сотен метров.

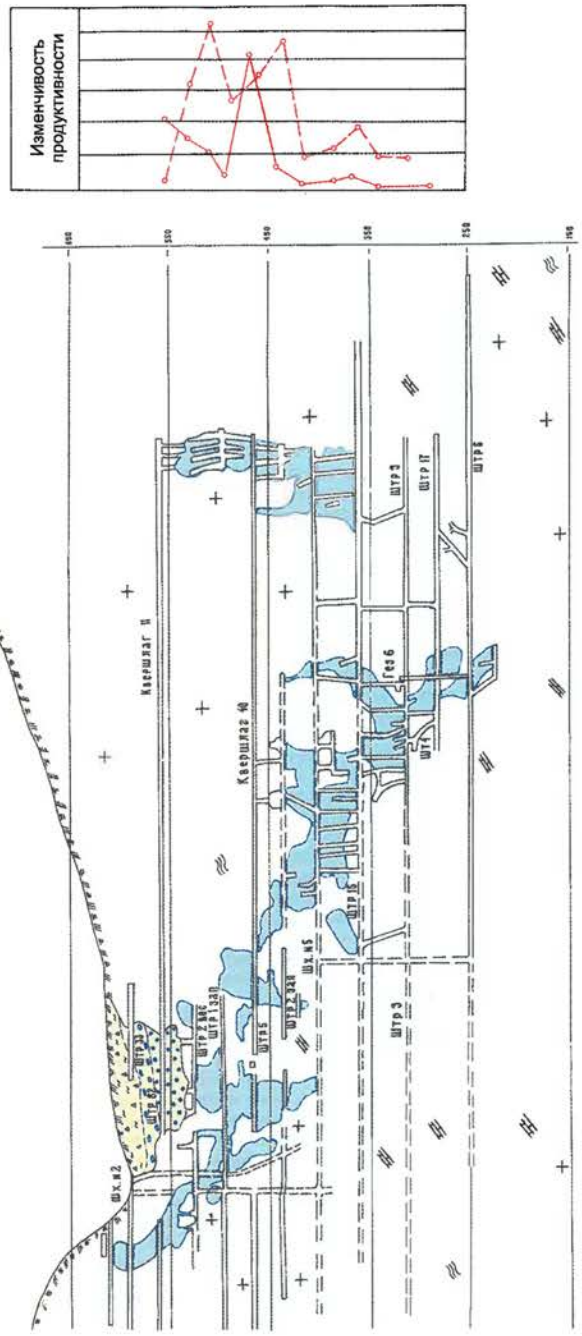


Рис. 3.123. Продольная проекция Ольховского золоторудного месторождения (по материалам Артемовского рудника)

Мергели представляют собой серые тонкослоистые породы, сложенные криптокристаллическим кальцитом и глинистым материалом. Они образуют маломощные прослои среди песчаников и туфопесчаников.

Лито-кристаллокластические туфы распространены на площади месторождения достаточно широко и представляют собой серые, зеленовато-серые породы с мелкозернистой основной массой, среди которой выделяются обломки плагиоклаза, кварца и пород различного литологического состава.

Конгломераты распространены незначительно и, как правило, плохо отсортированы. Их слабоокатанные обломки (гравий, валуны, глыбы) представлены известняками, песчаниками, порфиритами, кварцитами, сцементированными песчаным или песчано-глинистым цементом.

Туфо- и лавоконгломераты встречаются относительно редко вблизи контакта известняков с порфиритами. Обычно это темные, зеленовато-серые породы, состоящие их туфового или лавового материала, цементирующего розовато-серые обломки мраморизованных известняков.

К осиновской свите ($Є_2os$) отнесена толща вулканогенно-терригенных пород с конгломератами в основании, несогласно залегающая на карбонатно-вулканогенно-терригенных породах нижележащей балахтисонской свиты. В районе месторождения большинством исследователей отмечается трансгрессивное залегание терригенно-эффузивных пород на карбонатных отложениях.

Мощность базальных конгломератов и конгломерато-брекчий достигает 1 м. Конгломераты характеризуются большим разнообразием обломочного материала, в составе которого наблюдаются различные эффузивные породы - от кислых до основных, реже - пелитовые туфы, кварциты, песчаники, сланцы, гравелиты, граниты, диориты, известняки и кварц. Обломочный материал характеризуется равномерной, хорошей степенью окатанности и отсутствием крупных валунов. Цемент пород базальный или пленочный, представлен туфогенными песчаниками и реже известковым материалом.

Поверхность подстилающих известняков неровная, с карманами, которые местами заполнены известковой брекчией, а также лиловыми и зеленовато-серыми карбонатно-глинистыми породами.

Интрузивные образования

Интрузивные породы представлены габбро, габбро-диоритами, диоритами, тоналитами, гранитами, плагиогранитами, гранодиоритами и дайковыми образованиями, слагающими Ольховский массив ольховского комплекса ($Є_{2-3}ol$). По данным В.Л. Хомичева, В.Н. Воробьева, В.М. Даценко (1992) Ольховский массив является западной частью Шиндинского плутона, вытянутого с северо-запада на юго-восток на 120 км при ширине 10-25 км. По морфологии Ольховский массив определяется как межформационный лакколит, мощность которого по геофизическим данным не превышает 5 км. В контактовых зонах массива, в тектонических нарушениях локализованы дайки и золотоносные кварц-сульфидные тела.

Ольховский массив имеет относительно простое строение и состав. Ядерная часть массива (2/3 площади массива) сложена однородными средне-крупнозернистыми светло-серыми биотит-роговообманковыми гранодиоритами, плавно переходящими с одной стороны к плагиогранитам и, с другой стороны, - к адамеллитам и гранитам. В эндоконтактовой зоне шириной до 3 км отмечается более широкое разнообразие пород: гранодиориты, плагиограниты, кварцевые диориты, меланократовые диориты, сиенодиориты, габбро-диориты, амфиболизированные габбро (Хомичев, Воробьев, Даценко, 1992).

По петрографическому составу, петрохимическим особенностям все гранитоиды образуют непрерывный ряд пород с постепенными переходами между ними. Они характеризуются преобладанием плагиоклазов над калишпатами, натрия над калием (на 1-2%) и высокой железистостью. Все породы перенасыщены глиноземом, железо преобладает над магнием. Породы, расположенные вблизи золоторудных тел, характеризуются более высоким содержанием Si, Ca, Na, Fe, Mg, по-видимому, за счет распределения и привноса их гидротермальными послемагматическими растворами.

Габбро состоят из плагиоклаза (45-55%) и авгита. В габбро-норитах, наряду с клинопироксеном (авгитом) в равных или переменных количествах присутствует гиперстен. Плагиоклаз в габброидах полисинтетически сдвойникован (основной лабрадор, реже битовнит). Спорадически отмечаются оливин, биотит и кварц. Акцессорные минералы - магнетит, сфен, апатит, редко - циркон. Структура габбровая и габброфитовая. Первичный состав габброидов почти повсеместно затушеван процессами амфиболизации, уралитизации, актинолитизации, хлоритизации и эпидотизации.

Диориты сложены полисинтетически сдвойникованным, реже слабо зональным плагиоклазом № 40-45, роговой обманкой (25-35%) и кварцем (3-8%). В качестве примеси встречаются биотит, авгит. Акцессорные минералы - магнетит, сфен, апатит, циркон, вторичные - хлорит, эпидот, клиноцоизит. Структура - призматически-зернистая, часто нарушенная процессами окварцевания и биотитизации. Текстура массивная, на контакте с гранитоидами - такситовая. По химизму габбро и диориты относятся к породам нормального ряда и отличаются от соответствующих стандартных составов пониженной калиевостью и титанистостью.

В гранитах содержится до 25% микроклин-пертита, редко решетчатого, а в плагиогранитах его замещает олигоклаз. Полевые шпаты значительно варьируют как по составу, так и по степени упорядоченности. Соотношение TiO_2 и Al_2O_3 в биотитах позволяет считать, что Ольховский массив формировался в мезоабиссальных условиях.

Гранодиориты состоят из олигоклаз-андезина (42-50%), кварца (до 23%), бесструктурного микроклин-пертита (7-15%), обыкновенной роговой обманки (8-12%) и биотита (6-8%). Акцессорные минералы представлены магнетитом (до 6 кг/т), апатитом, сфеном, цирконом и пиритом. Структура гипидиоморфнозернистая с участками бластогранитовой за счет развития крупных блоков кварца.

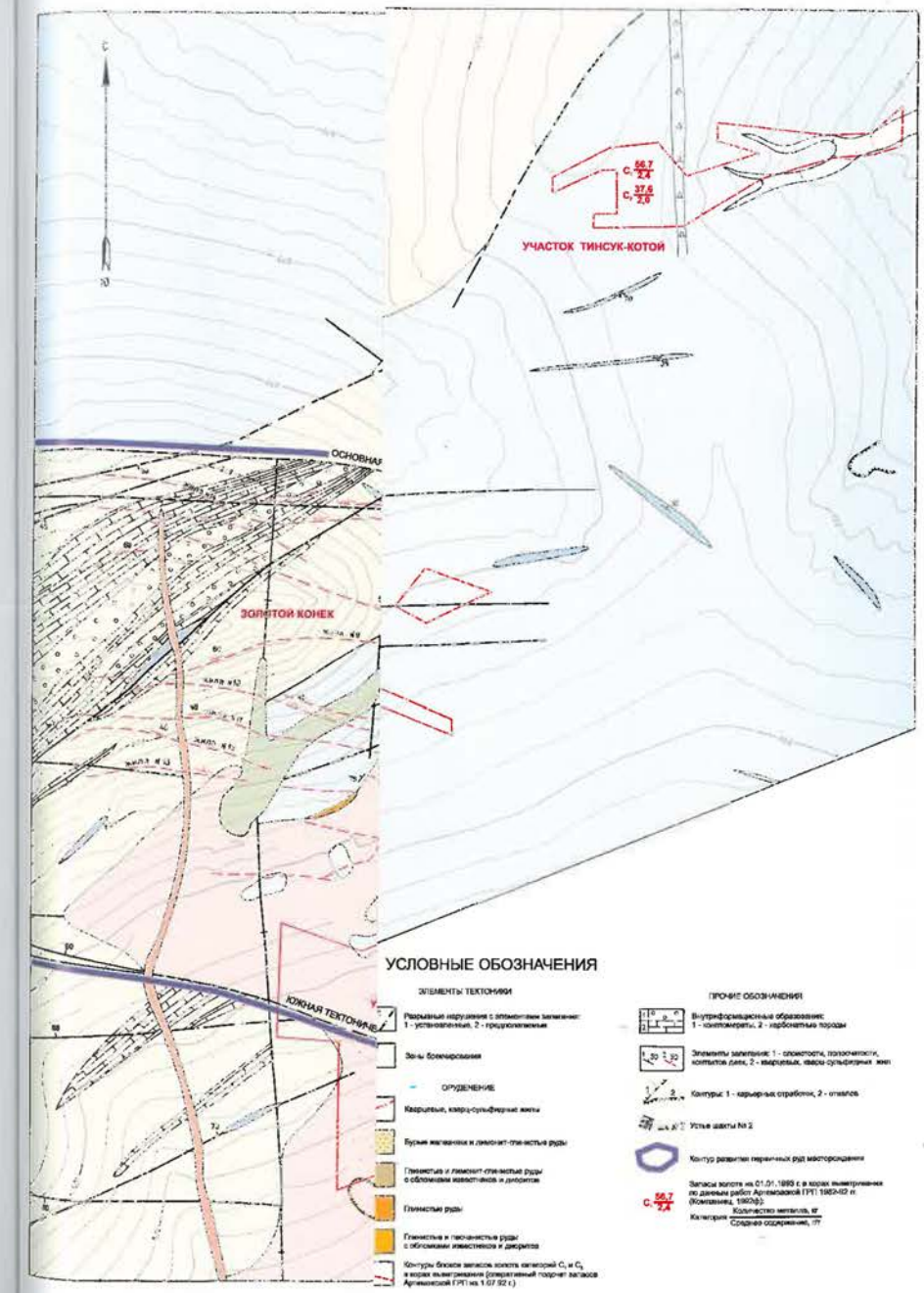
По отношению к породам Ольховского массива большинство исследователей различают три возрастные группы даек - доинтрузивные, синхронные времени становления интрузии и постинтрузивные. Большинство даек выполняют дизъюнктивные нарушения и их системы.

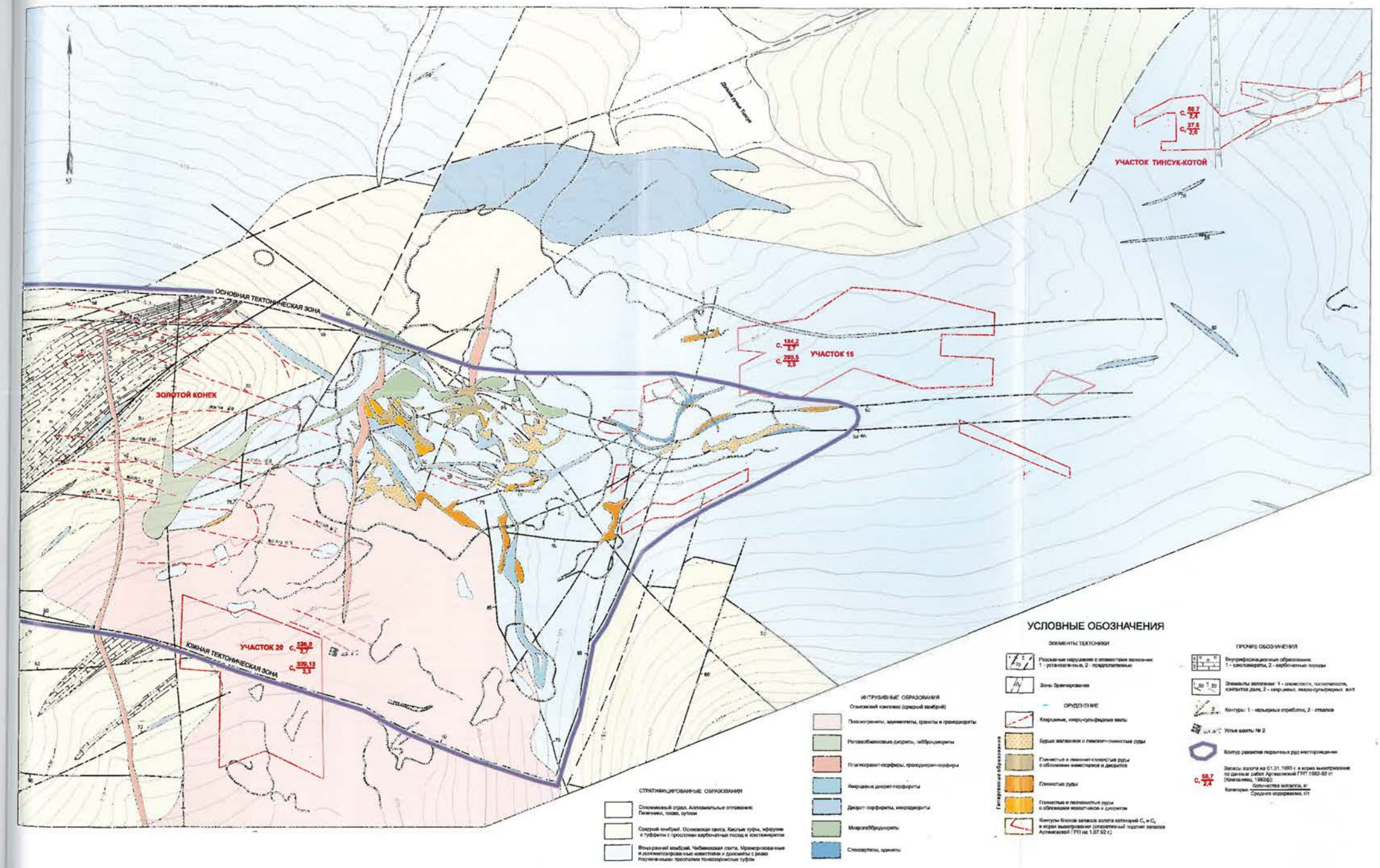
Метаморфические, гидротермальные и контактово-метасоматические образования

На площади Ольховского месторождения все породы в различной степени подвергнуты региональному и контактовому метаморфизму.

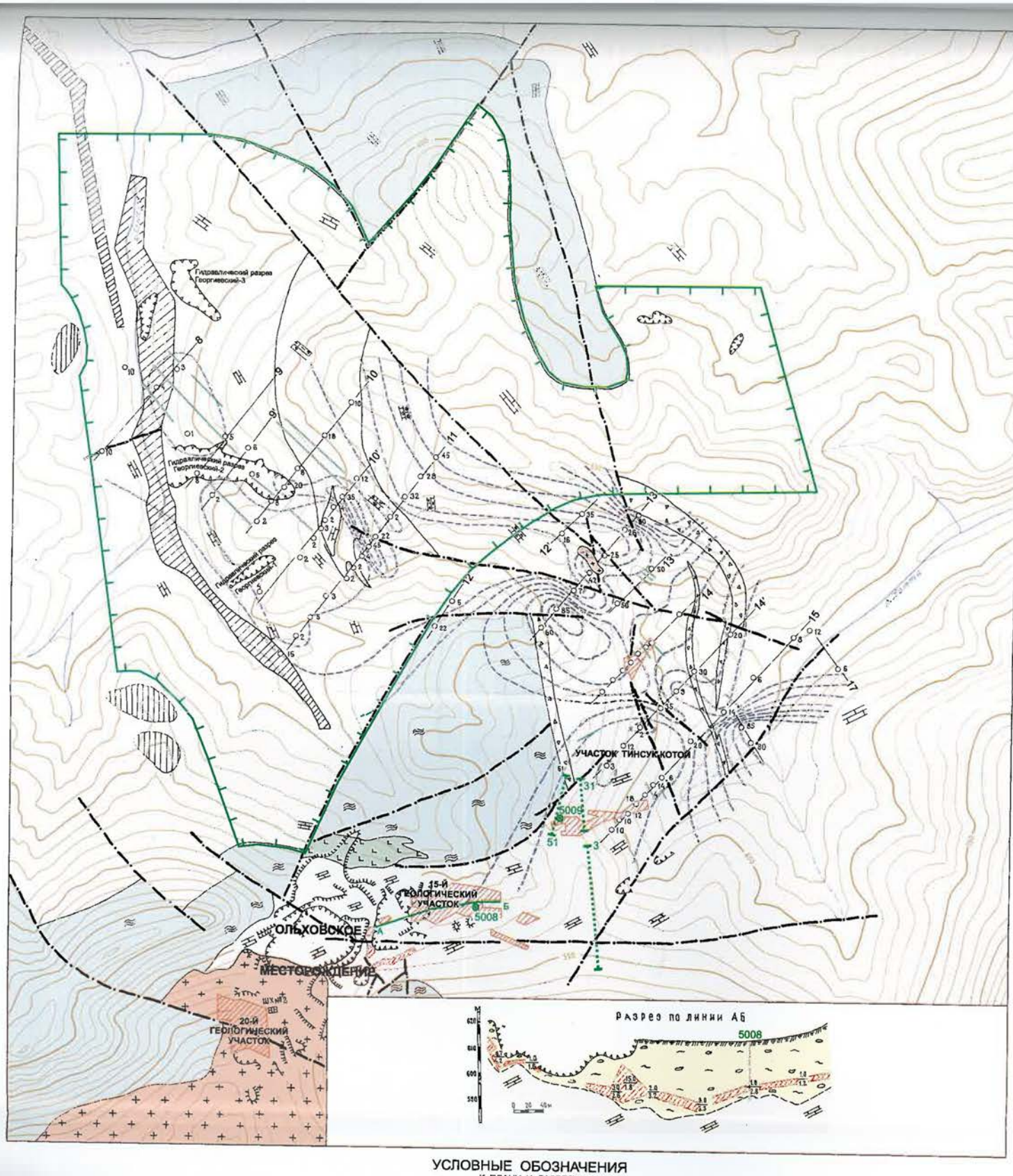
Региональный метаморфизм кембрийских отложений проявился в перекристаллизации карбонатных пород и зеленокаменном изменении эффузивов. Контактовый метаморфизм проявлен значительно шире - под влиянием внедрившейся магмы интенсивно проявились процессы мраморизации в известняках и ороговикование в кремнистых породах. В доломитизированных известняках и доломитах развились процессы серпентинизации с образованием офикальцита.

Продукты динамометаморфизма представлены милонитами и катаклазитами, в свою очередь, значительно измененными последующими гидротермальными процессами.





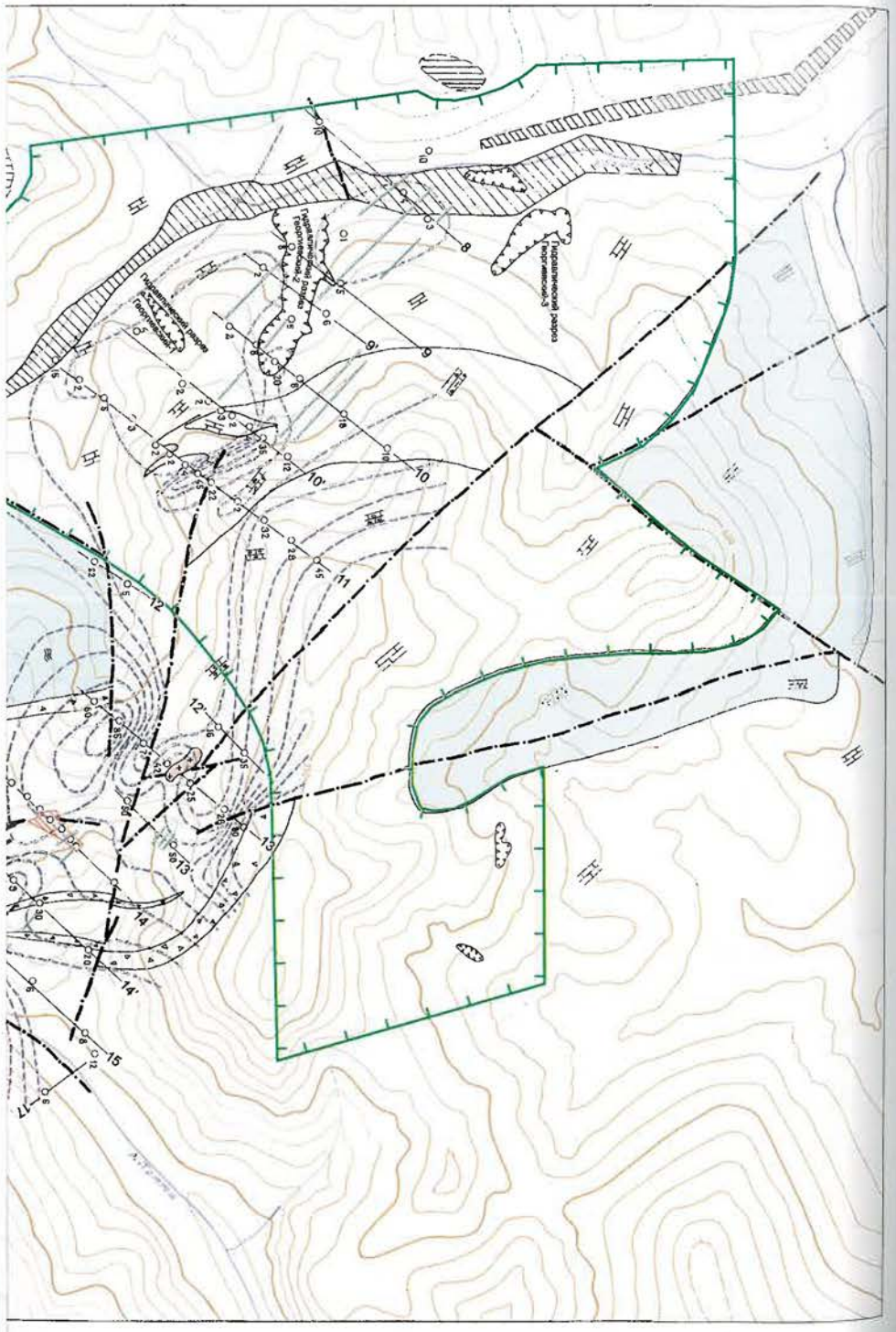
3.124. Геологический план Ольховского золоторудного месторождения (по материалам геологоразведочных работ)



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
К ПЛАНУ И РАЗРЕЗУ

- Осиновская свита. Алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, глинистые и кремнистые сланцы, линзы известняков
- Чибижекская свита. Известняки мраморизованные, доломиты, известняки брекчированные, известняковые конгломераты, прослои песчаников, глинистых сланцев, кремней
- Ольховский комплекс. Граниты, гранодиориты, плагиограниты
- Диоритовые порфириты
- Глинистые отложения коры химического выветривания
- Известняки мраморизованные, доломиты
- Известняки брекчированные
- Известняковые конгломераты (калькаренититы)
- Зоны дробления, брекчирования пород
- Тектонические нарушения
- Обнажения коренных пород
- Контуры карьерных выработок
- Контуры отвалов
- Скважины поискового бурения на коренное золоторудение (Артемовская ГРП, 1984-91 гг.), мощность рыхлых образований, м
- 5009 Шурфоскважины (Артемовская ГРП, 1999 г.), их номера
- 3 Профили опытно-методических сейсмологических исследований ЦГИ "Прогноз", 1998 г., их номера
- Сланцы глинистые и известково-глинистые, песчаники, конгломераты с прослоями известняков, песчано-туфогенные породы
- Песчаники, алевролиты
- Дайки микродиоритов, диоритовых порфиритов
- Изопахиты рыхлых образований через 10 м, начиная с мощности в 5 м
- 0.6/0.3 Параметры рудных тел на разрезе: числитель - мощность, м; знаменатель - содержание, г/т
- Контуры подсчета запасов золота в "валунчатых" рудах (Артемовская ГРП, 1962-92 гг.)
- Контуры подсчета запасов россыпного золота в русловых отложениях
- Контуры подсчета запасов россыпного золота в террасовых отложениях
- Контуры авторского подсчета ресурсов золота в корах химического выветривания

Рис. 3.125. План подсчета прогнозных ресурсов Ольховского участка



Метасоматические процессы, в совокупности с гидротермальными, проявились непосредственно в экзо- и эндоконтакте интрузии с образованием золотоносных колчеданных залежей. По трещинам и тектонически ослабленным зонам в краевых частях интрузии, а также по легко проницаемым породам развивались гидротермальные процессы, с которыми связывают образование золотоносных кварц-сульфидных жил, скарнов и мелкопрожилковых, прокварцованных рудных зон штокверкового типа.

Интенсивность и характер контактового, контактово-метасоматического и гидротермального изменений вмещающих интрузию пород и закономерности их пространственного размещения определяются многочисленными и разнообразными факторами. Наряду с глубиной становления, составом и морфологией интрузивного массива и особенностями строения его контактов, большое значение имели литологический состав вмещающих пород, их химические, физико-механические свойства и условия залегания, а также дизъюнктивная тектоника, ее интенсивность, степень насыщенности нарушениями и элементы их залегания.

Ороговикование и контактово-метасоматические изменения пород наиболее интенсивно проявились на участках, где интрузивный контакт полого погружается в строну вмещающих пород. Особенно интенсивно ороговикование и контактово-метасоматические изменения происходили в тектонически нарушенных участках, а также в местах пересечения различно ориентированных систем нарушений. Нередко они распространяются на значительное расстояние от интрузии вдоль тектонических зон, ориентированных перпендикулярно или под большим углом к плоскости интрузивного контакта.

Значительно ороговикованные породы и типичные роговики имеют лиловый оттенок, неразличимо- или мелкозернистую структуры, иногда раковистый излом. По преобладанию в составе роговиков минералов В.А. Булынников (1964) подразделил их на 4 группы: кварц-плагиоклазовые, биотит-кварц-плагиоклазовые, биотит-актинолитовые, кварц-биотитовые.

Гипергенные образования

Изучение продуктов корообразования на Ольховском месторождении на предмет их золотоносности проводилось эпизодически и бессистемно. В разные годы, в рамках тематических работ различного направления их исследованием занимались М.Н. Шмидт (1942 г.), Н.Е. Мартьянов (1955 г.), А.М. Хазагаров и В.А. Куцаенко (1964, 1969 г.) и другие. Целенаправленные научно-тематические и оценочные работы начались лишь в последние два десятилетия (Никифорович, 1985 г.; Конышев, 1988 г., Компаниец, 1992 г.; Сердюк, Ояберь, 2002 г.).

На площади месторождения рыхлые отложения коры выветривания распространены значительно. Они широкой полосой протягиваются вдоль выходов карбонатных пород чибижекской свиты от восточных флангов месторождения на восток, охватывая площадь 15-го и 20-го разведочных участков, выходя за их пределы, и протягиваются на север по водораздельной части и верховьям рек Тинсука и Котоя. По различным признакам выделено несколько типов кор выветривания (Сердюк, Ояберь, 2002).

По минеральному составу преобладают коры выветривания каолинитового, каолинит-гидрослюдистого типов и окисленных сульфидных руд. По условиям залегания выделены остаточный и переотложенный типы кор выветривания.

Остаточный тип кор выветривания пользуется на площади месторождения площадным распространением и встречается только в пределах пологих приводораздельных поверхностей. Мощность коры выветривания остаточного типа варьирует от первых метров до 40-50 м. К настоящему времени они сохранились в виде небольших маломощных останцов в тех местах, где присутствует мощный чехол вышележащих осадков, предохранивших их от размыва. Для продуктов коры выветривания этого типа характерной особенностью является сохранившаяся в разной степени структура исходных материнских пород. Наиболее мощные остаточные коры выветривания развиваются по диоритам, туфам порфиритов и туфогенным породам, глинистым сланцам и аргиллитам. Минимальная мощность характерна для роговиков и известняков.

Вещественный состав остаточных кор выветривания представлен интенсивно лимонитизированными красными, бурыми, коричневыми, желтыми и белыми глинами, часто содержащими железистые и марганцевые конкреции.

Продукты выветривания различных метаморфических и осадочных пород имеют существенные различия. Кора выветривания известняков представлена двумя разновидностями, которые определяются их первоначальным составом. Чистые известняки при выветривании дают образования типа terra-rossa. «Загрязненные» известняки (глинистые, доломитизированные, графитистые) при выветривании сохраняют окраску и структуру исходной породы.

Terra-rossa представляет собой глинисто-суглинистую массу от малиново-красного до буро-коричневого цвета с включением плотных конкреций и корок бурого железняка, заполняющую карстовые полости и ложбины. Часто продукты выветривания встречаются в виде трещиноватых полуразложенных известняков, пропитанных гидроокислами железа, реже марганца.

Баланс химического состава исходных известняков и продуктов их выветривания (Добродеев, 1967 г.) показывает, что за счет полного выщелачивания карбонатов происходит сильное обогащение продуктов выветривания Si, Al и Fe, а также Ti и Mn. Очевидно, что в процессе выветривания выносились только карбонаты кальция и магния, а остальные элементы накапливались. Красные тона продуктам выветривания придают окисные формы железа, находящиеся как в тонкодисперсном состоянии, так и в форме конкреций.

Особую разновидность представляет кора выветривания темных мраморовидных известняков, издающих при раскалывании сильный запах сероводорода. Свежий известняк сложен хорошо раскристаллизованным кальцитом, чередующимся со слоями темного рассеянного органического вещества. Переход от свежих известняков к выветрелой части постепенный, переходная зона маломощная. При выщелачивании карбонатов происходило значительное уплотнение продуктов коры выветривания, в результате чего наблюдается микрослоистое сложение коры выветривания из чередующихся слоев глины и тонкодисперсного органического вещества.

Химический состав свежего известняка и продуктов его выветривания показывает, что происходило относительное накопление кремнезема, глинозема, а также железа и титана за счет выщелачивания карбонатов кальция и частично магния. Железо накапливается менее интенсивно, чем алюминий и кремнезем. Это объясняется присутствием большого количества органического вещества, способствовавшего большей подвижности железа.

Над поверхностью роговиков слой элювиальных глин отличается иссиня-черным цветом и весьма небольшой мощностью (10-15 см). Нередко он вообще отсутствует и темно-бурые глины, переполненные обломками и щебнем роговиков и диоритовых пород, залегают непосредственно на коренных роговиках.

Как правило, кора выветривания остаточного типа пе-

рекрыта продуктами выветривания переотложенного типа.

Переотложенные коры выветривания представлены скоплениями элювиально-делювиальных, делювиальных, делювиально-пролювиальных образований, возникших путем переотложения продуктов коры выветривания по склонам возвышенностей и у их подножия. Кроме того, они выполняют впадины древнего рельефа и системы карстовых воронок различных размеров. Цепочки карстовых воронок, имеющих овальную с поверхности форму и конусообразно уходящие на глубину до 140 м, развиты вдоль разрывных нарушений. Они заполнены глиной красного цвета и содержат обломки пород различного петрографического состава. Такие образования наиболее характерны для глубокозалегающей залежи участка Тинсук-Котой.

Продукты коры выветривания переотложенного типа представлены ярко окрашенными (красными, желтыми) глинами с редкими обломками наиболее стойких к выветриванию пород - лидитов, кварцитов, железистых конкреций, оолитами псиломелана и обломками каменистых бокситов. Средняя мощность переотложенной коры выветривания составляет 5-10 м, а максимальная - 15-140 м. Минералогический состав глин переотложенной коры выветривания достаточно разнообразен: от монтмориллонит-каолинитового в нижней части разреза до каолинитового с гидроокислами железа в верхней части.

Набор шлиховых минералов в корах химического выветривания Ольховского месторождения достаточно ограничен и представлен, как правило, устойчивыми и весьма устойчивыми в условиях гипергенеза ильменитом, апатитом, рутилом, реже окисленным пиритом, хромитом, монацитом, сфеном. Повсеместно в весовых количествах отмечаются аутигенные минералы - гематит (мартит) и лимонит (псевдоморфозы по пириту), марганецсодержащие агрегаты минералов (пиролюзит, псиломелан и другие).

Структура рудного поля

В структурно-тектоническом отношении участок Ольховского месторождения характеризуется блоковым строением, обусловленным развитием многопорядковых разрывных нарушений. К тектоническим структурам I порядка относится Южная тектоническая зона, к структурам II порядка - Основная тектоническая зона. В плане месторождение локализуется в контуре блока пород, вытянутого в запад-северо-западном направлении, ограниченного с север-северо-запада Основной и с юго-запада Южной тектоническими зонами. В этом же направлении вытянут и выступ Ольховского гранитоидного массива, располагающийся в южной части упомянутого блока (рис. 3.126).

Основная тектоническая зона прослеживается в субширотном направлении от западного фланга месторождения, сохраняя на всем протяжении общее южное падение под углом 30-80°. Ее рудоконтролирующее значение выражается в том, что рудные тела месторождения локализуются, в основном, в ее висячем боку и частично, в самой зоне. Наблюдается отчетливая тенденция к выполаживанию зоны по восстанию. Эта структура характеризуется извилистостью и в пределах месторождения отчетливо делится на три части: восточную - азимут падения 160°, угол падения 50°, центральную - азимут падения 200°, угол падения 70° и западную - азимут падения 140°, угол падения 60°.

Южная тектоническая зона прослеживается в запад-северо-западном направлении (азимут падения 20°, угол падения 60-75°) и представлена несколькими сближенными в пространстве плоскостями скольжения, переходящими местами в зоны дробления и милонитизации, мощность которых варьирует от 1 до 3 м. В отличие от Основной тектонической зоны, Южная отличается выдержанностью элементов залегания, как по падению, так и по простиранию. Особенно отчетливо структура прослеживается в своей центральной и западной частях, где она проходит по южному контакту гранитоидного выступа и далее по роговикам. Восточная часть зоны, проходящая в гранитах, выражена слабее и практически не изучена.

Обе дизъюнктивные зоны составляют основу блокового строения месторождения, осложненную системой более мелких нарушений. Оруденение концентрируется, в основном, в узлах сопряжения крутопадающих восток-северо-восточных, запад-северо-западных и пологопадающих субширотных тектонических зон. Кроме того, обе зоны сопровождаются системами оперяющих трещин скола и отрыва, образующими сложный тектонический каркас и контролирующими размещение рудных тел. На месторождении выделены (Булынников, 1985 г.) 5 основных систем трещин (табл. 3.137).

Преобладающими из них являются I и IV системы трещин, к которым приурочена основная продуктивная минерализация.

На площади месторождения выделяются два рудных пучка (Булынников, 1985 г.), расположенные по обе стороны от интрузивного выступа и резко отличающиеся друг от друга по величине, характеру минерализации и продуктивности - Ольховский и Юго-Западный (табл. 3.138, рис. 3.127, 3.128).

Ольховский пучок, в котором сосредоточены почти все промышленные сульфидные руды месторождения, разведан более детально. В его состав входят многочисленные сульфидные тела и кварцевые жилы, развитые в зоне «внешнего» (северо-восточного и северного) контакта интрузивного выступа. Выделяются Приконтактовая, Основная и Центральная рудные ветви пучка.

Приконтактовая рудная ветвь вытянута в северо-западном направлении и объединяет сульфидные тела и сульфидно-кварцевые жилы, развитые в зоне северо-восточного и северного контактов интрузивного выступа и кварцевые жилы г. Золотой Конек. Для кварцевых жил характерно субширотное простирание и пологое падение на север.

Сульфидные тела вытянуты вдоль интрузивных контактов и круто падают вблизи поверхности - преимущественно в северных румбах, а на глубине - в южных румбах. В плоскости контакта оруденение распространено неравномерно. Крупные сульфидные залежи и рои небольших рудных тел чаще всего образуются в местах сочленения интрузивного контакта с рудовмещающими структурами Центральной рудной ветви и с пологопадающими кварцевыми жилами. В первом случае сульфидные тела круто склоняются на юго-восток, а во втором случае они вытянуты почти в горизонтальном направлении.

Основная рудная ветвь приурочена к одноименной зоне смятия, проходящей в карбонатных породах в 0,1-0,5 км к северу от контакта интрузивного выступа. Сульфидные тела локализованы преимущественно вблизи места ее сочленения с рудовмещающими нарушениями Центральной рудной ветви и круто склоняются на юго-восток. Углы склонения оруденения в ней полностью соответствуют углам падения рудовмещающих нарушений Центральной ветви.

В состав Центральной рудной ветви входят сульфидные тела, залегающие в поперечных к Приконтактовой и Основной ветвям разрывных нарушениях, круто падающих на юго-восток. Оруденение в них проявляется особенно интенсивно, часто в виде крупных мощных тел, круто склоняющихся на юго-запад или на северо-восток, то есть в направлении Приконтактовой и Основной рудных ветвей (рис. 3.129).

Дайки диоритовых пород отмечаются чаще в рудовмещающих или субпараллельных им нарушениях и ориентированы обычно в тех же направлениях, что и сульфидные тела.

Рудные ветви пучка структурно связаны и проявляют тенденцию к сближению и выклиниванию на глубине. Веерообразно соединенные рудные ветви постепенно погружаются на юго-восток. С глубиной постепенно уменьшаются и площади горизонтальных сечений пучка, количество рудных тел и объем руды. В прикорневой части пучка происходит сближение всех рудных ветвей и уменьшение размеров рудных тел. Характерным является образование над прикорневой частью пучка крупного крутопадающего сульфидного тела трубообразной формы, диаметром до 50 м.

Пучок имеет форму опрокинутого конуса, вершина которого смещена относительно центра на юго-восток. В эту фигуру вписываются многие дорудные дайки среднего и основного состава. По классификации П.Ф. Иванкина (1970), пучок относится к типу односторонних, уплощенно конических. Основные его линейные и угловые параметры приведены в таблице 3.139.

Изучение формы, строения и закономерностей ветвления рудных тел позволило составить объемную графическую модель развития гидротермального потока по восстанию рудовмещающих разрывных структур. На нижних горизонтах он представлен тремя круто восходящими струями. Выше, вследствие проникновения растворов от главных рудовмещающих нарушений в оперяющие и субпараллельные трещины происходило разветвление потока на множество мелких струй. При этом сохранилось общее восстающее северо-западное направление движения рудоносных растворов, совпадающее, в целом, с ориентировкой в пространстве интрузивного выступа. Вместе с тем, в глубинных частях пучка растворы двигались и почти вертикально, образовав крупное сульфидное тело трубообразной формы.

Характерной особенностью Ольховского месторождения является наличие структурно-морфологической зональности, проявляющейся в изменении формы, строения и мощности рудовмещающих структур, отдельных рудных тел и их пучков с глубиной.

Верхние зоны рудных пучков сложены, в основном, маломощными кварцевыми жилами и прожилками, реже сульфидными телами гнездо- и линзообразной формы, приуроченных к небольшим трещинам, развитым на продолжении крупных ("стволовых") разрывных структур. Центральные, максимально расширенные зоны пучков, включают большое количество рудных тел. Сульфидные тела и кварцевые жилы локализуются в мощных и протяженных разрывных нарушениях, сопровождающихся многочисленными оперяющими и субпараллельными трещинами. В таких зонах рудные тела крупные, мощные, часто имеют апофизы в лежачем и висячем боках рудовмещающих структур. В местах экранирования рудоносных растворов контактами пород или разрывными нарушениями, мощность рудных тел резко увеличивается и они приобретают сложную форму и строение.

С глубиной величина рудных тел и количество апофиз постепенно уменьшаются - строение и форма рудных тел становятся более простыми и однообразными. Нижние зоны пучков представлены, главным образом, единичными, тонкими кварцевыми жилами и небольшими сульфидными телами жило- и гнездообразной формы.

Таблица 3.137

Системы трещин вмещающих пород Ольховского месторождения
(по материалам В.А. Булынникова, 1985 г.)

Название породы	Система	Азимут падения	Угол падения
Гранитоиды приконтактовой зоны	I	10-40	20-42
	II	135-150	50
	III	70-90	70-80
Роговики и мраморы	I	20-30	30-60
	II	130-150	40-75
	III	70-110	50-80
	IV	330-350	25-60
	V	230-300	30-35

Морфология и вещественный состав рудных тел

На месторождении развиты гипогенные (первичные) и гипергенные (окисленные или коры выветривания) руды. Характерной особенностью месторождения является отчетливая зависимость формы и строения рудных тел от литологического состава вмещающих пород. В карбонатных породах локализованы тела сплошных и прожилково-вкрапленных сульфидных и сульфидно-гематитовых руд, а в силикатных породах - кварцевые и сульфидно-кварцевые жилы и прожилки. Все типы рудных тел образованы едиными рудоносными растворами, имеют сложный состав и отличаются друг от друга по морфологии и по количеству присутствующих в них сульфидов и кварца. Сульфидные, сульфидно-гематитовые тела и кварцевые жилы тесно связаны и обычно сменяют друг друга при переходе рудовмещающих разрывных структур из одной литологической среды в другую.

Первичные руды

Первичные руды представлены кварцевыми жилами, сульфидными рудами (сплошными и вкрапленными). Кварцевые жилы образуются путем выполнения гидротер-

Таблица 3.138

Величина и интенсивность оруденения отдельных горизонтов рудных пучков Ольховского месторождения (по материалам В.А. Булынникова, 1985 г.)

Горизонтальная отметка, м	Площадь, усл. ед		Кол-во рудных тел	Ср. сод. золота, г/т	Коэф-нт рудоносности, (б/а)
	Пучка (а)	Руды (б)			
Поверхность	35 500	1 370	16	25,0	0,039
I-583	33 500	997	32	19,6	0,030
II-553	25 500	533	23	17,1	0,021
III-520	19 000	357	30	11,2	0,019
IV-490	16 000	319	20	11,0	0,020
V-460	10 000	327	20	10,5	0,026
VI-423	12 500	263	17	10,4	0,021
VII-393	15 000	441	30	11,2	0,029
VIII-350	14 000	179	24	10,5	0,013
IX-305	12 500	115	20	19,3	0,009
X-275	8 500	37	12	7,7	0,004
XI-245	6 500	5	6	6,1	0,0007
XII-215	4 000	4	4	4,3	0,001

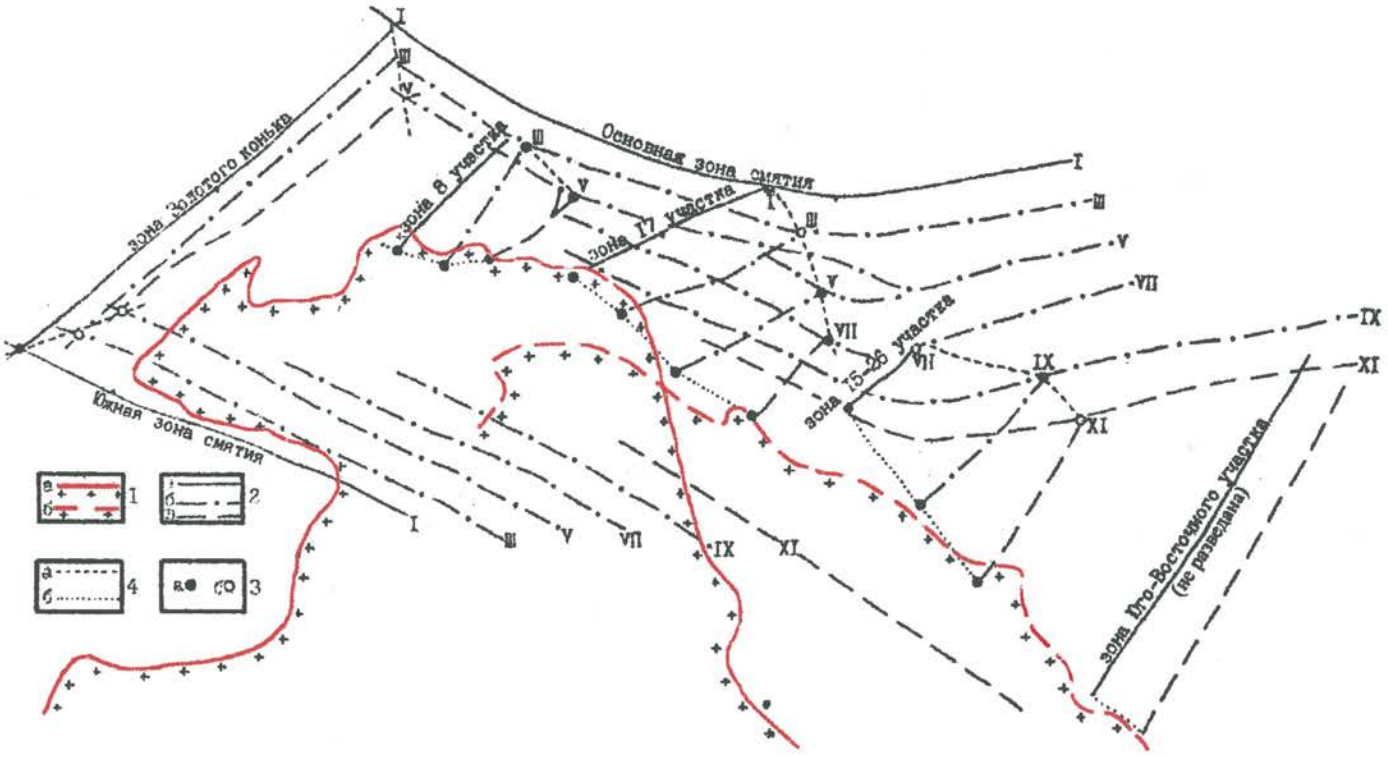


Рис. 3.126. Схема размещения и соотношения главных разрывных структур Ольховского месторождения
(по материалам В.А. Булынникова, 1985)

1 - контакты интрузивного выступа: а - на поверхности, б - на XI горизонте; 2 - разрывные структуры: а - на верхних, б - на средних, в - на нижних горизонтах; 3 - места сочленения разрывных структур; а - рудные, б - безрудные; 4 - линии сочленения разрывных структур:а - между собой, б - с интрузивным контактом. Римские цифры обозначают номера эксплуатационно-разведочных горизонтов

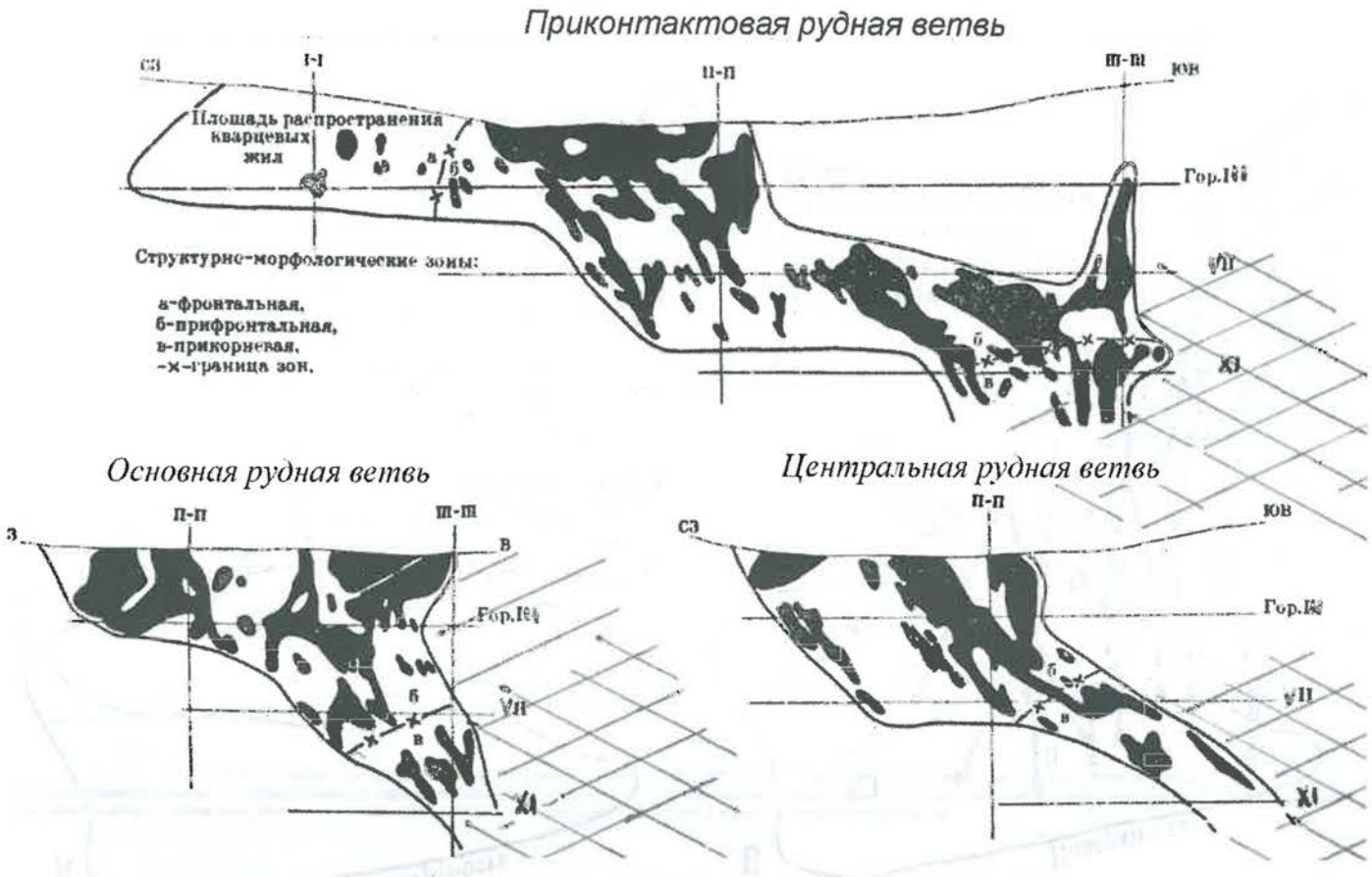


Рис. 3.127. Продольные проекции рудных ветвей Ольховского пучка (по материалам В.А. Булынникова, 1985 г.)

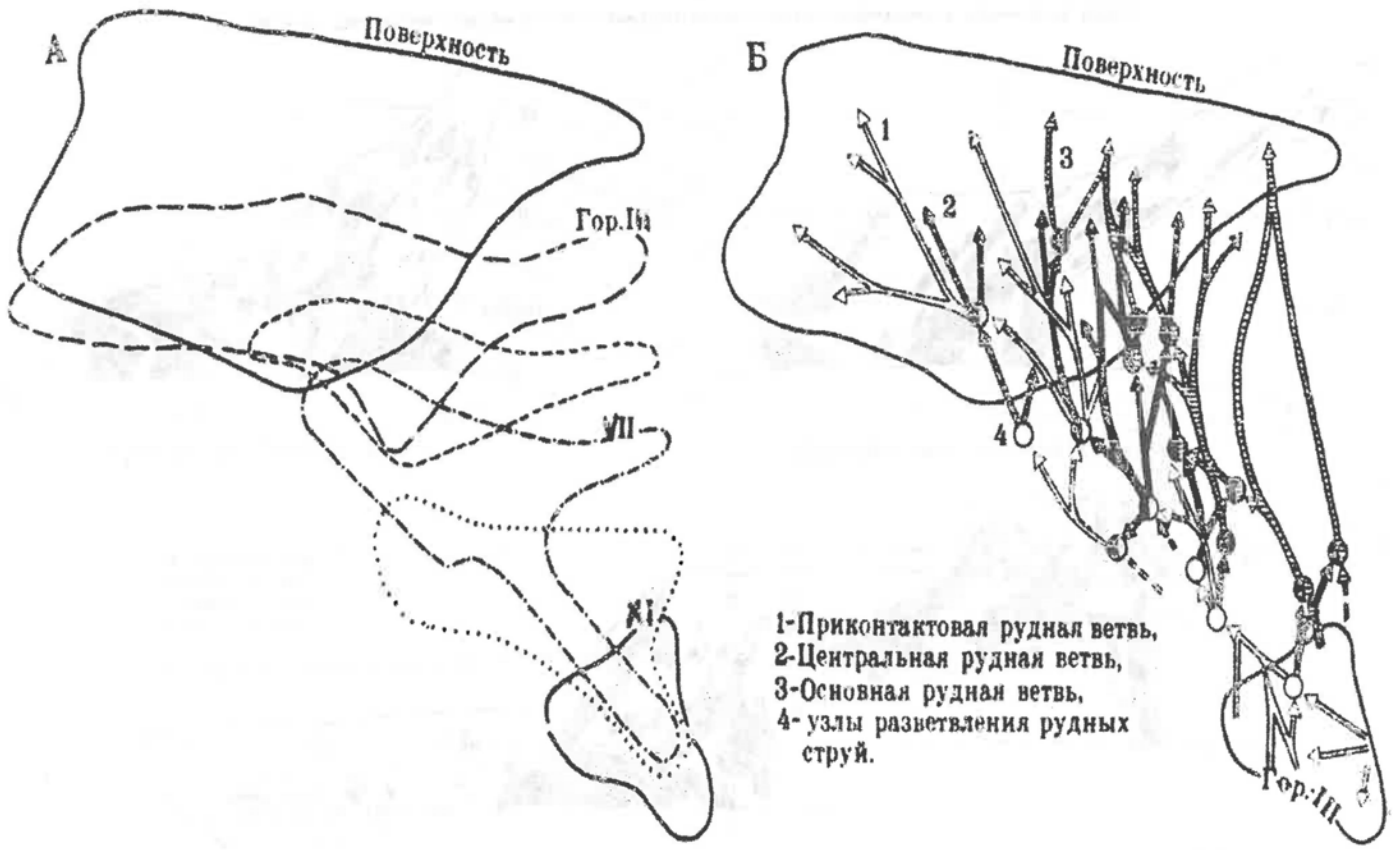


Рис. 3.128. Объемная фигура (а) и схема ветвления рудных тел (б) Ольховского рудного пучка (по материалам В.А. Булынникова, 1985)

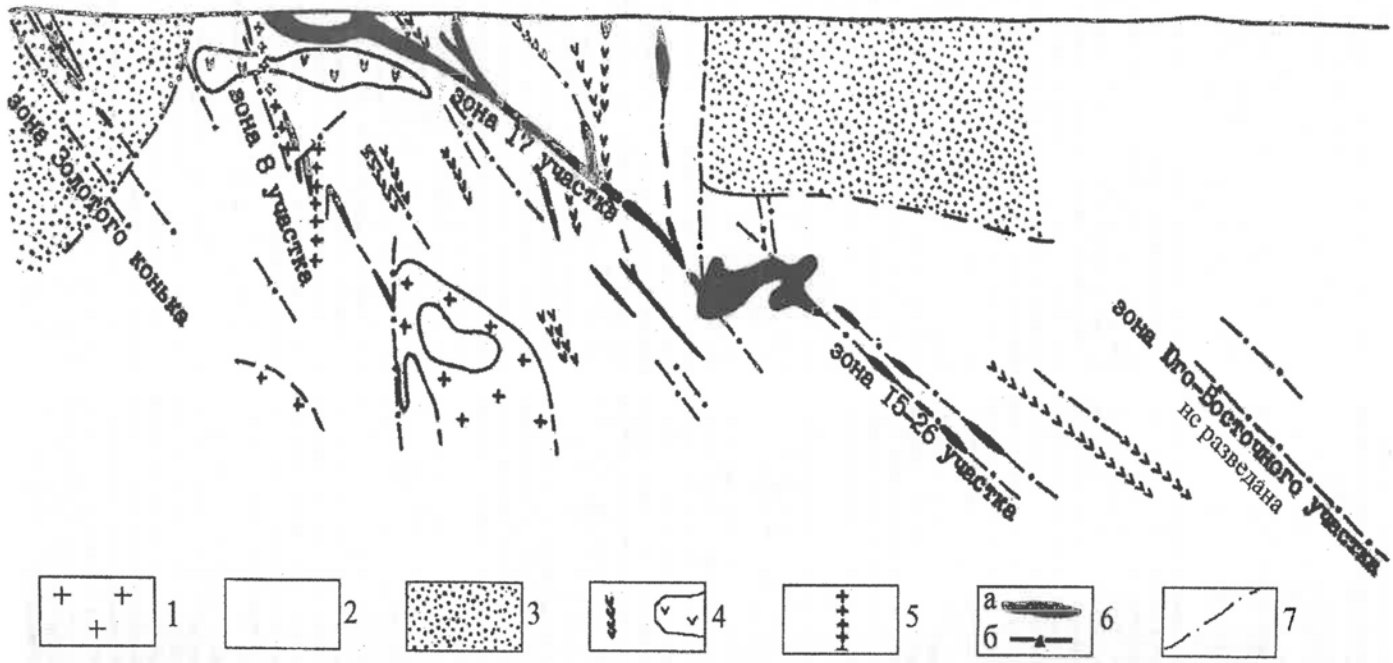


Рис. 3.129. Схематичный поперечный разрез Центральной рудной зоны Ольховского пучка (по материалам В.А. Булынникова, 1985 г.)
1 – плагиограниты, граниты; 2 – мраморизованные и доломитизированные известняки; 3 – ороговикованные вулканогенно-осадочные отложения; 4 – дайки микродиоритов, диоритовых порфиритов, спессартитов; 5 – дайки кварцевых порфиров; 6 – рудные тела: а – сульфидные, б – кварцевые жилы; 7 – разрывные нарушения

Таблица 3.139

Величина и продуктивность рудных пучков Ольховского месторождения (по материалам В.А. Булынникова, 1985 г.)

Рудный пучок	Объем, %						Количество, %				
	пучков	рудных тел	В т.ч.:		даек	всего	рудных тел	В т.ч.:		даек	всего
			сульфидных	квар цевых				сульфидных	кварцевых		
Ольховский	78,53	2,08	1,99	0,09	2,09	82,7	68,0	58,03	9,97	18,5	86,55
Юго-Западный	16,8	0,1	-	0,10	0,40	17,3	13,25	-	13,25	0,2	13,45
Всего	95,3	2,18	1,99	0,19	2,49	100	81,25	58,03	23,22	18,7	100

мальными растворами разрывных структур, развитых в интрузивных породах, в ороговикованных вулканогенно-осадочных отложениях и окремненных известняках. Жилы сложены кварцем нескольких генераций и содержат примесь кальцита, реже анкерита и сидерита. Из рудных минералов преобладает пирит и пирротин. В меньшем количестве присутствуют халькопирит, борнит, блеклая руда, сфалерит и арсенопирит. Галенит, висмутин, гессит, золото и другие рудные минералы обычно присутствуют в виде тонкой рассеянной вкрапленности и чаще обнаруживаются при микроскопическом исследовании. Количество сульфидов изменяется в больших пределах - от 3-5% до 15-20%.

Всего на месторождении выявлено около 30 промышленно значимых кварцевых жил, залегающих: в гранитоидах (жила Крещенская и №2-6), метасоматических породах (№8-13 и жила Крещенская), на западном фланге - жилы №51, 52, 62, 63, 64 и 65, в северной части западного фланга - жилы №54, 55, 14, 7 и 59.

Жилы, преимущественно, небольшие и маломощные. Длина их по простиранию и падению изменяется от нескольких десятков метров до первых сотен метров, в среднем составляя 100-200 м.

Строение жил чаще всего зависит от состава вмещающих пород. В однородных по составу силикатных породах жилы обычно прямолинейные или слегка изогнутые, с четкими тектоническими контактами, с глинкой трения и зеркалами скольжения. Мощности их, в целом, небольшие (0,2-0,5 м), но достаточно выдержанные, с редкими небольшими раздувами и пережимами. Некоторые жилы сопровождаются апофизами, отходящими под острым углом в лежачие и висячие бока.

В карбонатных породах кварцевые жилы встречаются редко. Обычно они сильно обогащены сульфидами, имеют нечеткие извилистые контуры и невыдержанные мощности с крупными раздувами, пережимами и короткими апофизными ответвлениями.

В жилах, развитых в слоистых толщах, четко выражена структурная и морфологическая неоднородность. Особенно отчетливо она наблюдается в местах пересечения рудовмещающими трещинами относительно маломощных прослоев внутриформационных известняков, где происходит многократное увеличение мощности жил и количества в них пирротина и пирита. В этом случае кварцевые жилы, подобно сульфидным телам, приобретают правильную гнездо- и линзообразную форму с нечеткими неровными зальбандами и многочисленными небольшими ответвлениями.

В мощных зонах смятия, развитых в однородных по составу гранитоидных породах, оруденение проявляется в виде крупных тел плитообразной формы или неравномерно минерализованных кварцево-жильных зон. Последние состоят из большого количества сульфидно-кварцевых прожилков, тонких жил и линз, ориентированных субпараллельно. Местами они сливаются по простиранию или падению структур, образуя одно крупное, сложной конфигурации кварцево-жильное тело или, наоборот, рассредоточиваются по многочисленным оперяющим и субпараллельным трещинам, образуя штокверки мощностью до 10-12 м.

Сульфидные тела локализуются в карбонатных породах и на контактах с гранитоидными выступами, дорудными дайками кислого, среднего и основного составов, реже с ороговикованными вулканогенно-осадочными отложениями.

Преобладают сульфидные тела неправильной гнездо-, жило-, линзо- и трубообразной формы, обычно сопровождающиеся небольшими апофизами. Мощности рудных тел невыдержанные с наличием большого количества различных по величине раздувов и пережимов. Контакты тел неровные, извилистые, часто затушеваны зонами рассеянной прожилково-вкрапленной минерализации того же состава. Мощность таких зон изменяется от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Тектонические контакты очень редки и они, как правило, четкие, прямолинейные, с глинками трения и зеркалами скольжения.

На месторождении отчетливо проявлена зависимость формы и строения рудных тел от элементов залегания рудовмещающих разрывных структур, их взаимоотношения между собой, с безрудными трещинами, дизъюнктивами, литологическими экранами. Сульфидные тела гнездообразной формы образуются чаще на флангах крупных рудовмещающих нарушений, в узлах их пересечения небольшими трещинами. Жилообразную форму приобретают обычно сульфидные тела, образовавшиеся в маломощных обособленных трещинах, проходящих в окварцованных известняках и сочленяющихся по падению с крупными рудовмещающими структурами. Сульфидные тела линзообразной формы локализуются, преимущественно, в узлах сочленения пологопадающих рудовмещающих структур с крутопадающими нарушениями или интрузивными контактами. Сульфидные тела трубообразной формы приурочены, в основном, к местам сочленения крутопадающих (в плане) рудовмещающих разрывных структур между собой, с безрудными разломами или контактами интрузивных пород, ограничивающими эти структуры на флангах. Крупные сульфидные тела амёбообразной формы приурочены к почти горизонтальным трещинам, тектоническим контактам карбонатных и вулканогенно-осадочных отложений, экранирующих сверху вертикально падающие сульфидные тела трубообразной формы.

Размеры сульфидных тел варьируют в широких пределах. По данным А.М. Хазагарова (1960 г.), распространенность различных по размерам сульфидных тел на Ольховском месторождении составляет (горизонтальная длина): до 10 м - 19,5%; 10-30 м - 50%; 30-50 м - 15,6%; 50-100 м - 10,7%; свыше 100 м - 4,2%. По падению рудные тела прослеживаются чаще всего на расстояние 10-30 и 50-100 м. Горизонтальная длина пологопадающих рудных тел обычно в 4-5 раз превышает их вертикальную протяженность - обратные соотношения этих параметров свойственны крутопадающим телам.

Сульфидные тела сложены, в основном, пирротином, пиритом, реже марказитом. Постоянно присутствует халькопирит, а сфалерит, арсенопирит, галенит, блеклая руда, борнит и золото пользуются ограниченным распространением. Кварц, кальцит, сидерит, анкерит, доломит образуют вкрапленность, небольшие гнезда и прожилки. Количество жильных минералов достигает 15-20% от объема сульфидов. Некоторые рудные тела содержат небольшое количество ксенолитов карбонатных пород и, по существу, представляют собой карбонатную брекчию, сцементированную сульфидами.

На Ольховском месторождении в разные годы проводили минералогические и петрографические исследования Е.П. Негурей (1936 г.), В.А. Глазковский (1936 г.), В.А. Булынников (1948 г.), Д.А. Тимофеевский (1941 г., 1950 г.), А.Ф. Коробейников (1975 г.), А.А. Ананьев (1999 г.). Большинство из них считают, что рудообразование происходило в 4-5 стадий.

Впервые наиболее полно состав и типы первичных руд охарактеризованы в работе Д.А. Тимофеевского (1941 г.), который выделил первичные сульфидные и окисленные руды:

1. Первичные сульфидные руды: сплошные (пирротиновые, пиритовые и пр.), вкрапленные (карбонатно-сульфидные и кварц-сульфидные).
2. Окисленные руды.

Сульфидные руды залегают, в основном, на нижних горизонтах месторождения и от окисленных руд они отделены тонким слоем черных сажистых руд, которые также обогащены золотом.

Обе подгруппы сульфидных руд - сплошные и вкрапленные - образуют между собой взаимные переходы, как по простиранию, так и по падению.

В сплошных сульфидных рудах рудные минералы представлены пирротином (до 16,2% от общего количества сульфидов), пиритом (73,3%), халькопиритом (0,6%) и марказитом, реже встречаются самородный висмут, сфалерит, висмутин, ковеллин, халькозин, и совсем редко - блеклая руда, арсенопирит и галенит. Самородное золото и теллуриды встречаются, по сравнению с галенитом, гораздо чаще, главным образом, в пирротине и халькопирите.

Основные жильные минералы - полумолочный кварц и кальцит, местами встречаются хлорит и железистый карбонат. Количественно соотношения рудных и жильных минералов непостоянны - участками количество кварца настолько возрастает, что руды переходят в кварц-сульфидные.

Содержание золота в сплошных сульфидных рудах сильно варьирует - от 5 до 40 г/т, содержание же кобальта, по данным Д.А. Тимофеевского (1941 г.), более равномерное - его присутствие отмечается во всех взятых пробах (до 1%).

Спектральный анализ сплошных сульфидных руд, выполненный в ГИНЦветмете (1938 г.), показал присутствие в них: Co, Cu, Fe - до 1%, Zn, Mn - до 0,1%, Pb, Cr, Co - до 0,01%, Bi, Mo, V, Cd - до 0,01%, As - до 1%, Ag - до 0,001%, Ba - до 0,1%, In - до 0,001%

Вкрапленные сульфидные руды выявлены на всех участках Ольховского месторождения. Зоны вкрапленных руд образуют ореолы вокруг сплошных и кварц-сульфидных руд. На более глубоких горизонтах сплошные сульфидные руды почти везде сменяются вкрапленными.

По минеральному составу среди вкрапленных руд, Д.А. Тимофеевским выделены карбонатно-сульфидные и кварц-сульфидные руды.

Карбонатно-сульфидные руды представлены мраморизованными известняками, импрегнированными сульфидами, а мощность зон, сложенных рудами этого типа, достигает нескольких метров. Вкрапленность в руде распределена неравномерно в виде желваков, гнезд, прожилков и мелкорассеянных включений. Местами рудные компоненты значительно преобладают над вмещающими известняками и вкрапленность настолько густая, что руды постепенно переходят в сплошные сульфидные. Чаще во вмещающих породах содержится только мелкая, рассеянная сыпь сульфидов. Количество сульфидов и кварца в руде составляет около 20-25%.

Содержание золота неравномерное и составляет от «следов» до нескольких сотен г/т, содержание кобальта достигает 1-1,5%. Количество золота напрямую зависит от количества сульфидов в руде, причем с глубиной его содержание снижается.

Кварц-сульфидные руды выявлены на 17, 24, 25 и 26 геологических участках месторождения. Руды этого типа состоят из массивной кварцево-жильной массы, содержащей обильную вкрапленность и гнезда сульфидов, преимущественно пирротина, с подчиненным количеством пирита, халькопирита, марказита, минералов висмута, теллуридов и сфалерита. Жильные минералы представлены карбонатами и хлоритом. Содержание золота от «следов» до 400 г/т, и в среднем составляет 20-25 г/т.

По данным спектрального анализа в кварц-сульфидных рудах постоянно присутствует Ca, Cu, Fe - более 1%, As, Ba - до 0,1%, Pb, Zn, Mo, Ti, Cr, Ni, V, Mn, Co - до 0,01%, а также Cd и Ag - до 0,001%.

В рамках ревизионных работ по выявлению элементов платиновой группы на известных месторождениях Ольховско-Чибижекского рудного района А.А. Ананьевым (1999 г.) на Ольховском месторождении выделены следующие минералогические типы руд:

1. Золото-пирротин-борнитовый тип, включающий золото-пирит-пирротин-карбонатную (раннюю малопродуктивную) и золото-пирротин-халькопирит-борнитовую с теллуридами (позднюю продуктивную) минерализации;
2. Золото-карбонатно-гематитовый иногда с наложенными сульфидами - пиритом, пирротином, халькопиритом (убогопродуктивная минерализация);
3. Скарново-магнетитовый золотоносный с гематитом, пиритом, кварцем, халькопиритом;
4. Кварц-золото-полисульфидный (мало- и убогосульфидный по классификации Н.В. Петровской, 1960 г.), с сульфосолями и теллуридами в березитизированных кварцевых диоритах, гранодиоритах и плагиогранитах.

По структурно-морфологическим признакам среди всех типов руд выделены: 1) контактовые субпластовые, линзовидные, трубчатые и сложной формы метасоматические золото-сульфидные залежи; 2) трещинные жилообразные, трубчатые тела на удалении от контактов интрузива; 3) зоны дробления, брекчирования, трещиноватости, минерализованные гематитом, кварцем, кальцитом, сульфидами, золотом; 4) кварц-золото-полисульфидные жилы в трещинах скола и отрыва среди гранитоидов и роговиков; 5) штокверковые зоны в гранитоидах и роговиках; 6) прожилково-вкрапленные золото-сульфидные руды в зонах смятия и милонитизации различных вулканогенно-осадочных пород.

Кроме золота, меди и кобальта, во всех выделенных типах руд инверсионно-вольтамперометрическим методом выявлено присутствие ряда элементов платиновой группы в промышленно значимых концентрациях. Как видно из таблицы 3.140, максимальные концентрации платиноидов выявляются в сульфидных агрегатах контактово-метасоматических залежей и особенно кварцево-сульфидных жил. Минимальные концентрации платины и палладия установлены в окварцованных убогосульфидных мраморах, гематит-пирит-пирротиновых рудах и милонитизированных золото-сульфидных залежах - 0,24-1,6 г/т. Однако минеральные формы платиновых металлов не установлены.

Основными концентраторами платины в золото-сульфидных рудах являются пирит, пирротин, арсенопирит, халь-

Таблица 3.140

Содержание платины и палладия в различных типах руд Ольховского месторождения
(по материалам А.А. Ананьева, 1999 г.)

Тип руды	Содержание платиноидов, г/т		
	Pt	Pd	Os, мг/т
Пиритовый метасоматит	9,7	0,078	-
Сульфидизированный мрамор	0,55-0,71	0,003-0,028	-
Окисленные руды	0,01-4	0,01-0,25	-
Пириты из контактово-метасоматических золото-сульфидных руд	6,4-1,9	0,1-9,4	<0,1
Пириты из кварц-золото-сульфидных руд	15,2-30,2	-	-
Пирротины из метасоматических руд	1,3-10	-	-
Пирротины из кварцевой жилы с сульфидами меди	27	0,012	<0,1
Арсенопирит из кварцевых жил	10,7-19,4	-	-
Халькопирит метасоматической сульфидной руды	24	0,12	-
Халькопирит из кварцевой жилы	9-12	0,01-9,37	-
Борнит с халькопиритом из кварцевых жил	24-28,3	1,7-2,7	-
Жильный кварц (80%) с лимонитом (20%)	0,61	0,011	-
Ноздреватый жильный кварц (60%) с лимонитом (40%)	1,6	0,004	-
Сплошной плотный лимонит, практически без жильного кварца	2,5	0,05	-

копирит, борнит, сфалерит и галенит. Палладием обогащены лишь сульфиды меди - халькопирит и особенно борнит.

По заключению А.А. Ананьева золото-медносульфидные контактово-метасоматические залежи и кварц-золото-полисульфидные жилы, штокверки следует рассматривать как комплексные золото-платиноидно-редкометальные.

Околорудные изменения вмещающих пород проявились очень широко. Большинство исследователей, изучавших Ольховское месторождение, выделяют три этапа гидротермальных изменений пород, которые предшествовали и сопровождали процесс рудообразования.

На раннем этапе происходили, в основном, метасоматические преобразования, выразившиеся в амфиболизации, биотитизации и эпидотизации интрузивных пород и роговиков, в анкеритизации и тонкой рассеянной сульфидизации карбонатных и отчасти силикатных пород. Эти изменения распространены на больших площадях, но, в целом, проявлены достаточно слабо. Структуры исходных пород при этом сохранились повсеместно.

Последующие изменения пород имели более локальное развитие и характеризуются высокой интенсивностью. Кальцитизация, окварцевание, серицитизация, березитизация и хлоритизация тесно связаны с образованием рудных тел и с отложением сульфидов и золота. Завершились околорудные изменения широко распространенными процессами окварцевания и кальцитизации пород, проявившимися после образования основной массы рудных тел.

Руды коры выветривания

Накопленный к настоящему времени материал по исследованиям объектов экзогенных формаций в Ольховско-Чибижекском районе позволяет выделить формацию золотоносных кор выветривания ольховского типа (Сердюк Ояберь, 2002 г.). Руды данного типа представлены существенно глинистыми образованиями, содержащими в тех или иных соотношениях бурые железняки, кварцевую и сульфидную "сыпучку",обломки наиболее устойчивых к выветриванию пород (рис. 3.130).

Наиболее полный разрез золотоносной коры выветривания Ольховского месторождения (Тимофеевский, 1941 г.) имеет следующий вид (снизу вверх):

- слабо обохренные сульфидные руды или окисленные руды, слагают верхние горизонты неизмененных первичных руд месторождения. Глубина зоны окисления изменяется на площади месторождения в больших пределах и колеблется от нескольких метров до десятков, а иногда сотен метров. На месторождении выявлена зависимость глубины распространения зоны окисления и состава окисленных руд от размеров, морфологии и состава первичных руд и вмещающих пород. Среди них выделяются обохренные кварцевые руды с гидратами окиси железа, слагающие верхние части некоторых крупных рудных тел. Реже они встречаются среди лимонитовых и глинисто-лимонитовых руд. Для руд этого типа характерно наличие значительного количества охристого и пористого кварца, сохранившегося при окислении сульфидов. Содержание золота неравномерное, а повышенные его концентрации тяготеют к участкам широкого развития гидроокисных соединений железа в виде пестрых охр;

- сажистые руды имеют небольшое распространение и сложены смесью полуокисленных сульфидов - пирита, пирротина, марказита (в большей степени), с рыхлым черным мельниковитом и сульфатами меди и железа, местами присутствует землистый ковеллин. Руды пористые, ячеистые, реже рыхлые и сыпучие, а с глубиной они переходят в сульфидные сплошные руды. Мощность пласта сажистых руд небольшая и не превышает 1 м, содержание золота очень высокое;

- глинисто-лимонитовые и лимонитовые (бурожелезняковые) руды, представленные рыхлыми скоплениями гидроокислов железа в глинистом материале, залегают между глинистыми и сульфидными рудами. Они пользуются наибольшим распространением и являются основной богатой золотом рудой. Для них характерно широкое развитие рыхлых землистых скоплений гидроокисных соединений железа, наличие небольших участков плотных бурых железняков и обломков различных по составу пород;

- глинистые руды, представленные обломками известняков, диоритов, бурых железняков и реже кварца, сцементированные песчано-глинистым материалом красно-бурого, желтого цвета и перекрытые элювиально-делювиальными отложениями, мощность которых варьирует от нескольких метров до 30 м и более. Содержание золота в них 1-4 г/т, реже 10-12 г/т. Глубина распространения глинистых руд до 10-50 м, иногда больше. Часто они выполняют карстовые полости в известняках и являются промышленной рудой;

- кварцевые сыпучки встречаются редко; они развиваются между лимонитовыми, глинисто-лимонитовыми и сажистыми рудами и представляют собой скопления мелких обломков кварца, совершенно лишенных примесей гидроокислов железа и поэтому имеющих светлую окраску. Они состоят из мелких зерен и бесформенных агрегатов кавернозного кварца среди глинисто-лимонитовых руд на всех

Рис. 3.130. Замещение первичных золото-сульфидных руд гидроокислами железа в гипергенных условиях (фото В.К. Ояберя, 2002 г.)

уровнях зоны окисления. Мощность кварцевых сыпучек до 1 м, содержание золота до нескольких десятков г/т.

Наиболее богатыми содержаниями золота характеризуются лимонитовые, сажистые руды и кварцевые сыпучки - в них содержание золота в 1,5-2 раза превышает таковое в первичных рудах. Глинистые руды содержат золото в меньших количествах, чем в первичных сульфидных рудах.

В составе окисленных руд, по результатам спектрального анализа штуфных проб, установлено наличие Fe, Ca > 1%; Cu - 0,1-1,0%; As, Co - 0,01-1,0%; Pb, Zn, Mo, Sn - до 0,01%; Ti, Cr, Ni, V до 0,01%; Mn, Ba - 0-,01-0,1%; Bi - 0,001-0,01%; Ag - 0,0001-0,001%; Tl до 0,001%. Кроме того, в сажистых рудах выявлен Cd - 0,001-0,01%.

Позднее (Сердюк и др., 2002 г.) переотложенные валунчато-глинистые золотоносные КХВ ольховского типа изучались на участках 15-й и Тинсук-Котой по шурфоскважинам №5008 и №5009, пройденным Артемовской ГРП (рис. 3.131-3.132).

Полученные данные показали, что отложения валунчато-глинистых образований состоят из трех основных зон. Верхняя зона имеет мощность от 2 до 4 м и представлена дресвой, щебнем и гравием частично выветрелых известняков, а также обломками окварцованных пород, сцементированных коричневой глиной (85-90%). Содержание золота, по данным пробирного анализа, варьирует от 0,1-0,9 г/т.

Средняя, промежуточная, зона сложена пластичной бурой глиной с неокатанными обломками светло-серых и черных известняков, иногда встречаются глыбы светлого кварца. С глубины 7-12 м лимонитизация проявляется более интенсивно, отмечаются гнезда лимонитов вместе с дресвой диоритов. В нижней части зоны изредка встречаются обломки невыветрелых известняков. Содержание золота варьирует в пределах 0,1-0,4 г/т.

Нижняя, продуктивная, зона сложена интенсивно выветрелыми каолинизированными диоритами, крупными и в различной степени полуокатанными обломками выветрелых известняков, а также мелкими обломками бурых железняков. По всей мощности нижней зоны интенсивно проявляется омарганцевание. Количество обломочного материала в продуктивной зоне с глубиной увеличивается и в нижней части разреза достигает 40-50%, против 10-15% в верхней зоне. Содержание золота в продуктивной зоне достигает 0,2-4,0 г/т.

Среднее содержание золота в продуктивном горизонте по шурфоскважине №5008 составляет 1,54 г/т, по шурфоскважине №5009 - 1,23 г/т. Продуктивный горизонт по обеим шурфоскважинам находится в интервалах глубин соответственно 19,0-23,0 и 2,5-12,0 м, мощность горизонтов 4,0 м и 9,4 м. Очевидно, что золото распределено по всей мощности отложений, но концентрируется в основании толщи, образуя промышленные залежи.

Содержания золота в коре выветривания, в целом, находятся в прямой зависимости от количества обломков, представленных лимонитами и псевдоморфозами гематита по сульфидным рудам. В них концентрация золота, по данным пробирного анализа, варьирует от 1,4 до 13,0 г/т, составляя в среднем 6,0 г/т.

Формы нахождения золота в корах выветривания Ольховско-Чибижекского района изучались сотрудниками ЦНИГРИ (Конышев и др., 1988 г.) путем последовательной промывки, амальгамации и цианирования исходного материала проб. По результатам исследований ориентировочно 40% металла находится в свободном состоянии и около 60% связано в агрегатах с породообразующими и рудными минералами - кварцем, пиритом, лимонитом, гематитом и глинистыми частицами.

Изучение золота, извлеченного из шлиховых концентратов (Сердюк, Ояберь, 2002 г.) по шурфоскважинам, обнаружило исключительное однообразие морфологических и гранулометрических характеристик частиц металла. Золотины, как правило, представлены идиоморфными выделениями - дендритоидами, дендритами, реже амебообразными и проволочковидными сростками кристаллов, недоразвитыми полуоктаэдрами.

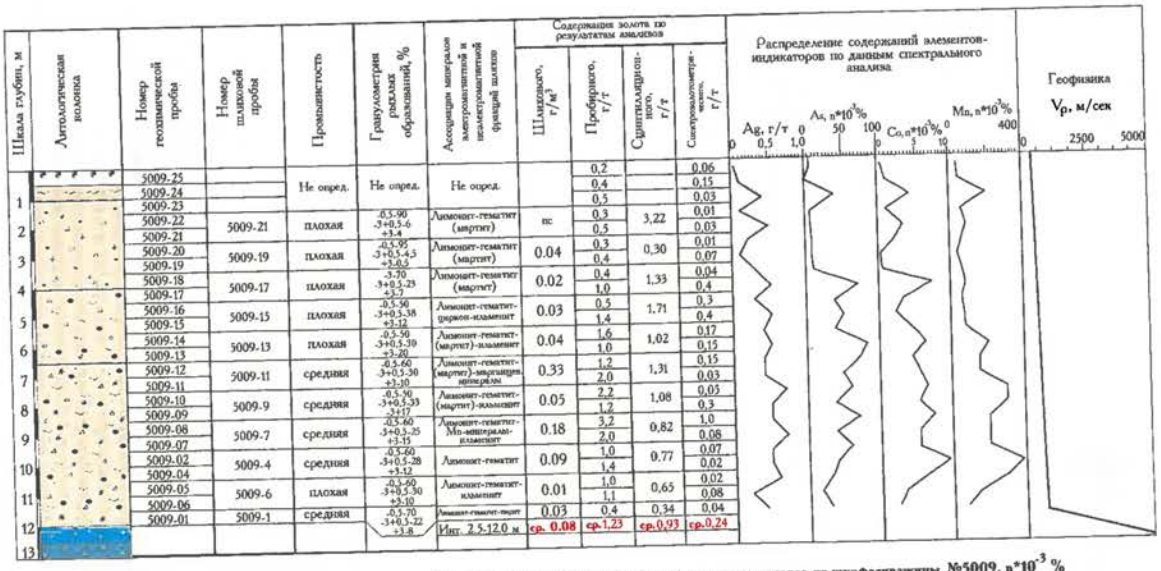
Размерность зерен, доступных минералогическим исследованиям традиционными методами, локализована в чрезвычайно узких пределах - преимущественно в классе -0,2+0,1 мм. Поверхность золотин матовая, мелкоямчатая, иногда шагреневая. Незначительная часть золотин отличается непостоянством цвета (соломенно-желтый цвет с розоватым, красноватым и зеленоватым оттенком), что указывает на изменчивость их химического состава и структуры.

Специфичность морфологических и гранулометрических особенностей свободного золота в корах выветривания ольховского типа достаточно уверенно позволяют предполагать, по крайней мере для большей части золотин, его вторичную, аутигенную природу, как результат растворения эндогенных (первичных) форм, миграцию и перераспределение (в том числе концентрацию) в зоне гипергенеза.

Результаты пробирного анализа показали содержание золота на порядок, а иногда и на два порядка выше, чем дает спектрохимия, но при этом сходимость (корреляция) данных этих двух методов очень высокая - по шурфоскважине №5008 $K_к$=0,87, то есть почти 90%-е совладение, по шурфоскважине № 5009 несколько хуже ($K_к$=0,53). Выделенные рудные интервалы тоже совпадают.

На эксплуатационном участке № 20, расположенном в верховьях р. Ольховки рудные тела в глинистых рудах залегают на разрушенной поверхности адамеллитов. Руды этого участка представляют собой элювиально-делювиальные глинистые образования, сформированные в результате выветривания и переноса по склону продуктов "железной шляпы", занимают площадь порядка 60 000 м² при мощности 20-30 м.

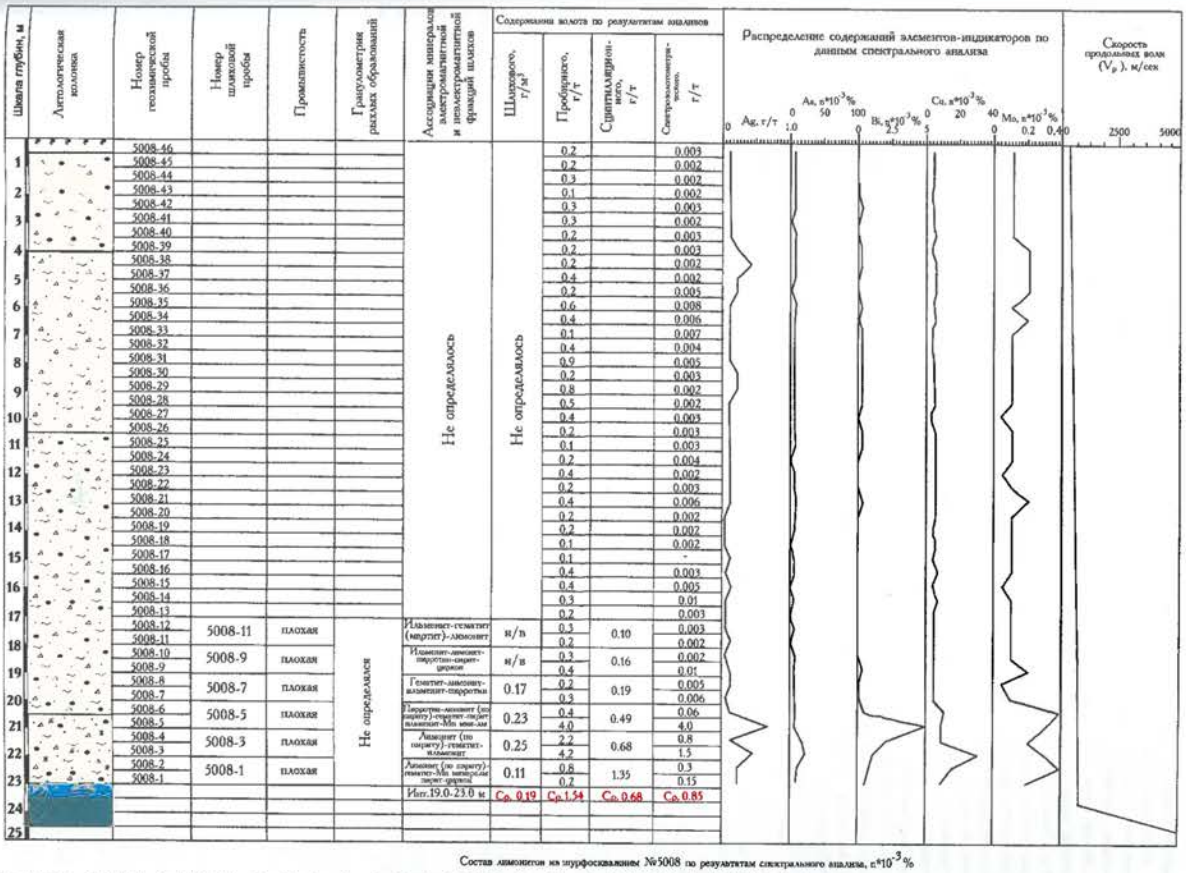
Глины 15, 26, 8 и 17 участков залегают на коренных метаморфизованных известняках, прорезанных дайками диоритов и на гранитах. Мощность глинистого покрова в среднем составляет здесь 10-12 м, местами до 30 м (15-й участок) и более.



Состав лимонитов по результатам спектрального анализа из шурфоскважины №5009, n*10⁻³ %

№ п/п	№ пробы	Pb	Cu	Zn	Co	V	Cr	Ni	Tl	Mn	Ga	Mo	Sn	Ba	Be	Sr	B	P	Ge	Ag	As	Y	Yb	K, %	Mg, %	Na, %	Fe, %	Sb	U	Th	Li	Rb	Cs	Bi	W	Nb	Zr	La	Cd	Te	Ta	Ce	Hg	Se	СЗМ, г/т	пробирн., г/т
2	5009-2б	4	30	15	5	3	2	2	100	80	0,2	3	1	20	0	0	1	60	0	0,1	200	0	0	0	0	0	>>10	0	0	0	3	15	0	4	0	0	3	0	0	<10	0	0	0	0	4	7
3	5009-6а	3	60	40	15	20	3	6	50	500	0,2	2	0,8	30	0,2	0	1	50	0	0,3	80	0	0	0	0	0,1	>>10	0	0	20	3	15	3	2	0	0	20	0	0	<10	0	0	0	0	1	6,3
4	5009-7а	5	60	20	4	10	3	3	50	150	0,4	2	0,2	20	0	0	1	50	0	0,15	150	0	0	0	0	0,1	>>10	2	0	0	3	20	6	3	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1,5	6,7
5	5009-9а	10	80	15	7	8	3	3	20	80	0,3	2	0,5	10	0	0	1	40	0	0,07	150	0	0	0	0	0,1	>>10	0	0	0	3	15	4	1	0	0	7	0	0	<10	0	0	0	0	4	13
6	5009-11а	5	30	40	10	6	1	15	40	1000	0,2	2	0	40	0	0	0	40	0	0,1	50	1	0	0	0	0,1	>>10	8	0	30	4	10	5	2	0	0	20	0	0	30	0	0	0	0	0,5	1,4
7	5009-13а	10	40	50	20	8	5	6	60	500	0,3	3	0,3	30	0,2	0	1	50	0	0,07	70	0	0	0	0	0,1	>>10	20	0	0	3	20	5	1	0	0	10	0	0	<10	0	0	0	0	4	6,5
8	5009-15а	10	40	30	6	6	4	4	80	300	0,5	3	0,5	30	0	0	1	40	0	0,1	70	1	0	0	0	0,1	>10	3	0	30	3	15	5	3	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1	4,8
9	5009-17а	5	60	30	7	8	4	10	100	400	0,7	2	0,2	30	0	0	1	40	0	0,1	70	1	0	0	0	0,1	>10	3	0	30	3	15	5	3	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1	4,8

Рис. 3.131. Комплексный разрез золотоносной КХВ Ольховского типа (участок Тинсук-Котой, шурфоскважина №5009)



Состав лимонитов из шурфоскважины №5008 по результатам спектрального анализа, n*10⁻³%

№ п/п	№ пробы	Pb	Cu	Zn	Co	V	Cr	Ni	Tl	Mn	Ga	Mo	Sn	Ba	Be	Sr	B	P	Ge	Ag	As	Y	Yb	K, %	Mg, %	Na, %	Fe, %	Sb	U	Th	Li	Rb	Cs	Bi	W	Nb	Zr	La	Cd	Te	Ta	Ce	Hg	Se	СЗМ, г/т	пробирн., г/т
1	5008-4а	6	60	15	10	7	2	3	50	50	0,3	3	1	20	0,2	0	1	50	0	0,2	70	0	0	0	0,1	0,1	>>10	0	0	0	4	20	3	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7	11,6

Рис. 3.132. Комплексный разрез золотоносной КХВ Ольховского типа (геологический участок №15, шурфоскважина №5008)

На 15 участке глины залегают на известняках, цвет глин - красно-бурый, но при повышении содержания обломков диоритов изменяется до светло-серого. Кроме диоритов в глинах присутствуют и обломки метаморфизованных известняков. Обломки диоритов, мелко- и среднезернистые, легко растираются в руке, но иногда встречаются глыбы, размером до 0,3 м (рис. 3.133).

Минералого-петрографическая характеристика руд

Минеральный состав гипогенных руд

Минеральный состав руд Ольховского месторождения в разные годы изучался Е.П. Негуреем, Д.А. Тимофеевским, В.Н. Натаровым, О.Т. Гребенниковой и другими. При исследовании прозрачных и полированных шлифов в рудах было установлено присутствие таких минералов как гематит, магнетит, пирротин, пирит и марказит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, молибденит, блеклая руда, висмутин, самородный висмут и золото, тетрадимит, галенит, креннерит, гёссит, хлоантит, аргентит и некоторые другие, малораспространенные минералы (табл. 3.141). Главные рудные минералы сульфидной зоны - пирротин и пирит, остальные минералы присутствуют в незначительных количествах. Е.П. Негурей (1936 г.) установил, что основная масса золота (45,7%) присутствует в пирротине, а другая часть металла - в кварце и пирите. По данным Д.А. Тимофеевского (1941 г.) содержание золота в пирротине варьирует от 1 до 50 г/т.

Самородное золото присутствует во всех типах руд, распределено в них крайне неравномерно и наблюдается в ассоциации с пирротином, пиритом, халькопиритом, марказитом, тетрадимитом, сфалеритом, кварцем, электрумом, висмутином и гесситом (табл. 3.142). Основная масса золота в метасоматических рудах, как видно из таблицы 3.143 связана с рудными минералами - пирротином и пиритом.

Форма золотин зависит от ассоциирующих с ним минералов. Так, золотины, выделенные из пирротина кварцево-сульфидных руд, имеют неправильную, комковатую, крючковатую формы, часто изометричны. Реже наблюдаются уплощенные золотины, поверхность их менее шероховатая и ямчатая, чем у золотинок, выделенных из пирротина метасоматических рудных тел.

Золото из кварца и халькопирита характеризуется весьма неправильной формой с угловатыми выступами, иногда принимает несколько удлиненную форму. На поверхности золотинок наблюдаются отпечатки включающих его минералов.

В ассоциации с пирротином золото наблюдается чаще всего. Обычно это скопления (иногда до 20 зерен) мелких, изометричных, овальных, реже неправильной формы золотинок, располагающихся на контактах между зернами пирротин. По данным Д.А. Тимофеевского (1941 г.), 36 % всего золота, находящегося в пирротине, имеет размеры от 0,3 до 1,0 мм, а 30 % - менее 0,05 мм.

В ассоциации с пиритом золото наблюдается реже - оно сечет пирит в виде тонких прожилков или выполняет в нем участки неправильной формы.

В гипогенном марказите золото располагается по трещинам, а также в кварце на контакте между зернами пирита и гипогенного марказита. В халькопирите золото, в основном, присутствует в виде единичных выделений изометричной, овальной и неправильной формах. Как и в пирротине, в халькопирите золото располагается либо на контактах между его зернами, либо на контактах выделений халькопирита с кварцем. По данным О.Т. Гребенниковой (1957 г.), 45 % всего золота, находящегося в пирите и халькопирите, имеет размеры от 0,3 до 0,6 мм, а 5-8 % - 0,05 мм и менее.

Ассоциация золота со сфалеритом отмечается очень редко, при этом золотины несколько удлиненной формы секут выделения сфалерита.

Выделения золота в кварце обычно имеют неправильную форму, что в значительной мере обусловлено тем, что золото отлагалось между зернами кварца.

С тетрадимитом золото находится в тесном срастании и по отношению к нему является более поздним.

Золото из кальцита имеет губчатую форму, размер зерен варьирует в пределах 0,05-0,2 мм, при травлении царской водкой выявляется зернистая структура, иногда присутствуют хорошо выраженные двойники, размер которых варьирует от 0,04x0,12 до 0,3x0,2 мм.

Таким образом, характер распределения золота в рудах месторождения обусловлен распределением микротрещин, образование которых связано с внутрирудной тектоникой. Эти трещины являлись рудоподводящими для золотоносных растворов, а ранние сульфиды оказывали, в пределах этих трещин, осаждающее действие. То есть, на Ольховском месторождении весь комплекс сульфидов в отношении золотоносности является продуктивным.

Спектральным анализом (Гребенникова, 1957 г.) в золоте, выделенном из кварц-сульфидных жил, установлены: серебро (десятки процентов), медь (сотые доли процента), висмут (десятые доли процентов) и теллур (тысячные доли процента). В золоте, выделенном из метасоматических рудных тел, в качестве примесей установлены серебро (десятки процентов) и медь (сотые доли процента).

Пробность золота по типам руд приведена в табл. 3.144.

Сотрудниками ЦГИ "Прогноз" был изучен химический

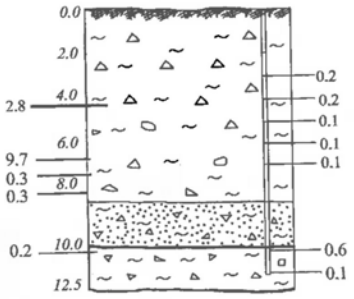


Рис. 3.133. Разрез отложений КХВ на 15-м участке Ольховского месторождения (по материалам Л.Ф. Козедубовой, 1966 г.)

Таблица 3.141

Минеральный состав гипогенных руд Ольховского месторождения

Рудные минералы	Жильные минералы
Молибденит	Кварц
Гематит	Хлорит
Магнетит	Серицит
Пирит	Сидерит
Пирротин	Анкерит
Марказит	Доломит
Арсенопирит	Кальцит
Сфалерит	Серпентин
Халькопирит	
Блеклая руда	
Галенит	
Висмутин	
Самородный висмут	
Тетрадимит	
Креннерит	
Золото	
Гёссит	
Электрум	
Карролит	
Хлоантит	
Аргентит	

состав золота из отложений кор выветривания Ольховского месторождения (Макаров, 2000 г.), который представлен в табл. 3.145.

Жильные минералы представлены кварцем нескольких генераций, кальцитом, железистыми карбонатами, серицитом, хлоритом, доломитом и некоторыми другими.

Минеральный состав гипергенных руд

Сведения об ассоциациях новообразованных минералов в зонах окисления и вторичного сульфидного обогащения Ольховского месторождения приведены по материалам Д.А. Тимофеевского (1941 г.). Наибольшим развитием пользуются гидраты окисей железа, марганца и ряда других минералов, типичных для зон гипергенеза сульфидных месторождений.

Зону окисления представляют следующие минералы.

Гидраты окиси железа широко распространены на всех рудных участках месторождения, слагая основную массу окисленных руд. Большинство окружающих рудные тела известняков и гранитов, вблизи поверхности, сильно лимонитизированы.

Лимонит в окисленных рудах образует рыхлую землистую массу, содержащую ту или иную примесь глинистого вещества. Реже землистые скопления лимонита встречаются без глины, имея в этом случае светло-желтую и красно-бурую окраску и повышенные содержания золота. Кроме того, лимониты встречаются как среди кварцевых и глинистых руд, так и среди вмещающих пород.

Плотные бурые железняки встречаются среди рыхлых охристых и охристо-глинистых лимонитовых руд в виде отдельных обломков, конкреций и глыб, имеющих пористую, ноздреватую, скорлуповатую, почкообразную и другие подобные текстуры. Под микроскопом у лимонитов наблюдается зонально-концентрическое или радиально-лучистое строение.

Встречаются все переходные разновидности - от лимонита через гематит в гидрогематит, преобладающими являются лимонит и гематит. Гидрогематит образует рыхлые, вишнево-красные скопления, расположенные на периферии конкреционных скоплений бурого железняка. Пустоты ячеистых и ноздреватых лимонитов заполнены рыхлыми железистыми охрами, иногда вместе с каолином и глинистым материалом. В пустотах, кроме того, могут находиться карбонаты и силикаты меди, гипс и кальцит. Выделения хризоколлы, малахита и азурита рассекают бурые железняки в виде прожилков.

Таблица 3.142

Характеристика золота из различных типов руд

Тип руды	Количество свободного золота, %	Форма золотин	Размер золотин, мм
Кварц-сульфидная	60	Уплощенная (пленочки, пластинки)	0,05-0,6
Сульфидная	60-90	Комковидная, крючкообразная, "скелетная"	0,05-0,25
Вкрапленная	51-73	Комковидная, проволокообразная, хорошо ограненные зерна	0,06-0,5
Окисленная	40-60	Дендритовидная, "скелетная"	0,15-0,2

Таблица 3.143

Распределение золота в различных типах руд (по материалам О.Г. Гребенниковой, 1957 г.)

Тип руды	Содержание золота в пробе, г/т	Минералогический состав	Содержание минерала в руде, %	Содержание золота в минерале, г/т
Сплошная сульфидная руда	2,5	Пирротин	86,3	1,8
		Пирит	6,5	13,1
		Халькопирит	1,1	
		Нерудные	6,1	
Вкрапленная руда	2,2	Пирротин	51,0	55,0
		Пирит	2,6	3,7
		Халькопирит	40,0	18,1
		Сидерит	3,4	
		Нерудные		
Густовкрапленная руда	12,4	Пирротин	57,0	16,5
		Пирит	11,7	8,7
		Халькопирит	2,4	
		Кварц	26,0	3,8
		Нерудные	2,9	
Кварц с густой вкрапленностью сульфидов	484,4	Пирротин	76,5	276,0
		Пирит	1,6	
		Халькопирит	1,0	
		Кварц	20,9	1221,0

Таблица 3.144

Пробность золота в различных типах руд Ольховского месторождения (по данным В.Я. Мостовича, 1911 г.)

Тип руд	Содержание золота, г/т	Пробность, ‰
Сплошные пирротиновые руды	1,6-36,4	957,9
Кварцевые	16,7-36,9	688
Окисленные	4-26,3	868
Глинистые	2,25-6,26	794

Таблица 3.145

Химический состав золота из отложений коры выветривания Ольховского месторождения (по данным В.А. Макарова, 2000 г.)

№№ проб	Содержание элементов, %			
	Ag	Au	Hg	Cu
1	9,06	91,96	0,0	0,054
2	21,76	78,34	0,0	0,0
3	18,03	82,15	0,048	0,0
4	9,58	91,27	0,0	0,0
5	5,62	94,59	0,0	0,0
6	11,85	88,57	0,053	0,034
7	4,77	95,66	0,0	0,013
8	20,23	79,59	0,018	0,018
9	35,2	64,23	0,045	0,0
10	23,77	75,1	0,203	0,0
11	0,0	100,97	0,0	0,0
12	3,92	96,53	0,006	0,03
13	17,41	81,53	1,24	0,018
Среднее	13,9	85,97	0,12	0,013

Достаточно часто лимониты содержат реликты кристаллов пирита, реже других сульфидов, обломки кварца и известняков. Кроме того, лимонит дает псевдоморфозы по пириту, сфалериту и другим сульфидам.

Гидрогематит и гематит наиболее часто встречаются среди плотных лимонитов в виде покрытых коркой бурых железняков. Иногда заполняет пустоты в ячеистых и ноздреватых лимонитах или в виде узкой каймы окружает их конкреции и "почки". Под микроскопом имеет пластичное строение, вдоль пластинок иногда проникает лимонит.

Гидроокисные соединения марганца в рудах зоны окисления распространены весьма широко и присутствуют в виде черных или темно-серых мажущихся налетов, накипей или пленок, как среди окисленных руд, так и в трещинах вмещающих пород и кварца.

К отложениям этих минералов приурочены повышенные содержания золота. Еще Я.С. Эдельштейн (1915 г.) отмечал: "...Кедровая штольня пересекла на протяжении 10 аршин охристо-железистый "рудный" золотоносный материал, который местами переходит в разрушенную гравиеподобную массу, иногда имеющую черноватый цвет (местные практики называют ее "мышиный помет") и чрезвычайно богатую по содержанию в ней золота...".

По данным В.Н. Натарова (1938 г.) на 26 рудном участке, отличающемся высоким содержанием золота, в карстовой полости была обнаружена глыба более 1 м в поперечнике, состоящая из самородной серы ленточного сложения, покрытая коркой псиломелан-вада толщиной от 2 до 10 см. Отдельными пятнами эта землистая масса часто встречается и в окисленной руде.

Ярозит встречается в виде плотных скоплений желтого цвета до 3 см в поперечнике, включенных в лимониты, а также в виде тонких прожилков, секущих вмещающие роговики.

Мелантерит местами образует обильные скопления на границе окисленных и сульфидных руд. Минерал ярко-зеленого цвета, кристаллы мелкие, прозрачные, хорошо ограненные. Мелантерит приурочен, главным образом, к сажистым скоплениям железа, меди.

По данным Д.А. Тимофеевского, на 18-м участке месторождения на стойке крепи был найден крупный (3 см в поперечнике) короткостолбчатый кристалл мелантерита, который после пребывания на воздухе потерял прозрачность и изменил цвет до мутно-серого.

Кроме того гипергенные минералы представлены самородной медью, малахитом, азуритом, мельниковитом, каолинитом, галлуазитом, кальцитом, халцедоном и другими минералами.

Модель месторождения

Поисковые признаки и критерии оруденения золото-кварц-сульфидной формации (ольховский тип).

На локализацию золотооруденения на Ольховском месторождении основное влияние оказали структурные, литологические, магматические, метасоматические факторы среды и физико-химические, термодинамические и геохимические свойства рудообразующих растворов (табл. 3.146, рис. 3.134).

Структурно-литологические признаки. Для поиска отложений КХВ ольховского типа перспективны обширные поверхности выравнивания на умеренно приподнятых блоках, особенно при наличии на них линейных структур, наследуемых речными долинами (табл. 3.147). На интенсивно опущенных блоках сохранность отложений КХВ всегда наибольшая (поверхность уровня 400-600 м и 600-800 м). В таких депрессиях часто сохраняются формы КХВ линейного типа, сопряженные с зонами окисления коренных источников при наличии последних. Коры выветривания линейного типа имеют наибольшую протяженность и глубину развития, высокую степень дезинтеграции материала и существенное увеличение гипергенных концентраций золота по сравнению с первичными рудами.

Продуктивные коры выветривания, в основном, ржаво-бурой окраски, а коры, окрашенные в серые тона, малозолотоносны. В этом, кроме различия в составе субстрата, сказывается окислительно-восстановительная зональность профиля выветривания. Бурый цвет материала КХВ - следствие окислительных условий среды и широкого развития лимонитизации. Серая окраска обусловлена сохранностью части углеродистого вещества, карбонатов, сульфидов в восстановительных условиях нижней части КХВ, выведенной к поверхности неотектоникой и эрозионными процессами.

Поисковые признаки и критерии оруденения формации золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных сыпучек (Золотоносные коры выветривания. Ольховский тип) (табл. 3.147).

Прогнозная оценка

На сегодняшний день в контурах эксплуатационных работ, проводившихся на месторождении, на балансе числится 259 кг золота категорий $A+B+C_1$ со средним содержанием 3,7 г/т. Кроме того, в качестве забалансовых запасов в золотоносных корах выветривания участков 20-го, 15-го и Тинсук-Котой учтены 4008 кг металла с содержанием 1,6 г/т. Ресурсы золота, оцененные по категории P_1, составляют 380 кг.

С 1966 года, с момента постановки месторождения на мокрую консервацию, объект официально считается отработанным.

Между тем, результаты тематических исследований, в том числе переоценка остаточных запасов, позволяют достаточно обоснованно пересмотреть устоявшиеся представления о промышленно-экономическом статусе месторождения.

Таблица 3.146

Прогнозно-поисковая модель оруденения золото-кварц-сульфидной формации Ольховского месторождения

Элементы модели	Характеристика элементов
Структурные	Интрузивные "выступы" гранитоидов ольховского комплекса во вмещающие породы с развитием рудоподводящих субширотных, реже СЗ нарушений и рудолокализующих СВ, субмеридиональных и субширотных крутопадающих нарушений, а также места их пересечений и сопряжений
Литологические	В существенно карбонатных породах формируются преимущественно сульфидные и карбонатно-гематитовые руды, в силикатной среде - кварцевые и кварц-сульфидные жилы.
Магматические	Приуроченность оруденения к приконтактовым зонам Ольховского массива и дайкам габбро-диоритов, диоритов, аплитов и лампрофиров ольховского комплекса
Метасоматические	Скарны, подверженные поздним процессам гидротермального метасоматоза - лиственизации, окварцеванию и сульфидизации, а также продукты контактового и гидротермального площадного и локального метасоматоза с зонами вкрапленной сульфидной минерализации
Минералогические-геохимичесике	Главные рудные минералы пирит, арсенопирит, пирротин, халькопирит, пентландит, борнит, сфалерит, блеклая руда, теллуриды Cu, Bi, Ag и Au. Наличие мышьяковистого пирита кубпентагондодекаэдрического облика и длиннопризматического игольчатого арсенопирита. Особенности распределения в пиритах As, Sb, Bi, Te, Ag, Au, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, V, Cr. Из них As, Sb, Au, Ag, в повышенных количествах обнаруживается в околорудных метасоматитах (пирит II) и в рудных телах (пирит III рудогенный).
Геофизические	Повышенная дисперсия магнитного поля, приуроченность к участкам повышенной корреляции (ΔT)a и Δg, гамма-поля, концентрации U, Th, K, вертикальные производные, модуля полного горизонтального градиента, псевдогравитационного поля, дисперсии, асимметрии и эксцесса

Таблица 3.147

Прогнозно-поисковая модель формации золотоносных кор выветривания ольховского типа

Элементы модели		Характеристика элементов
Структурно-литологические		Гидрослюдистая, каолинитовая и лимонит-каолинитовая зоны коры выветривания
Формации субстрата	Магматические	Формация гранодиоритовых батолитов (ольховский комплекс) и дайки диоритовых порфиритов
	Метасоматические	По карбонатным породам - зоны мраморизации, окварцевания, гематитизации, графитизации и сульфидизации, по интрузивным породам - березитизация, сульфидизация.
Минералогические		Наличие лимонитов, бурых железняков, пиролюзита, псиломелана, медной зелени, халькозина, борнита, тонкого золота, а также его типоморфные признаки
Геоморфологические		Поверхность уровня 400-800 м, карстовые формы рельефа
Геохимические		Вторичные ореолы рассеяния Ag, As, Co, Mo, Au, реже Hg
Геофизические		Гравитационные минимумы, продольная скорость сейсмоволн, низкие значения электросопротивления

В частности, сотрудниками тематический партии экспедиции "Сибзолоторазведка" под руководством Р.Е. Никифоровича в 1982-85 гг. на базе разведочных и эксплуатационных данных осуществлена оценка остаточных запасов на западном фланге месторождения (г. Золотой Конек) в объеме горизонтов штольни 41 (Z=660,0 м), штольни 50 (Z=622,0 м), I - (Z=583,0 м), II - (Z=550,0 м), III - (Z=520,0 м), IV - (Z=488,0 м).

Структурно-морфологический анализ и подсчет остаточных запасов выполнен по 24 кварц-сульфидным жильным телам, в той или иной мере затронутым эксплуатационными работами.

Кроме того, оценены запасы золота в забутовочном материале, заложенном в очистных выработках центральной и восточной части месторождения на I и II горизонтах. Результаты подсчета остаточных запасов с учетом структурно-вещественных условий локализации рудных жил приведены в таблице 3.148.

Анализ материалов по горным выработкам и опережающим эксплуатационно-разведочным скважинам свидетельствуют о достаточно высоких перспективах обнаружения промышленного золотооруденения и за пределами контура основных добычных работ.

Так, например, севернее Основной тектонической зоны, ограничивающей распространение богатых существенно сульфидных и окисленных руд месторождения, горизонтальными скважинами с горизонтов I-III вскрыты мраморизованные известняки с прослоями роговиков. По ряду скважин отмечены вкрапленная сульфидная минерализация, окварцевание, брекчирование; весьма характерно развитие дайковых тел основного и среднего состава.

Отбор проб осуществлялся, судя по сохранившейся документации, по ряду субъективно определяемых признаков, перечень которых включал более или менее интенсивную вкрапленность сульфидов в карбонатных породах, прослои бурых, желтых глин, участки "изменений" в диоритовых порфиритах, микродиоритах.

Мощности зон оруденения, вскрытых на удалении до 150 м от Основной тектонической зоны, по данным опробования керна составляют от 0,6 до 10,0 м, содержания золота 0,6-6,2 г/т. Опробование скважины 76 глубиной 26 м показало повышенные концентрации золота по всему интервалу проходки - от 0,3 до 10,2 г/т. Отдельные скважины остановлены в рудных зонах с содержаниями металла 3,4 г/т (скв. 53) и 1,5 г/т (скв. 78).

Рудные подсечения, в целом, зафиксированы практически по каждой пятой скважине, пройденной севернее Основной тектонической зоны.

Особый интерес представляет золотооруденение юго-западного фланга месторождения, локализованное в высту-

Таблица 3.148

Оценка остаточных запасов и ресурсов золота Ольховского месторождения

Руда, т	Среднее содержание золота, г/т	Категория запасов	Запасы золота, кг
Рудные жильные тела (зоны) в гранитоидном массиве			
210 998	10,4	C_1	2187,9
1 903 702	3,85	C_2	7321,1
Итого:			9509,0
Рудные жильные тела западного фланга месторождения			
1 473	13,71	B	20,2
50 688	8,38	B+ C_1	424,7
95 964	9,99	C_2	958,4
Итого:			1403,3
Рудные жильные тела северных площадей западного фланга месторождения			
7 269	9,13	C_1	66,4
74 856	5,9	C_2	444,9
11 067	7,4	P_1	82,0
Итого:			593,3
Забутовочный материал центральной и восточной части месторождения от II горизонта до поверхности			
439 920	1,47		647,5
Всего:			12 153,1

пе гранитоидов Ольховского массива. Многочисленные рудные тела здесь представлены кварц-сульфидными жилами сравнительно небольшой мощности преимущественно субширотного простирания. Падение рудных жил северное под углами 25-80°. Рудные тела жильного типа в зальбандах и местах выклинивания сопровождаются прожилково-вкрапленной минерализацией кварца, сульфидов, березитизацией вмещающих интрузивных пород. Выше III горизонта в контурах 20-го участка рудные жилы, в той или иной степени, затронуты эксплуатационными работами. Южная граница распространения кварцево-сульфидного золотооруденения в гранитоидах Ольховского массива не установлена.

Здесь необходимо отметить следующее: на протяжении практически всего периода эксплуатации месторождения понятие "рудное тело" в качестве объекта золотодобычи, ассоциировалось, прежде всего, с визуально определяемыми кварц-сульфидными и существенно сульфидными жилами, локализованными в зонах повышенной проницаемости вмещающей геологической среды.

Весь процесс геологоразведки, золотодобычи, включающий отбор проб, количественную оценку рудной массы и заключенного в ней золота, отбойку руды, принятие решений о закрытии очистных выработок, определялся представлениями о "жильном" типе оруденения.

Современные классификации геолого-промышленных и структурно-морфологических моделей золоторудных месторождений позволяют трактовать сложную систему кварц-сульфидных жил, сформированную среди минерализованных гранитоидов юго-западного фланга Ольховского месторождения как крупнообъемное оруденение штокверкового типа.

В пользу последнего свидетельствуют результаты, полученные Р.Е. Никифоровичем при переинтерпретации сохранившейся геологической документации и пересчете содержаний золота по горным выработкам и разведочным скважинам юго-западного фланга месторождения.

В частности, по разведочной скважине 2691 (IV горизонт) установлен рудный интервал мощностью 9,2 м, среднее содержание золота по которому составляет 3,0 г/т. По скважине 1713 (III горизонт) опробование показало 4,0 г/т при мощности опробованного интервала 13,35 м.

Восстающим 126, пройденным с V горизонта на IV горизонт, вскрыты березитизированные гранитоиды с зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Содержания золота по рядовым пробам, отобранным крайне неравномерно, варьируют от 0,6 до 73,7 г/т. В пересчете на весь интервал проходки (более 40 м), среднее содержание металла составило 2,5 г/т.

В качестве геолого-промышленного аналога оруденения в гранитоидах юго-западного фланга Ольховского месторождения рассматривается уникальное по запасам Васильковское месторождение (Казахстан). Золоторудение месторождения образует субвертикальный мегаштокверк сульфидно-кварцевых прожилков и маломощных жил в сочетании с прожилково-вкрапленной сульфидизацией в березитизированных диоритах и гранодиоритах.

Балансовые запасы золота здесь оцениваются в 360 т при содержаниях 2,9-1,5 г/т. Суммарная мощность промышленного оруденения на поверхности составляет 350-400 м; контуры рудных тел устанавливаются, что необходимо подчеркнуть, по данным опробования "на массу".

В целом, в Ольховско-Чибижекском рудном районе и на прилегающих территориях подобный тип оруденения имеет достаточно широкое распространение. В результате поисковых и разведочных работ сложнопостроенные системы золотоносных кварц-сульфидных, кварцевых жил выявлены на месторождениях Лысогорское, Средняя Тарча, Ивановское, Дистлеровское, рудопроявлениях Семеновское (юго-восточный фланг Константиновского месторождения), в бассейнах ручьев Предтеченский и Буеджуль (левые притоки р. Сисим) и на ряде других более мелких проявлений.

Выводы и рекомендации. Ольховское золоторудное месторождение на сегодняшний день обладает достаточно высоким сырьевым потенциалом. Наиболее перспективен, на наш взгляд, юго-западный фланг месторождения, характеризующийся оруденением штокверкового типа, с возможностью отработки открытым способом. Ресурсы золота до уровня IV горизонта в условных контурах, частично охватывающих площадь 20-го участка, по экспертной оценке составляют 20-25 тонн.

Общий потенциал месторождения, включая ресурсы северного и юго-западного флангов, остаточные запасы в контурах эксплуатационных работ и в забутовочном материале, оцененные Р.Е. Никифоровичем, сопоставимы, вероятно, с объемами золотодобычи за весь период эксплуатационных работ 1911-1966 гг.

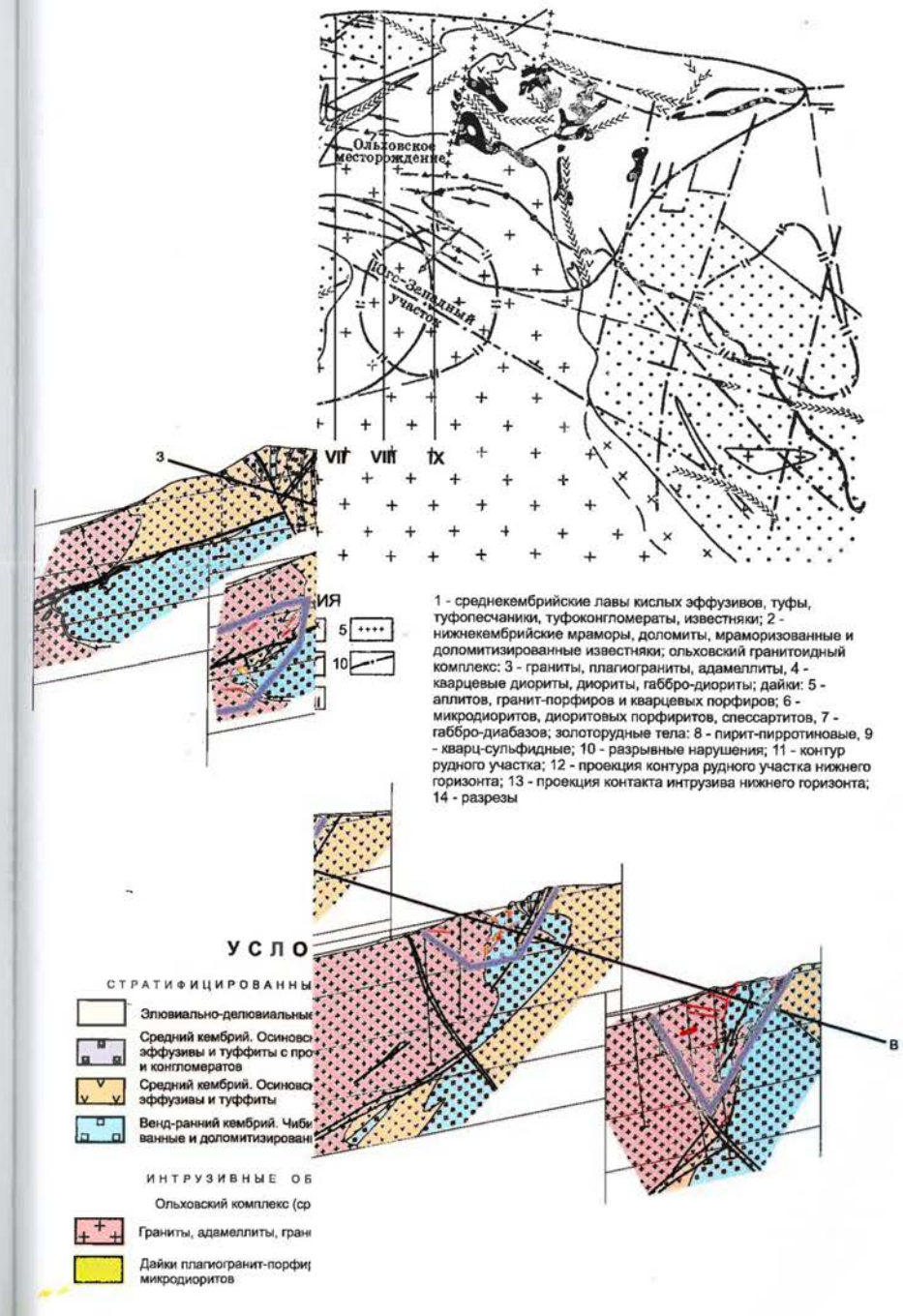
3.3. Таймыро-Североземельская провинция

3.3.1. Северо-Тарейский рудный узел

Тарейский рудный район был выделен В.В. Беззубцевым и др. по данным работ 1980-1985 гг. Площадь

ЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛЬХОВСКОГО И МЕДВЕЖЬЕГО

В.А. Булынникову, 1973)



1 - среднекембрийские лавы кислых эффузивов, туфы, туфопесчаники, туфоконгломераты, известняки; 2 - нижнекембрийские мраморы, доломиты, мраморизованные и доломитизированные известняки; ольховский гранитоидный комплекс: 3 - граниты, плагиограниты, адамеллиты, 4 - кварцевые диориты, диориты, габбро-диориты; дайки: 5 - аплитов, гранит-порфиров и кварцевых порфиров; 6 - микродиоритов, диоритовых порфиритов, спессартитов, 7 - габбро-диабазов; золоторудные тела: 8 - пирит-пирротиновые, 9 - кварц-сульфидные; 10 - разрывные нарушения; 11 - контур рудного участка; 12 - проекция контура рудного участка нижнего горизонта; 13 - проекция контакта интрузива нижнего горизонта; 14 - разрезы

:кий)

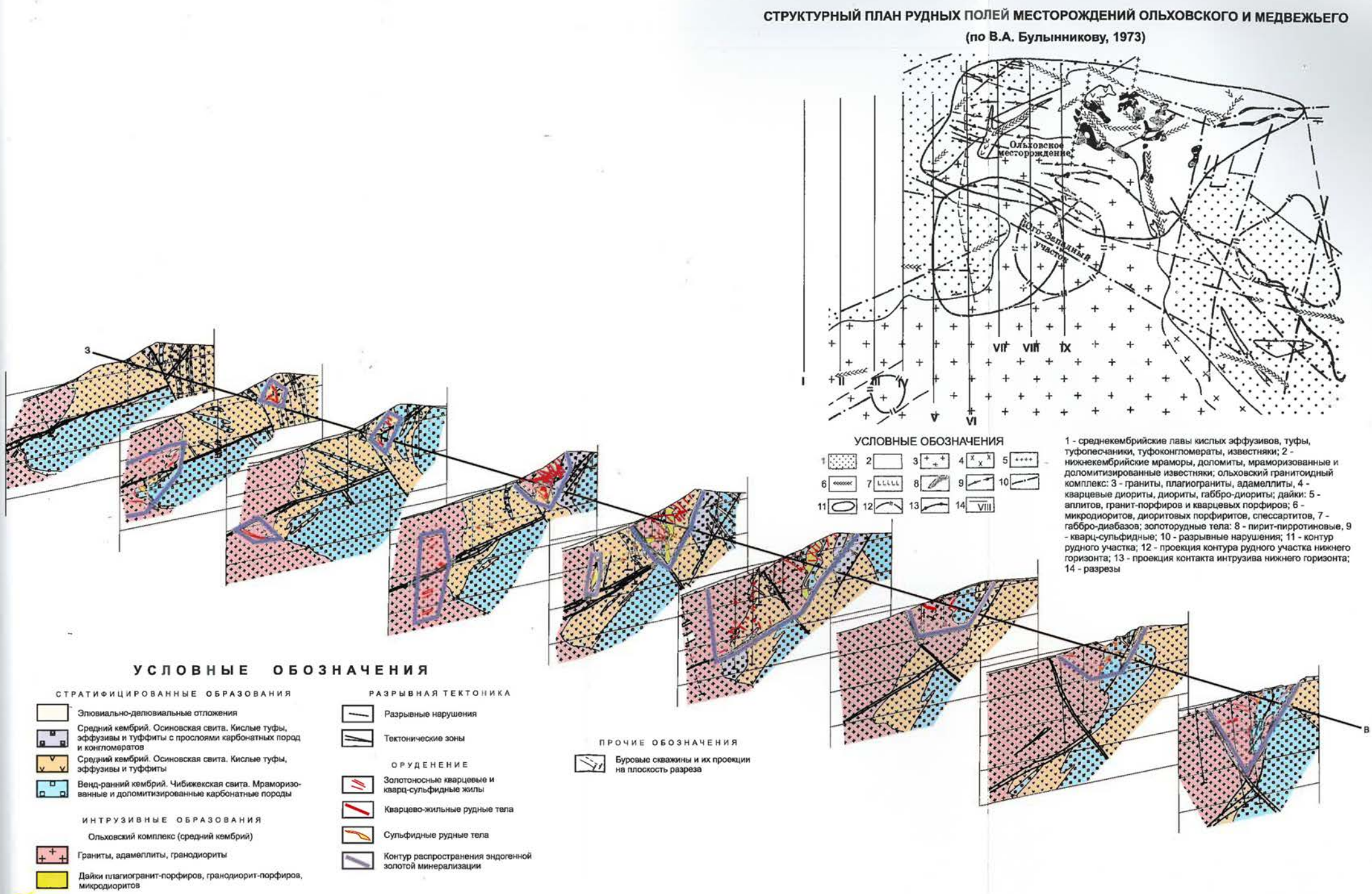


Рис. 3.134. Геологическая модель ольховского золоторудного месторождения (составили В.К. Ояберь, С.А. Землянский)

пе грани
ные тел
сравнит
широтн
углами
местах
ленной
ей вмеш
турах 2
затрону
распрос
в гранит
Зде
нии пра
дения г
добычи
ределя
фидны
прониц
Вес
чающи
сы и за
решени
предста
Сов
ных и с
ных ме
тему кв
нерали
ховског
ние шт
В п
лученны
сохрани
содерж
ным ск
В ч
зонт) ус
нее сод
скважин
при мо
Вос
ризонт,
нами л
жания
неравн

его, по мнению этих исследователей, составляет 1300 кв. км. Нам представляется, что размеры района, по ряду особенностей геологического и металлогенического строения должны быть значительно большим. Поскольку в пределах исследуемой территории расположена часть Тарейского района, в которой находится Северо-Тарейский узел, то далее приводится только его характеристика по данным геологов ГСЭ ПГО "Красноярскгеология".

Северо-Тарейский рудный узел располагается в зоне сочленения региональных систем разломов субширотного и северо-западного простирания, охватывающей верховья р. Тареи, по площади около 130как0 кв. км. Широким распространением здесь пользуются магматические образования монцонит-сиенитовой формации (комплекс малых тел "пестрого" состава) нижнего мезозоя. Рудная минерализация связана с зонами дробления и окварцевания. Морфология рудных тел сложная и изменчивая.

В пределах узла по геологическим и металлогеническим особенностям выделяются потенциально перспективные рудные поля: Извилистое (с участками Извилистый, Большой Порфировый и Птенцовой), Аномальнинское и Мутнинское.

Золотоносность проявлений золото-ртутной формации довольно неравномерная, рассеянного типа с резкими колебаниями содержаний. Наиболее высокие концентрации золото, стабильные на значительных интервалах, характерны для пачки 0^1_2 извилистого полк, обогащенной углеродистым веществом (до 5%). Здесь среднее значение по всему изученному разрезу в 2 раза. Повышенным содержанием характеризуются участки гидротермально переработанных пород в крутопадающих северо-восточных зонах, в рудных зонах по аншлифам не выявлено. Возможно, его формы нахождения определяются тонкодисперсным состоянием в ассоциации с пиритом, арсенопиритом и другими сульфидами. В частности, это подтверждается единичными определениями золота в монофракциях арсенопирита – 200 г/т, а также антимонита до 800 г/т.

В Аномальнинском рудном поле, приуроченным к ядерной части антиклинали, выявлена золоторудная минерализация в карбонатных отложениях ордовика в сопряжении с широко развитыми дайками кислого состава, маркирующими многочисленные разрывные нарушения. По результатам буровых работ и данным опробования геологи ГСЭ ПГО "Красноярскгеология" пришли к выводу о том, что подсечена лишь кровля предполагаемого оруденения и вопрос о перспективности рудного поля сводится к исследованию более глубоких горизонтов этого участка, который может оказаться, по их мнению, промышленно интересным объектом.

Подводя краткий итог характеристике Северо-Тарейского узла, отметим, вслед за геологами ГСЭ ПГО "Красноярскгеология", что наибольший практический интерес в настоящее время представляет месторождение Извилистое и прилегающие к нему Аномальнинское и Мутнинское перспективные рудные поля.

3.3.1.1. Золото-ртутная формация

Объекты золото-ртутной формации описаны в отечественной геологической литературе по данным зарубежных источников (Степанов и др., 1988). Этот специфический тип оруденения был известен давно, но крупные и уникальные объекты открыты только в последнее десятилетие в связи с ревизией старых золоторудных и ртутнорудных районов.

В последние годы золото-ртутные месторождения в ряде стран (США, Канада) становятся ведущими по запасам и добыче золота.

Типовыми особенностям таких месторождений являются большие запасы руд с довольно низкими содержаниями золота; крупные размеры и выдержанность рудных тел по простиранию и падению; равномерное распределение в рудах золота, связанного в сульфидах мышьяка, сурьмы или ртути, либо находящегося в свободном тонкодисперсном состоянии; корреляция золота с ртутью, мышьяком, сурьмой, иногда углеродистым веществом.

Золото-ртутные месторождения имеют близповерхностное (или поверхностное) происхождение из низкотемпературных гидротерм. Основными типами сопровождающих их метасоматических изменений являются лиственитизация, окремнение, карбонатизация, доломитизация, опализация и аргиллизация вмещающих пород.

Месторождения золото-ртутной формации концентрируется, в основном, в пределах протяженных металлогенических зон или поясов, характеризующихся тремя типами геологических позиций: 1) приуроченные к поясам гипербазитов; 2) развитые в миогеосинклиналях и на сочленении их с кратонами; 3) связанные с вулканическими поясами.

В пределах Северного Таймыра и Енисейского кряжа наиболее вероятно ожидать обнаружение золото-ртутных месторождений в геологических обстановках второго типа, а в пределах Восточного и Западного Саянов – в обстановках первого и третьего типов.

В объеме золото-ртутной формации выделяются пять минерально-геохимических типов: золото-ртутный лиственитовый, золото-мышьяково-ртутный джаспероидный, золото-полисульфидно-ртутный мусковит-баритовый, золото-медно-ртутный аргиллизитовый и золото-сурьмяно-ртутный гейзеритовый.

Охарактеризуем кратко наиболее крупные золоторудные месторождения, выявленные в последние годы в США и Канаде. Это, надеемся, поможет привлечь внимание геологов к новому для России перспективному типу золотого оруденения.

В 1979 г. на месторождении Ноксвил (штат Калифорния США) открыты значительные запасы руды золото-ртутного лиственитового типа. Общие запасы золота до глубины 105 м оцениваются примерно в 100 т при содержании 5,1 г/т. Золото дисперсное, его невозможно увидеть невооруженным глазом. Именно поэтому разведчики со времен Калифорнийской золотой лихорадки 1849 г. обходили район месторождения стороной, как неперспективный на золото. В то же время, начиная с 1860 г., месторождение Ноксвилл эксплуатировалось на ртуть.

Другой пример относится к разряду уникальных. В 1980-81 гг. в Канаде, в провинции Онтарио при переоценке перспектив старого золоторудного района открыто крупное месторождение Хемло. Содержание золота по трем рудникам составляет 5,5, 8,0 и 10,0 г/т. Общие запасы золота оцениваются в 620 т. Оруденение стратиформное, относится к золото-полисульфидно-ртутному типу, связано с горизонтом фельзитовых туфов, туффитов и лав мощностью от 10 до 400 м, локализовано в архейском метавулканическом зеленокаменном поясе.

И последний пример - месторождений Карлин, относящееся к золото-мышьяково-ртутному джаспероидному типу. Месторождение расположено в северной части штата Невада. Оно приурочено к тектоническому "окну" в надвиге и представлено субпластовыми залежами вкрапленных руд в силурийских известняках и доломитовых алевролитах. Рудные тела прослеживаются по простиранию до 2 км, по падению - на первые сотни метров при мощности от первых метров до 40 м. Рудные минералы: пирит, золото, киноварь, самородный мышьяк, реальгар, аурипигмент, антимониит и др. Золото дисперсное, раз-

меры его от долей микрон до 5 микрон. За период с 1964 по 1980 гг. на месторождении Карлин добыто 124 т золота. Проведенная в 1985 году доразведка позволила подсчитать прогнозные ресурсы в количестве 373 т, что вместе с отработанными запасами составляет 530 т золота.

Месторождение Извилистое

Геологическое строение

Наиболее вероятным прототипом месторождений золото-ртутной формации представляется тарейский золото-мышьяково-ртутный минерально-геохимический тип (рис. 3.135), локализованный на месторождении Извилистом (бассейн р. Тарея, северный Таймыр), вероятным аналогом которого является месторождение Карлин.

В южной части Таймыра известен ряд месторождений и проявлений данной формации, представленных ртутно-сурьмяно-мышьяковой ассоциацией минералов (Убойнинское и Извилистое месторождения, проявления района р. Кыйды). Признаки проявлений подобного типа установлены также в Центральной части Таймыра (бассейн рек Мамонта, Шренк, Траутфеттер, Подхребетная). В этих местах известны шлиховые ореолы киновари, реальгара, аурипигмента и золота, как правило, мелкого и низкопробного.

Месторождение Извилистое представляет собой наиболее изученный объект золото-ртутной формации на территории Центральной Сибири.. Месторождение входит в состав Тарейского рудного района, находится на правобережье р. Тареи, в междуречье р. Извилистой и руч. Птенцового. Оно приурочено к северо-западному крылу брахиантиклинали вблизи ее юго-западного периклинального замыкания, где установлено сопряжение разломов северо-восточного и северо-западного простираний. По данным геологов Геологосъемочной экспедиции ПГО "Красноярскгеология" (Пономарев, 1982 г.; Беззубцев и др., 1985 г.), золотое оруденение локализовано в виде штокверкообразного рудного столба, имеющего сложную морфологию. Штокверк образован густой сетью трещин, выполненных рудными минералами (пирит. арсенопирит, реальгар, аурипигмент, антимонит, киноварь и другие) и кварц-кальцитовым материалом. Штокверк размером 600х250 м имеет в плане эллипсовидную, вытянутую субширотно, форму. В его составе выделяются 6 рудоносных зон, приуроченных к крутопадающим линейным зонам интенсивного дробления, трещиноватости и гидротермальных преобразований, которые сопровождаются дайками сиенит-порфиров, гранит-порфиров и лампрофиров. Вместе с тем, отмечается отчетливый литолого-стратиграфический контроль оруденения, выраженный в его локализации среди алевроаргиллитов нижней пачки среднего ордовика. Золотоносность установлена и среди близких по литологическому составу пород нижнего ордовика, но она изучена пока весьма слабо. Выявленная глубина развития оруденения не превышает 80-100 м.

Мощность рудоносных зон колеблется в пределах нескольких десятков метров, составляя в среднем 15 м. Собственно рудные тела, выделенные по граничным содержаниям в 1,0 г/т металла, слагая обычно центральную часть рудоносных зон, имеют мощность по зонам от 1-й до 4-й, соответственно 4,0, 3,8, 3,6 и 5,0 м. В зонах 5-й и 6-й, имеющих мощность 50 и 10 м, рудные тела не поддаются индивидуализации. По крайней мере, полученный к настоящему времени материал не позволяет это сделать. Зоны 2-я, 3-я, 4-ая сближены между собой, что дает возможность объединить их в единую зону мощностью до 60-70 м. Особенно это относится к рудоносным зонам 2-ой и 3-ей, представляющим собой два ответвления единой зоны. Средние содержания золота, определенные по рудным телам указанных зон, распределяются следующим образом (по результатам пробирных анализов): в зоне 1 в двух пересечениях по скв. 8 и 10 – 9,1 г/т (при вариациях от 1,0 до 24,4 г/т), в зоне 2 по скважине 6 - 1,0 г/т (1,0-3,5 г/т), в зоне 3 по скважине 6 - 8,0 г/т (1,0-30 г/т), в зоне 4 по скважине 3 - 2,3 г/т (1,0-6,0 г/т); в зонах 5 и 6 частные содержания золота, достигают соответственно 4,0 и 1,6 г/т. Максимальное содержание, установленное, правда, атомно-абсорбционным методом в рудах 1 зоны (скважина 10) составляет 42,45 г/т. Концентрация металла в монофракциях антимонита из этих руд составляет 800 г/т.

Анализ критериев и признаков позволил сформировать рабочую прогнозно-поисковую модель локализации оруденения золото-ртутной формации тарейского типа (табл. 3.149).

Прогнозно-поисковая модель

Месторождение Извилистое входит в состав Тарейской рудной зоны, прослеженной в северо-восточном направлении по результатам геологического изучения и данным литогеохимического опробования. Наиболее перспективными, по ряду признаков, предполагаются не менее 7-8 км этой зоны.

Приведенные данные показывают на широкое развитие в пределах Северобыррангской металлогенической зоны Быррангской металлогенической области весьма перспективного типа промышленного золотого оруденения. Несмотря на то, что вопрос о его изучении находится в начальной стадии, уже сейчас можно говорить об открытии значимого в промышленном отношении объекта - месторождения Извилистое.

Анализ материалов по месторождениям других регионов мира, частично изложенный выше, позволяет сделать вывод о высокой степени аналогии "тарейского" типа с объектами золото-ртутной формации, особенно с золото-мышьяково-ртутным типом оруденения, примером которого является месторождение Карлин (США, Невада).

На территории Красноярского края перспективы выявления объектов золото-ртутного типа связываются с Чернореченской, Верхне-Тисской и Каменской площадями (Енисейский кряж) и Базыбайской площадью (Восточный Саян).

3.3.2. Унгинский рудный узел

Введение

Первые данные о золотоносности современных аллювиальных отложений на Северном Таймыре впервые были получены в 1946-51 годах при проведении мелко- и среднемасштабных геолого-съемочных работ. Наиболее часто знаковые содержания устанавливались в бассейнах рек Угольной, Траутфеттер, Коралловой, Ленинградской, Жданова, Волчьей и Каменной.

Важные выводы о россыпной золотоносности региона были сделаны в 1972 году в результате работы группы НИИГА под руководством М.А. Крутоярского, в составе которой работала настоящий энтузиаст своего дела Я.Л. Стахевич. На основании пространственно-статистического анализа шлихо-минералогических ассоциаций ими был сделан вывод об общей перспективности Таймыра на россыпное золото, особенно его северо-восточной части.

В 1972-75 годах геологами НОМТЭ ПГО "Севморгеология" под руководством В.Д. Крюкова были изучены геолого-геоморфологические предпосылки формирования россыпей Северо-Восточного Таймыра, проведено шлиховое опробование аллювия, пролювия и ледниковых отложений. По итогам этих работ была предложена принципиальная схема формирования россыпных концентраций золота, в которой особое место отведено позднет-

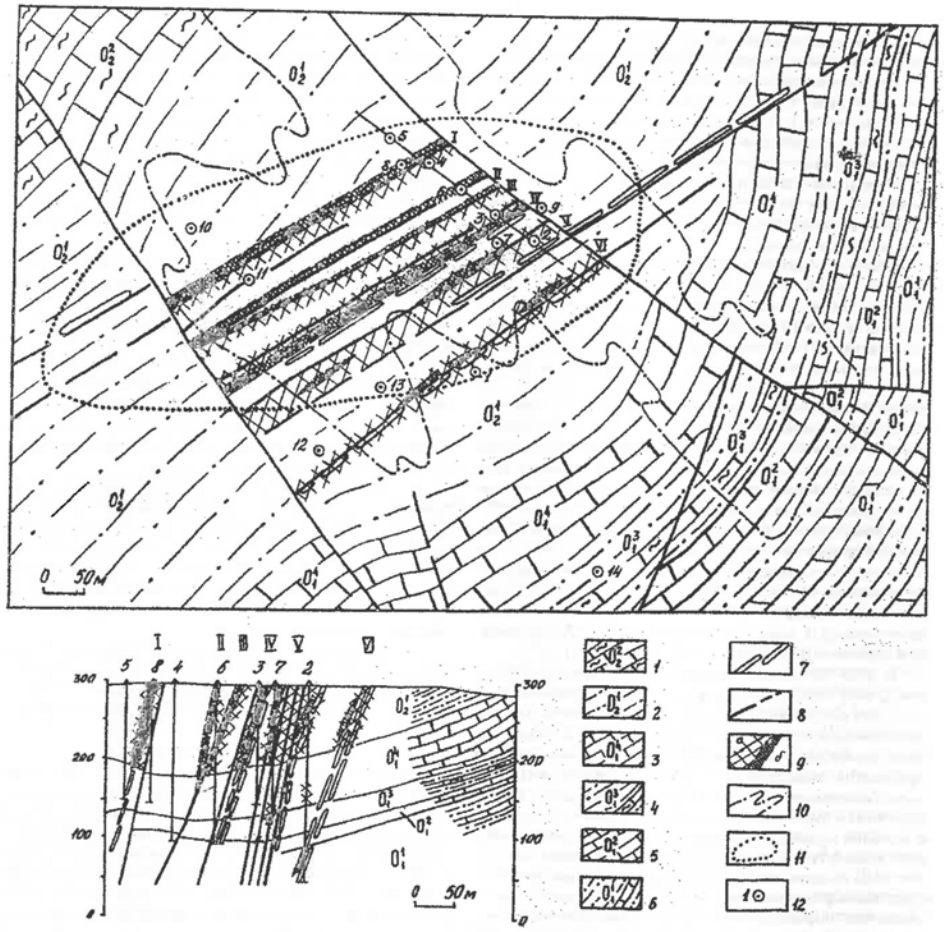


Рис. 3.135. Геологический план и разрез месторождения Извилистое (По материалам ПГО «Красноярскгеология»)
1-2 – средний ордовик: 1 – глинистые известняки, 2 – алевроаргиллиты; 3-6 – нижний ордовик (климовская свита): 3 – известняки доломитизированные с прослоями алевроаргиллитов, 4 – алевроаргиллиты известковистые, 5 – известняки ритмичнослоистые, 6 – алевроаргиллиты с прослоями глинистых известняков, доломитов; 7 – мезозойский комплекс даек сиенит-порфиров, лампрофиров, кварцевых порфиров; 8 – тектонические нарушения; 9 – рудоносные зоны (I-VI) с содержанием золота (г/т) – а – 0,1-0,9, б – 1 и более; 10 – изоконцентрата золота (0,01 г/т) по данным литогеохимии; 11 – контур распространения ртутно-сурьмяно-мышьяковой минерализации; 12 – скважины колонкового бурения и их номера

Таблица 3.149

Прогнозно-поисковая модель месторождения золото-ртутной формации (тарейский тип)

Элементы модели	Краткая характеристика
Формационно-петрологические 1.1. Продуктивные и рудовмещающие образования	Глинисто-карбонатная формация(нижний-средний ордовик) Алевроаргиллиты (средний ордовик)
2. Структурные	Сопряжение периклинального замыкания брахиантиклинали и системы локальных разрывных нарушений северо-восточной и северо-западной ориентировки. Штокверк жильно-прожилковый, размер - 600х50 м.
3.Метасоматические	Гидротермально-метасоматические преобразования: карбонатизация, окварцевание
4. Геохимические	Контрастные аномалии ртути, мышьяка, сурьмы, золота
5. Минералогические	Киноварь, реальгар, аурипигмент, золото низкопробное
6. Металлогенические: Р – продуктивность рудного поля (запасы + ресурсы), т/км^2	Р – п.10-100

риасовой и мел-палеогеновой эпохам выравнивания и корообразования. Правда, упомянутыми геологами отложения, отвечающие этим эпохам континентального литогенеза, не были изучены, а наиболее высокие перспективы связывались с современными пролювиальными (ложковый тип) и прибрежно-морскими отложениями казанцевского горизонта верхнего уровня.

В результате тематических работ сотрудников Челюскинской группы КФ СНИИГГиМС (ныне КНИИГиМС), начальной золотоносности этого стратиграфического уровня в пределах Таймыра.

Обнаружение россыпей золота на о. Большевик побудило постановку в 1981 г. поисковых работ на россыпное золото в северной части п-ова Челюскина силами Полярной экспедиции ПГО "Красноярскгеология" (ныне Полярная партия ГГП "Норильскгеология"). Вначале они были ориентированы исключительно на аллювиальные россыпи, что некоторым образом снизило эффективность этих работ. Отрицательным моментом явилось и отсутствие необходимого предваряющего комплекса геологических, геофизических и геоморфологических (морфоструктурных) исследований. Однако их результаты, тем не менее, имеют особое значение для решения вопроса о перспективности района на россыпное золото. В 1990 г. Полярной ГПП были завершены поисковые работы на реках Эльга, Тессема и побережье бух. Паландера (Ояберь и др., 1990 г.), где были выделены продуктивные пласты, локализованные в нижнеюрских рыхлых отложениях, осуществлена оценка прогнозных ресурсов золота по категории P_1: отмечена приуроченность россыпных концентраций бух. Паландера к линейной депрессии.

В 1988-1990 годах сотрудниками Красноярского филиала СНИИГГиМС была изучена система мезозойско-кайнозойских депрессий Северо-Восточного Таймыра и состав выполняющих их осадочных комплексов, проанализированы россыпеобразующие формации и их относительная продуктивность, выделены и обоснованы главные эпохи россыпеобразования, подчеркнута особая значимость нижнеюрской и палеогеновой эпох континентального литогенеза. В качестве ведущего промышленного типа выделен новый для региона тип россыпей кор химического выветривания (тип КХВ). Выдвинута рабочая модель россыпей этого типа в его таймырском варианте, состоящая из трех составных элементов: 1) грабен-депрессии, к которым приурочены продуктивные образования, 2) золотоносные отложения кунарской свиты (нижняя юра), играющие роль первичного коллектора металла, и 3) кора химического выветривания по нижнеюрским отложениям, в "активном слое" которой происходит вторичное обогащение полезным компонентом (Забияка и др., 1988 , Сердюк, 1989 г., 1990 г.). На основе анализа поисковых критериев - металлогенических, структурных, литолого-стратиграфических, геоморфологических и минералогических - осуществлена прогнозная оценка россыпной золотоносности региона. При этом были показаны его достаточно высокие перспективы. Итогом этих исследований явилось обоснование переориентировки поисковых работ с россыпей в современных долинах рек на ископаемые россыпи КХВ в структурах типа грабен-депрессий.

В 1988 г. большим коллективом геологов ВНИИокеанология под руководством А.П. Пуминова закончена работа по оценке россыпной металлоносности Таймыро-Североземельского региона на основании изучения мезо-кайнозойских россыпевмещающих формаций. Главные результаты этой работы заключаются в следующем: сложная структура мезозойско-кайнозойского покрова сформировалась в результате, как минимум, трех существенных перестроек регионального морфоструктурного плана - триас-раннеюрской, позднемеловой-палеогеновой и плиоценовой, а наиболее благоприятными для возникновения россыпеобразующей формации и образования россыпей золота являются переходные зоны, располагающиеся между прогибами и орогенными областями, для которых характерно континентальное или прибрежно-морское осадконакопление. В качестве потенциально перспективных для Челюскинского россыпного района А.П. Пуминов с соавторами, вслед за предшественниками, рассматривает Кунарский, Унгинский и Паландерский рудно-россыпные узлы.

Геологи ЦАГРЭ в 1989 г. завершали работу по изучению закономерностей размещения комплексных мезо-кайнозойских россыпей в золото-редкометалльной Североземельской зоне с целью повышения эффективности поисковых работ и совершенствования их методики (Седов и др., 1989 г.). Авторами были получены новые данные по стратиграфии и корреляции мезозойско-кайнозойских отложений Северо-Таймырской впадины. Проведена типизация россыпей с выделением долинных, ископаемых и водораздельных полигенетических, из которых два первых типа для Таймыра считаются ведущими.

В 1993-1996 годах силами Полярной партии была выполнена предварительная разведка западного фланга россыпи р. Унги и получены данные, достаточные для подсчета и классификации запасов россыпного золота в этой части месторождения по категории C_1. В процессе валового опробования из заверочной траншеи № 2 (Л-2) при промывке 5240 м³ песков были получены первые 3,54 кг химически чистого золота.

Одновременно с предварительной разведкой фланга Унгинской россыпи силами Полярной партии на территории Челюскинского рудно-россыпного района были начаты геолого-поисковые работы (масштаба 1:50 000).

Геологическое строение

Характеризуемый район является фрагментом Таймыро-Североземельской складчатой области, располагающимся в крайней северо-восточной части Фаддеевского миогеосинклинального структурно-формационного пояса и Лаптевского таффрогенного прогиба, которые принадлежат к структуре мегакомплекса карелид региона. (Забияка и др., 1986). В геологическом строении составляющей его территории принимают участие метаморфические породы, предположительно, тревожнинской серии нижнего архея (?), челюскинской и лаптевской серий нижнего протерозоя и отложений мезозойско-кайнозойского комплекса. Кроме того, в южной части района широко представлены интрузивные породы лодочниковского комплекса субщелочных гранитоидов, принадлежащие к образованиям герцинской тектоно-магматической активизации Таймыра.

Стратиграфия

Нижний архей (?). Тревожнинская серия

Метаморфические породы, предположительно принадлежащие к древнейшим образованиям архейского фундамента, образуют относительно небольшой по площади выход на древнюю поверхность в юго-западной части описываемой территории. В тектоническом отношении этот выход является крайней северо-восточной частью ядра Кристифенсеновской антиклинали и Челюскинского антиклинория.

Породы тревожнинской серии представлены монотонными по внешнему облику и петрографическому составу актинолитовыми амфиболитами темно-зеленого цвета. С достаточной долей уверенности, можно полагать, что они представляют собой апобазальтовые амфиболиты, которые слагают, главным образом, городковскую свиту, диафторированные в термодинамических условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Видимая мощность метаморфических пород в характеризуемом разрезе приближается к 2000 м.

Нижний протерозой. Челюскинская серия

Челюскинская серия представлена, по сравнению со стратотипическим разрезом р. Жданова, достаточно полно, хотя различия между этими двумя значительно удаленными районами Северо-Восточного Таймыра позволяют ставить вопрос о выделении "унгинского типа" разреза этого подразделения докембрийской стратиграфической схемы региона. Наиболее детально он может быть охарактеризован в каньоне р. Унги, где вскрываются отложения октябрьской, клязьминской и ждановской свит.

Октябрьская свита обнажается в каньоне среднего течения р. Унги, в том ее месте, где северо-западное течение реки меняется на северное, и на ее левобережье. Непосредственного контакта свиты с породами тревожнинской свиты не наблюдается.

В составе октябрьской свиты преобладают тонкополосчатые (слоистые) слюдистые кварциты. В верхней ее части появляются разности, содержащие некоторую примесь карбонатного материала, что видно по характерной для них скульптурной поверхности выветривания. Цвет пород светло-серый с легким зеленоватым оттенком.

Мощность свиты ориентировочно оценивается в 300 м.

Клязьминская свита развита на том же участке, что и октябрьская.

В основании клязьминской свиты залегает пачка (50 м) черных филлитов, выше сменяющаяся черными же известняками. Главной породной разновидностью свиты являются массивные светло-серые, с поверхности выветривания желтоватые, доломиты. Они составляют 86% от всего объема пород, составляющих свиту.

Суммарная мощность свиты, установленная в разрезе р. Спутник, с которым характеризуемый фрагмент клязьминской свиты образует, по сути дела, единый протяженный выход, составляет около 1000 м.

Ждановская свита с размывом и, очевидно, несогласием залегает на карбонатных породах клязьминской. О несогласном ее залегании на подстилающих толщах свидетельствует присутствие в базальных конгломератах не только детритового материала из клязьминской свиты, но и обломков пород, идентифицируемых с метаморфизованными дацитоидами борзовской и кварцитами октябрьской свит. Разрез ждановской свиты представлен метапесчаниками, известняками, алевросланцами, базальтами, туфами основного состава.

Суммарная мощность охарактеризованного разреза свиты составляет 2000 м.

Лаптевская серия

Основное поле выходов лаптевской серии прослеживается от верхнего течения р. Унги в северо-восточном направлении до берега пролива Вилькицкого. В ее основании залегают светло-серые, местами с зеленоватым оттенком крупнозернистые кварцевые и олигомиктовые песчаники и гравелиты усть-унгинской свиты. Ее мощность здесь, видимо, не более 200 м. Выше залегают однообразные темно-зеленые базальты, часто миндалекаменные, реже отмечаются туфы и туффиты.

Иногда встречаются шаровые лавы. Эта толща, мощность которой оценивается в 350 м, сопоставляется с хербертовской свитой. Образования последней перекрываются кислыми вулканитами риолитового состава, относимые к эльгинской свите. Преимущественно это серые до темно-серых тонкополосчатые (флюидальные) или массивные, местами с порфировой структурой породы - фельзиты, фельзит-порфиры, плагиопорфиры и их туфы. Мощность свиты в междуречье Унги и Эльги составляет 800 м.

Нижний рифей. Урамская серия

Урамская серия, стратиграфически расчленяемая на терригенную чекинскую и карбонатную продольнинскую свиты, образует отчетливо выраженный трансгрессивный ритм, верхний член которого в характеризуемом районе отсутствует.

В строении чекинской свиты участвуют олигомиктовые и кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты, среди которых местами встречаются черные сланцы. Иногда в фанеромерных породах отмечается крупная косая слоистость и знаки ряби. Мощность чекинской свиты составляет 900 м.

Мезозой. Нижняя юра

Мезозойские отложения на территории описываемого района приурочены к Унгинской и Модинской впадинам и представлены исключительно только образованиями нижней юры.

Отложения нижнего отдела юрской системы А.А. Макарьевым (1985 г.) выделены в виде кунарской свиты, наиболее полно охарактеризованной по результатам изучения скважины № 128 профиля VI колонкового бурения, где вскрыты следующие слои (снизу вверх):

1. Алевролиты глинистые коричневато-серые с маломощными (1,0-1,5 см) прослоями разнозернистых кварцевых песков - 2,0 м.

2. Глины алевритистые от темно-серых до светло-коричневых с прослоями (0,2-0,4 м) мелкозернистых глинистых песчаников и тонкослоистых алевритов с прослойками угольной крошки и примесью гравия - 6,3 м.

3. Алевролиты серовато-белесые тонкослоистые слюдистые с конкрециями марказита (0,5-2,0 см), угольной крошкой и коричневым органическим веществом, подчеркивающим слоистость - 4,8 м.

4. Конгломераты кварцевые коричневато-бурые с песчано-глинистым цементом, в нижней и средней частях слоя наблюдаются прослои глинистых песков и песчаных алевролитов (0,2-0,6, иногда 1,0 м) - 9,3 м.

5. Пески кварцевые грубозернистые, переходящие в верхней части слоя в глинистые мелкозернистые песчаники - 0,7 м.

6. Алевролиты серые плотные с прослойками глин (1-7 мм) темно-зеленого и коричневато-серого цвета - 1,3 м.

7. Конгломераты кварцевые мелко-среднегалечные с глинистым и песчано-глинистым цементом, редкие прослои песчаников и глин с угольной крошкой, обломками кварца и древесины, в верхней части слоя - почковидные марказитовые конкреции - 9,1 м.

8. Песчаники и алевролиты с примесью гравия, ритмично переслаивающиеся - 3,8 м.

9. Алевролиты с примесью гравия и галек, серые - 4,8 м.

10. Алевролиты, подобные охарактеризованным в слое 9, но с большим количеством обуглившихся растительных остатков - 3,6 м.

Суммарная мощность приведенного разреза - 45,7 м.

Грубообломочные отложения кунарской свиты выклиниваются в сторону южного борта Унгинской впадины. В системе Модинско-Унгинских впадин они заполняют наиболее глубокие их части.

В основании кунарской свиты часто обнаруживается кора выветривания, представленная дресвяно-глинистым материалом. Из подобных образований по соотношению свинца 207/204 Л.А. Неймарком из ПГО "Севморзапгео-

логия" определен изотропный возраст, составивший 200 млн. лет, который показывает на границу синемюра и плинсбаха, и 170 млн. лет - на верхи бата. Среди других фактов для обоснования нижнеюрского возраста кунарской свиты укажем на данные о перекрытии ее отложений образованиями ханневичской свиты, содержащими фауну батского и байосского ярусов, отметив при этом условность этих определений. Микрофауны в кунарских отложениях, пригодной для уверенного их датирования не обнаружено. В большинстве проб выделены единичные формы спор "мезозойского" облика (Макарьев, 1985 г., 1987 г.).

Кора выветривания

На Северном Таймыре кора химического выветривания раннеюрского возраста зафиксирована в выходах на дневную поверхность и в буровых скважинах на р. Унга, м. Прончищева и р. Кунар, где она залегает на размытой поверхности докембрийского фундамента и перекрывается континентальными и прибрежно-морскими отложениями кунарской свиты. Ее мощность, по результатам разведочного бурения, составляет обычно до 10 м, однако, в отдельных случаях она существенно превышает эту величину. Наиболее наглядно взаимоотношение коры выветривания и строение ее профиля фиксируется в обнажении № 420 на правом борту каньона р. Унги в приустьевой части руч. Грот, где она залегает на серо-зеленых алевритистых метапелитах ждановской свиты. Кора выветривания состоит из двух частей. В нижней залегают светлые беловато-серые и желтые глины мощностью 2,0 м. Верхняя, представляющая собой "активный слой" КХВ, сложена желтыми и буровато-желтыми глинами с обильными неокатанными обломками кварца; ее мощность 1,0-1,5 м. В буровых скважинах мощность этого слоя, который обычно бывает наиболее обогащен золотом, варьирует от 0,5 до 10,0 м, может быть, местами более. В скважине 165-К (разведочная линия Л-5) профиль КХВ имеет следующий вид (снизу): 1) зона дезинтеграции - обеленные каолинизированные зеленовато-серые сланцы ждановской свиты - 19,0 м; 2) горизонт белых, серовато-белых и буровато-желтых глин с щебнем зеленовато-серых и темно-серых сланцев - 15 м; 3) горизонты суглинков светлого зеленовато-серого цвета с гравийными обломками кварца (10%) и сланцев; 4) золотоносный зеленовато-коричневый суглинок с обломками кварца, количество которого в верхней части увеличивается до 50% - 6,7 м. Отмеченные выше серо-зеленые филлиты подстилаются темно-серыми до черных марганцовистыми известняками (содержание MnO достигает 5,6%), слагающими пласт мощностью 10,0 м. Южнее от охарактеризованного выше обнажения, где в соответствии с условиями залегания пласта карбонатных пород последние срезаются поверхностью нижнеюрского пенеплена, на них развивается темно-бурая кора выветривания, состоящая, в основном, из гидроокислов железа (56,4%) и марганца (4,55%). Под ней, в зоне дезинтеграции, по трещинам в полуразрушенных известняках развиваются друзовые щетки гидроокислов псиломелана. В известняках иногда наблюдаются жилки кварца с вкрапленностью малахита.

На доломитах клязьминской свиты кора выветривания представлена доломитовой мукой (каличе) или развивается морфологически сложная карстово-кавернозная поверхность, наиболее крупные западины которой заполнены полимиктовыми конгломератами кунарской свиты.

Еще в нескольких точках территории Унгинского РРУ установлены выходы коры выветривания, которые, как и выше охарактеризованные, относятся к реликтам коры площадного типа.

Наряду с этим, здесь зафиксированы образования, которые можно отнести к линейным корам выветривания. Например, недалеко от устья руч. Березитового среди темно-серых мраморизованных известняков ждановской свиты в зоне дизъюнктива встречена залежь, сложенная темно-бурыми или пористыми образованиями гидроокислов железа и марганца. Березитовая зона метасоматитов и другие, подобные ей в полевых условиях хорошо различаются своим рыжим до оранжевого цветом, характерным не только для коренных выходов, но и перекрывающего их почвенно-растительного слоя. Это связано с окислением лиственит-березитов, в первую очередь входящих в состав этих пород железистых карбонатов и сульфидов. По последним развиваются лимонитовые псевдоморфозы характерного бурого и оранжево-красного цвета, иногда присутствует малахит. По своим характеристикам данные породы также принадлежат к образованиям линейной коры химического выветривания.

Как ранее упоминалось, свинцово-изотопные определения возраста охарактеризованной коры выветривания показали 200 (граница синемюра и плинсбаха) и 170 (верхи бата) млн. лет. По нашему мнению, первая из приведенных датировок более близкая к реальной. Авторы убеждены, что верхнюю часть КХВ, относящуюся к т.н. "активному" слою, образовавшемуся за счет вовлечения материала коры в процесс частичного перемыва и переотложения, можно считать базальным слоем кунарской свиты.

Палеоген

Палеогеновые отложения представлены специфическими осадочными образованиями, получившими развитие на п-ове Челюскина (бассейны рек Каменка, Анжелико, Пахра, Фонтанка и бух. Паландера), где они были выделены А.А. Макарьевым (1987 г.) под названием "каменского" горизонта, и как "рыжая" толща охарактеризованы Б.С. Васильевым на Центральном Таймыре (р. Шренк). По данным упомянутых геологов, они являются результатом переотложения продуктов физического разрушения докембрийского субстрата вместе с сопровождающими их палеозойскими гранитоидами, а также коры химического выветривания. Обычно это галечники, валунники и гравийники полимиктового состава, которые, в основном, распространены на западном побережье п-ова Челюскина, и гравийники, пески и галечники, получившие развитие на р. Шренк. В качестве заполнителя в них служат песчано-глинистый или глинистый материал каолинит-гидрослюдистого состава. В своем стратотипе в среднем течении р. Каменки каменский горизонт залегает на коре выветривания по палеозойским гранитоидам. Характерной особенностью пород этого горизонта является то, что галька и валуны слагающих его пород, имея красновато-рыжий оттенок с поверхности, как бы обожжены солнцем в аридных, близких к пустынным, условиях. То же происходит и с детритовым материалом гравийников и песков (отсюда: "рыжая толща").

Совершенно особый облик имеют отложения, развитые в долинах рек Серебрянки, Кунар и на других участках, где он и залегает на коре выветривания по полимиктовым конгломератам кунарской свиты нижней юры. При гипергенном преобразовании указанного субстрата обломки гранитов, метавулканитов и метаосадочных пород подверглись выветриванию и разрушению, что привело в конечном итоге к образованию породы, состоящей из валунов, гальки и гравия с белесым, светло-желтым и пестроокрашенным глинистым (каолинит) и песчано-глинистым заполнителем. По результатам поискового бурения его мощность колеблется от 1 до 20 м.

Кора выветривания

Разрезы коры химического выветривания палеогенового возраста изучены на р. Кунар и р. Унге. На р. Кунар КХВ вскрывается в коренных выходах долины и в серии профилей поискового бурения, пройденных вкрест простирания Кунарской грабен-депрессии. Грубообломочные и алеврито-песчаные отложения кунарской свиты практически на всю мощность (до 35 м) проработаны процессами гипергенеза. В разрезе коры выветривания отчетливо устанавливаются следующие ее элементы:

1. **Неизмененные породы.** В карстовых западинах плотика залегают не везде сохранившиеся серые и зеленовато-серые полимиктовые конгломераты, конглобрекчии и гравелиты. В конгломератах, особенно их валунных разностях, легко распознаются, кроме кварца и кварцитов (последние из октябрьской свиты), верхнепалеозойские граниты. Метавулканиты из прончищевской свиты, доломиты из клязьминской и сланцы из воскресенской свит. Породы в обломках имеют свежий вид, без каких-либо следов выветривания. Цемент в них терригенно-карбонатный. Мощность этих пород не превышает нескольких метров.

2. **Зона дезинтеграции.** Те же самые, но выветрелые конгломераты, конглобрекчии, гравелиты и песчаники, обломки силикатных пород, особенно гранитов, рассыпаются в труху, тем не менее, макроскопически первичный состав распознается без особых затруднений. Первичные текстуры породы - псефитовая, гравийная и псаммитовая - сохранились в полной мере. Мощность 5-7 м.

3. **Горизонт гидрослюдисто-каолинитовых** глин с редкими валунами и обломками других гранулометрических классов. Силикатная часть обломочных пород нацело преобразована в глины и гидроокислы железа, неизменными остались обломки кварца и кварцитов. Цвет глин желтовато-серый, желтый, желтовато-оранжевый, бурый и т.п. Несмотря на высокую степень гипергенной переработки исходных пород, нередко сохраняется их первичная текстура и слоистость. В верхней части горизонта изредка обнаруживаются два маломощных (первые дециметры)горизонта лимонитовой породы, видимо, маркирующей верхнюю часть коры выветривания на двух отдельных стадиях ее развития. Мощность этого горизонта, представляющая собой основную часть коры выветривания, достигает 35 м.

4. **"Активный" слой (горизонт) коры выветривания.** Являет собой результат частичного перемыва и переотложения коры в элювиальных, делювиальных и пролювиальных условиях. Местами слагающие его образования представляют собой типичный "водораздельный галечник". Стратиграфически он занимает, по мнению авторов (Забияка и др., 1988 г.), место т.н. "каменского горизонта", не являясь, впрочем, таковым по своей сути, о чем уже говорилось выше. По сравнению с подстилающими образованиями в нем существенно увеличивается содержание обломочного, особенно валунно-галечного материала, который ассоциирует с желтовато-белесым, иногда с оранжевым, красноватым и зеленоватым оттенком песчано-глинистым заполнителем. Мощность 5-10 м.

Механизм формирования палеогеновой коры выветривания можно представить в виде двухстадийного процесса. В первую стадию на субстрат, состоящий из нижнеюрских конгломератов кунарской свиты, накладываются процессы гипергенеза, в результате чего все силикатные минералы, слагающие обломки пород из детритового материала конгломератов, кроме кварца и минералов акцессорной группы, превращаются сначала в гидрослюдистую, а затем в каолинитовую глину (не исключается при этом присутствие латеритных глин, которые могут быть выявлены специальными исследованиями). Во вторую стадию под воздействием атмосферных процессов, в первую очередь, дождя и ветра, происходит эрозия КХВ, во время которой из ее верхних горизонтов выносится легкая фракция, конечный продукт (валунные галечники) обогащается наиболее крупным материалом, состоящим из устойчивых к выветриванию валунов и гальки кварца и кварцитов и содержащим детритовое золото, что приводит к образованию "активного" слоя КХВ. Крупные обломки обычно хорошо окатаны, поскольку они такими были уже в исходной породе. Приведенный механизм формирования коры выветривания, объясняет присутствие в элювиальной россыпи окатанного, преимущественно крупного золота и малую долю мелкого и тонкого.

Неоген-квартер

Плиоцен-среднеплейстоценовые отложения широко развиты во впадинах п-ова Челюскина. Они несогласно залегают на докембрийских, мезозойских и палеогеновых образованиях. Анализируя особенности размещения этих отложений на р. Кунар и правобережье бух. Мод, можно предположить, что они контролируются структурой депрессий грабенового типа, в разрезе которых участвуют также нижнеюрские и палеогеновые отложения.

В составе образований нерасчлененного плиоцена-среднего плейстоцена ведущую роль играют темно-серые и черные глины с галькой и валунами, реже песками и алевритами. В нижней части преобладают монотонные черные глины, в средней отмечаются пески, разрез венчается глинами либо глинистыми алевритами с включениями галек, валунов и крупных линз льда. Гравий и галька встречаются также непосредственно в подошве толщи, местами переходя в гравийники и галечники с глинистым заполнителем. Облик характеризуемых отложений указывает на очевидное участие в их составе тиллитов.

В соответствие с выводами А.А Макарьева (1985 г.), видовой состав микрофауны в нижних частях разреза свидетельствует о морском генезисе этих осадков и их плиоценовом возрасте. Средняя, преимущественно песчаная часть разреза содержит комплекс микрофауны, относящийся, скорее всего, к позднему плиоцену - раннему плейстоцену. Его состав указывает на ухудшение среды обитания микроорганизмов, обмеление бассейна и частичное его опреснение. Верхняя часть разреза, сложенная глинами с включениями обломочного материала и погребенным льдом, по литологическому составу и органическим остаткам сходна с ледниково-морскими среднечетвертичными отложениями о. Комсомолец, ряда районов Европейской части России и Западной Сибири.

Четвертичные отложения

Четвертичные отложения, кроме охарактеризованных выше отложений нижнего и среднего плейстоцена, входящих в состав нерасчлененной толщи вместе с осадками плиоцена, представлены рыхлыми образованиями верхнего плейстоцена, сформировавшимися в результате морских регрессии и трансгрессии, двух оледенений, а также современными морскими и континентальными отложениями.

Интрузивные образования

Магматическая деятельность в геологической истории исследуемого района связана с этапами нижнепротерозойского (карельского) тектоно-магматического цикла и циклом палеозойско-мезозойской (герцинской) тектоно-магматической активизации Таймырской складчатой области. Если упомянутый докембрийский цикл характеризовался проявлением как вулканической, так и интрузивной деятельности, то для палеозойско-мезозойского свойствен только интрузивный магматизм. Составляющие их

образования представлены следующими комплексами:

1) ленинградским вулкано-плутоническим базальт-долеритовым,

2) хербертовским вулкано-плутоническим базальт-долеритовым,

3) эльгинским вулканическим риолитовым и

4) лодочниковским субщелочных гранитоидов.

Первый из них связан с геосинклинальным комплексом ранних карелид (афебиия или удокания), два последующих - с орогенным комплексом поздних карелид (акиткания или улкания), последний лишь использует чуждую ему раму докембрийских образований.

Основу **ленинградского** комплекса составляют породы одноименного габбро-долеритового интрузивного комплекса, впервые описанного под названием "формации ортоамфиболитов" (Равич, Чайка, 1962), характеризующегося также как "быррангский габбро-долеритовый" (Забияка и др., 1986). Он представлен силлами и, в меньшей степени, дайками метаморфизованных долеритов и сформировавшихся по ним актинолитовых амфиболитов и хлоритовых сланцев. В более крупных телах, наподобие тех которые обнажаются на правобережье руч. Йоа, ведущую роль играют габбро-долериты. По химизму они отвечают нормальным долеритам, нередко отклоняясь в сторону лейкодолеритов и субщелочных оливиновых долеритов, иногда андезит-базальтов. Средний состав комплекса с 48,3% кремнезема, 2,7% натра и 0,7% калия соответствует лейкобазальту. Соотношение щелочей указывает на принадлежность составляющих его разновидностей пород к натриевой серии. По другим показателям они принадлежат к низкоглиноземистым с достаточно высоким показателем фемичности - 14,5-24,2.

Тела метадолеритов ленинградского комплекса участвуют в складчатости, что достаточно отчетливо можно наблюдать в коренных выходах каньона р. Унги. Вместе с вмещающими породами они подверглись одинаковой степени регионального метаморфизма. Установлено, что наиболее часто силлы встречаются среди пород ждановской свиты, хотя отмечаются также и в других частях разреза челюскинской серии - октябрьской и клязьминской свитах.

Вулканогенная составляющая вулкано-плутонической ассоциации играет в ней подчиненную роль. Она представлена двумя потоками базальтовых лав и туфов, мощностью соответственно 290 и 160 м в разрезе ждановской свиты, описанному в каньоне р. Унги. Первый их них состоит из монотонных темно-зеленых миндалевидных базальтов и их туфов, лишь в верхней части пачки это однообразие нарушается появлением слоя четковидно расположенных вулканических бомб размером 1,0х1,0 до 15х20 см. В верхней, туфовой, толще главенствующую роль играют агломератовые разности.

Следует заметить, что вулканогенные породы ассоциации изучены еще недостаточно, поэтому ее выделение следует считать во многом условным, основанным на соображениях общегеологического плана.

Хербертовская базальт-долеритовая ассоциация также пока что только декларируется, поскольку, имея достаточно хорошо изученную ее вулканическую составляющую, мы располагаем ограниченными сведениями об ассоциирующих с ними гипабиссальных базальтах. Базальтовый комплекс ассоциации по своему стратиграфическому объему полностью соответствует одноименной свите. Для него характерен весьма монотонный облик, обусловленный абсолютным господством зеленокаменно измененных базальтов, обычно обладающих миндалекаменной текстурой. Среди них встречаются отдельные маломощные прослои туффитов, позволяющие восстановить дислокационную структуру толщи. Туфы встречаются исключительно редко. Иногда наблюдаются лавы с шаровой отдельностью. В условиях низкотемпературного регионального метаморфизма основная масса базальтов преобразована в труднодиагностируемый агрегат альбита, эпидота, хлорита, актинолита, соссюритизированного основного плагиоклаза и офитовая, а в отдельных случаях и вариолитовая структуры - устанавливаются с трудом.

По химизму эффузивные породы хербертовской ассоциации отвечают базальтам нормального и субщелочного ряда. Специфической является высокая степень постоянства их состава, отличающая эти породы от близких по составу образований более древних эпох. По соотношению щелочей они принадлежат к устойчивой натриевой серии, а по коэффициенту a1' - к высоко- и умеренноглиноземистым разностям.

Гипабиссальная фация хербертовской ассоциации не получила широкого развития, выделена нами в самое последнее время (Корнев, Забияка, 1994 г.) и поэтому изучена еще недостаточно. Она представлена дайками измененных долеритов, встречающихся в поле базальтов хербертовской свиты. Возможно, среди образований, причисляемых к ленинградскому комплексу метабазитов, находятся разновидности, которые на самом деле следует относить к хербертовской ассоциации. Единственный критерий, который авторы могут предложить для их разделения, это отношение к складчатым деформациям раннекарельского этапа. Очевидно, что по отношению к последним хербертовские долериты будут носить отчетливые признаки внедрения после завершения складчатых процессов.

Эльгинский вулканический комплекс по своему объему полностью соответствует одноименной свите, входящей в состав разреза лаптевской серии. Он сложен относительно слабо измененными вулканогенными породами кислого состава - фельзитами, фельзит-порфирами, плагиопорфирами с достаточно хорошо сохранившимися флюидальной текстурой, афировой и порфировой структурами основной массы. Вкрапленники представлены кварцем и плагиоклазом. С ними ассоциируют игнимбриты, обычно желтоватые или красные породы с брекчиевидной и псевдофлюидальной текстурами, иногда они имеют характерную для этих пород структуру фьямме.

На петрохимических диаграммах фигуративные точки, отвечающие породам эльгинского комплекса, образуют компактное поле, указывающее на высокую степень постоянства состава этих пород и совпадающее с полем риолитов, низкощелочных риодацитов и трахириолитов. По среднему составу они отвечают риолитам с 74,7% кремнезема, 3,9% натра и 2,9% кали. По соотношению щелочей эти породы относятся к калиево-натриевой серии, отклонения в сторону калиевой серии представляют исключительную редкость. Коэффициент a1' показывает на их весьма высокую глиноземистость (2,0-4,9).

На правобережье р. Унги, в обнажениях руч. Грот, наблюдались небольшие тела фельзитов темно-серого цвета, по внешнему виду совершенно аналогичных таковым среди вулканитов эльгинской свиты. Упомянутые тела прорывают терригенные породы усть-унгинской свиты. Это единственный из известных нам выход гипабиссальных аналогов эльгинского комплекса.

Лодочниковский комплекс субщелочных гранитоидов представлен в пределах характеризуемой территории фрагментами Кристифенсеновского и Анучинского массивов, показанными у южной рамки геологической карты. Первый из них прорывает породы тревожнинской и челюскинской серий. При этом, учитывая то, что челюскинская серия смята в опрокинутые до лежачих складки, лодочниковские гранносиениты интрудируют практически в горизонтально залегающие слои, приподнимая их при этом, образуют куполоподобную структуру. С Анучинским массивом подобного явления не происходит, поскольку он сформировался при внедрении в породы лаптевской и урамской серий, смятые в линейные или брахиформные складки. Характерным для этих, как и для всех массивов комплекса, является наличие зоны закалки в виде эндоконтактового ореола гранит-порфиров шириной до первых сотен метров.

Породы лодочниковского комплекса представлены двумя ведущими группами - нормальными и субщелочными гранитоидами. К первым относятся порфировидные и мелкозернистые биотитовые граниты, биотит-амфиболовые гранодиориты и кварцевые диориты. Группа субщелочных пород состоит их порфировидных граносиенитов, порфировидных кварцевых сиенит-диоритов до кварцевых сиенитов. Наиболее распространенными породами являются порфировидные биотит-амфиболовые субщелочные граниты и кварцевые сиениты, представленные грубозернистыми разностями розовато-серого цвета. Жильная фация гранитоидов комплекса развита достаточно широко. Преобладают дайки гранит-порфиров и аплитовидных гранитов. Отмечаются также породы лампрофирового ряда - спессартиты, близкие к ним одиниты, представители минетта-керсантитовой ветви.

Специфика химического состава пород лодочниковского комплекса заключается в удивительной выдержанности содержания суммы щелочей - преимущественно 7-8% при очень больших вариациях в содержании кремнезема - 69-77% для Кристифенсеновского массива. По соотношению щелочей (0,5-1,3, редко 1,7) они относятся к калиево-натриевой серии. По коэффициенту a1' преобладают высокоглиноземистые разновидности.

Возрастные рубежи становления комплекса определяются доказанным прорывом одним из его массивов (Каменский) отложений усть-пясинской свиты (S_2-$Д_2$) и прорывом, в свою очередь, гранитоидов дайкой траппового комплекса, задокументированным авторами в приустьевой части р. Тессема. Калий-аргоновые датировки пород Кристефенсеновского массива показали 280+6 и 285+7 млн. лет, для Анучинского - 244+6 и 253+7 млн. лет (соответственно P_1 и граница P_2-T_1).

Массивы лодочниковского комплекса формируют хорошо выраженные экзоконтактовые ореолы, что отличает его от образований докембрийского комплексов.

Региональный метаморфизм

Регионально-метаморфическое поле характеризуемого района отличается исключительной монотонностью, в связи с тем , что слагающие его метаморфические породы располагаются в пределах одной зоны - хлорита - фации зеленых сланцев. Вместе с тем, это однообразие является кажущимся, поскольку в его пределах получили развитие три разновозрастных метаморфических комплекса, формировавшиеся в течении трех метаморфических циклов - архейского (алданского ?), нижнепротерозойского (карельского) и рифейского (байкальского).

Первый из них, предположительно архейский, тревожинский метакомплекс, образует небольшой выход в юго-западной части описываемой площади. Он сложен весьма однообразными диафторитами, указывающими на полиметаморфический характер слагающих его образований, представленных почти мономинеральными актинолититами или хлоритовыми актинолититами. Породообразующие минералы представлены спутанно-волокнистым или субпараллельным нематобластовым, часто плойчатым агрегатом. Постоянно в породах присутствуют сегрегационные прожилки кварц-кальцитового состава, являющиеся непременным атрибутом процесса диафтореза. В зоне экзоконтактового воздействия интрузивного массива г. Кристифенсена отмеченные атинолититы как бы восстанавливаются, превращаясь в обычные амфиболиты, сложенных сине-зеленой роговой обманкой, местами в них проявляется гранат.

Второй из метаморфических комплексов, названный "челюскинским", поскольку его стратиграфический объем отвечает одноименной серии, также относится к разряду полиметаморфических. Он сформирован в результате карельского цикла, проявившегося 1900-2000 млн. лет тому назад, на рубеже нижнего и верхнего карелия, и байкальского - 1000-1100 млн. лет тому назад. Это привело к тому, что метаморфиты более высоких ступеней регионального метаморфизма, чем фация зеленых сланцев, при наложении метаморфизма низких ступеней подверглись диафторезу, что всегда приводит к существенному затушевыванию реликтовых признаков материнской породы. Вместе с тем, нередки случаи, когда имеет место наложение (совпадение) в пространстве однотипных термодинамических условий. В этом случае даже в условиях полиметаморфизма диафторических преобразований не происходит, породы сохраняют многие черты исходных пород: слоистость и слойчатость, псаммитовую, алевритовую, не говоря уже о псефитовой, структуры осадочных образований, устойчивы миндалекаменная, порфировая, агломератовая и тому подобные - в вулканогенных, офитовая и габбровая структуры - в интрузивных.

Наиболее распространенные породы челюскинской серии - метапесчаники, метаалевролиты и филлиты - распознаются, в первую очередь, по цвету: фанеромерные породы обладают зеленовато-серыми тонами окраски, пелитоидные чаще всего имеют темно-серый и черный цвет. В метапесчаниках, кроме того, нередко обнаруживается псефитовая зернистость. Подобные породы наблюдаются, например, в средней части каньона р. Унги. Хорошо диагностируются и терригенные породы гравийной размерности - метагравелиты, встречающиеся в основании разреза ждановской свиты. На правобережье руч. Березитового наблюдаются плойчатые, сильно перемятые темно-зеленые кварц-серицит-хлоритовые сланцы, которые могли бы быть приняты как метаморфизованные вулканогенные образования. Однако в них встречается редкая галька и валуны кварца и гранитов, которые несомненно указывают на их принадлежность к осадочным породам (редковалунные конгломераты).

Из группы магматических эффузивы и туфы довольно легко распознаются по характерным миндалекаменной, порфировой и агломератовой текстурам. Базиты ленинградского комплекса, в виде силлов, располагающиеся среди пород челюскинской серии, метаморфизованы изофациально с вмещающими образованиями. Это привело к тому, что долериты и габбродолериты в маломощных телах нацело, а в более мощных - в краевой части, превращены в эпидот-хлоритовые и хлоритовые сланцы, лишь в центральных частях мощных силлов распознаются габбровая и офитовая структуры. Но в последнем случае темноцветный минерал замещен актинолитом, эпидотом и хлоритом, основой плагиоклаз - цоизитом и альбитом, титано-магнетит лейкоксенизирован.

Мономинеральные породы - кварциты, составляющие октябрьскую свиту, доломиты и известняки, слагающие клязьминскую свиту и входящие в состав ждановской, - в условиях регионального метаморфизма лишь перекристаллизовываются, но никак не меняют свой минеральный состав. Это, по нашему мнению, является одним их

неопровержимых доказательств изохимичности процесса метаморфизма. Среди карбонатных пород в исследованном районе встречаются разности, содержащие слойки хлорита, который предполагается нами в качестве метаморфизованного туффитового материала.

Минеральные парагенезы, характеризующие состав пород челюскинского метаморфического комплекса, приведены в табл. 3.150.

Рифейский (байкальский) лаптевско-харитоновский метаморфический комплекс представлен в характеризуемом районе образованиями лаптевской и урамской серий. Отличительной чертой этого метакомплекса является его формирование в результате проявления одного регионально-метаморфического цикла, поэтому в отличие от всех более древних здесь исключается вероятность обнаружения признаков ретроградного метаморфизма. Это обстоятельство сказалось и на сохранности реликтовых признаков материнских пород.

Метаморфизм терригенных пород выразился лишь в появлении в цементе серицита, хлорита и перекристаллизованного (и переотложенного в рамках конкретного слоя) кварца. Красноцветность, свойственная исходным породам зачастую сохраняется.

Порфироиды характеризуются своеобразной "сгустковой" (сегрегационной) структурой, возникшей за счет метаморфической избирательной перерекристаллизации и укрупнения основной массы риолитов и игнимбритов. В то же время при метаморфизме миндалекаменных базальтов развивается плохо диагностируемый агрегат альбита, хлорита, эпидота, лейкоксена. В связи с этим реликтовые структуры базальтов - пилотакситовая, офитовая и вариолитовая - устанавливаются не часто.

Основные минеральные парагенезы продуктов рифейского метаморфизма в Унгинском районе имеют следующий вид: Кв+Пл+Сер+Хл, Аб+Кв, Аб+Клш+Кв+Сер+(Эп), Ак+Эп+Аб+Хл+Цо+Лк.

Гидротермально-метасоматические образования

Для Унгинского узла характерно довольно широкое развитие гидротермально-метасоматических образований (ГМО). При этом устанавливается специфичность по интенсивности, составу и другим особенностям проявления продуктов гидротермальной деятельности для каждого, взятого в отдельности, структурного этажа и яруса, что обусловлено особенностями присущего для каждого из них тектонического режима.

В связи с ограниченным развитием образований, которые мы предположительно относим к нижнему архею, невозможно ожидать и широкого распространения гидротермалитов, принадлежащих к нижнеархейской "сопряженной гидротермально-метасоматической системе" или СГМС, в понимании Ю.В. Казицина (1979). В пределах площади их распространения получили развитие упоминавшиеся ранее мелкие прожилки кварц-карбонатного состава, формирование которых обычно сопровождает процесс низкотемпературного диафтореза. При диафторическом преобразовании минералов исходных метаморфических пород обычно происходит выделение рутила-сагенита и магнетита. Тонкая сыпь последнего в изобилии отмечена при микроскопическом изучении пород.

В рамках карельского тектонического цикла широкое развитие получили среднетемпературные метасоматиты и парагенные с ними кварцевые, карбонатно-кварцевые жилы и зоны кварцевого прожилкования, формирование которых обязано региональному метаморфизму. На изученной территории выявлены почти все представители ГМО, типоморфных в соотвествии с PT-условиями проявившегося метаморфизма для хлоритовой зоны зеленосланцевой фации.

К востоку от р. Унги, примерно в 1,5-2,5 км от ее долины, протягивается довольно крупная зона метасоматитов, Березитовая, ширина которой варьирует от 300 до 350 м, а вместе с ее сателлитами, примыкающими с юго-востока, до 1 км при длине, несколько превышающей 7 км. Особенностями своего петрографического состава она обнаруживает принадлежность к классу лиственит-березитов. Главный минеральный парагенез представляющих их пород - Кв+Сер+Анк+Пир. Наиболее обычный рудный минерал березитов - пирит, но иногда также встречается халькопирит и развивающийся по нему малахит, а также галенит и сфалерит. Полиметаллы в виде бедной вкрапленности зафиксированы в верхнем течении руч. Лев. Березитового. Зона метасоматитов часто сопровождается кварцевыми прожилками и жилами, которые также группируются в зоны. Простирание зоны северо-восточное 50-55°.

Среднее течение р. Унги пересекается еще одной, Унгинской, зоной березитов субмеридионального простирания, ее мощность около 200 м. Вмещающими породами являются слабо метаморфизованные слоистые песчаники и алевролиты ждановской свиты. По своему составу и строению эта зона является сложной. При этом березиты и их стержневая часть, состоящая из вторичных кварцитов, занимает центральную часть, мощность которой составляет 85 м. Периферическая часть зоны представлена "обеленными" окварцованными алевро-песчаниками и сланцами, которые располагаются среди вмещающих пород, не подверженных гидротермальной проработке. Доля "обеленных" пород по направлению к центральной части зоны постепенно возрастает. Эта периферическая часть включает в себя две зоны неправильных по форме кварцевых жил, местами отмечаются скопления кварцевых прожилков.

Метасоматическая колонка Унгинской зоны ГМО может быть представлена в следующем виде:

0. Вмещающие породы. Кварц, плагиоклаз, хлорит, серицит, кальцит.

1. Периферическая часть. Кварц, плагиоклаз, серицит, хлорит, пирит.

2. Промежуточная подзона. Кальцит, альбит, кварц, пирит.

3. Собственно березитовая подзона. Альбит, кальцит, кварц, серицит, пирит.

4. Стержневая часть березитовой зоны. Кварц, пирит, (карбонат), (серицит).

Таблица 3.150

Типовые минеральные парагенезы пород челюскинского метаморфического комплекса

Состав пород		Минеральные парагенезы
Исходный	Метаморфический	
Псаммит	Серицит-хлорит-кварцевый сланец, метапесчаник	Кв+Аб+Му+Хл+Эп
Глинистый сланец	Филлит	Му+Хл+Кв
Кварцевый псаммит, псефит	Кварцит, кварцитоконгломерат	Кв, Кв+Му+(Аб)
Доломит, известняк	Доломитовый и кальцитовый мрамор	До, До+Кв, Ка
Базальт, габбродолерит	Метабазальт, эпидот-хлоритовый сланец	Хл+Аб+Эп+Ка+Акт, Хл+Аб+Кв, Хл+Эп+Аб+Ка+СФ+(Кв)

Березиты представлены светлыми, почти белыми, с зеленоватым оттенком породами, насыщенными тонкой сыпью пирита. Зеленоватый оттенок придает породе равномерно размещенная в ней зеленая слюдка - фуксит.

Кроме упомянутых выше кварцевых жил, которые сопряжены с березитами, на рассматриваемой территории они встречаются самостоятельно, в виде отдельных (одиночных) жил или группируются в кварцево-жильные зоны протяженностью в несколько километров. И первые и вторые обычно располагаются согласно с элементами складчатой структуры. Их мощность варьирует от первых дециметров до первых метров. Сложены они молочно-белым и водяно-прозрачным кварцем; жилы, содержащиеся в черных высокоуглеродистых сланцах, имеют темно-серый до черного цвет кварца. Обычно последний в различной степени катаклазирован - от облачно-гаснущего под микроскопом до гранулированного. В зальбандах нередко содержатся ксенолиты вмещающих пород, к которым бывают приурочены особенно богатые скопления сульфидов.

К наиболее мощным пачкам и слоям черных темно-серых филлитов бывают приурочены сульфидная вкрапленность и зоны кварцевого или сульфидно-кварцевого прожилкования.

Позднекарельская СГМС, проявления которой локализованы, в основном, в породах лаптевской серии, не указывают на высокую активность гидротермально-метасоматического процесса по отношению к данному этапу. Выделяются три группы ГМО, которые с той или иной долей уверенности могут быть связаны позднекарельским тектоническим этапом развития региона. Во-первых, это эпидозиты, в том числе пьемонтизиты, и яшмоиды, образование которых обусловлено пост- или поздневулканическими процессами. Они слагают небольшие по размерам неправильные тела с "теневыми" взаимоотношениями с вмещающими их эффузивами и туфами основного состава; эпидозиты, кроме того, локализуются в виде жил. Эти гидротермалиты в виде детритового материала встречены в конгломератах чекинской свиты. Во-вторых, это кварцевые жилы, впрочем, не часто встречающиеся среди пород лаптевской серии. Наконец, в-третьих, с известной долей условности в состав позднеканельской СГМС включены метасоматиты, образующие довольно крупную зону в верхнем течении р. Унги. Предполагается, что она приурочена к тому же дизъюнктиву, который контролирует размещение Березитовой зоны. В отличие от последней характеризуемая сложена, судя по минеральным парагенезам, более высокотемпературными образованиями, вероятно, принадлежащими к формации кальмалитов (Беляев, Рудник, 1978): Кв+Аб+Му+Ка+Би, Кв+Пл+Би+Сил, Акт+Кв+Би. Присутствие во втором из приведенных парагенезов силлиманита указывает на очевидную роль в его формировании интрузива Анучинского массива, контакт которого находится вблизи восточной границы метасоматической залежи. Не совсем ясно, является ли упомянутый минерал вторичным, свидетельствующим о метаморфизме метасоматитов, ранее образованных, или первичным. В последнем варианте, если будет доказано его равноправное участие в формировании метасоматитов, их следует исключить из группы позднекарельских, отнеся к образованиям пермо-триасовой тектоно-магматической активизации.

Несмотря на большую роль в строении района интрузивных образований лодочниковского комплекса, являющихся своего рода показателями активности режима верхнепалеозойско-нижнемезозойской тектонической активизации региона, ГМО, которые со всей очевидностью можно было бы отнести к образованиям этого этапа, обнаружено в пределах Унгинской площади не столь много. Обычно к экзоконтактовым ореолам массивов субщелочных гранитоидов бывают приурочены довольно широкие и интенсивные по проявленной рудной минерализации сульфидные ореолы. В данном случае сульфидизация не столь обильна. Вблизи контакта интрузива г. Кристиенсен наблюдается редкая вкрапленность пирротина, пирита и еще реже - халькопирита. В карбонатных вмещающих породах отмечается образование небольших залежей скарнов. Возможно, некоторые кварцевые жилы, дискордантные по отношению к складчатости во вмещающих породах, также принадлежат к этой же группе ГМО.

Факторы и критерии локализации месторождений унгинского типа

Формирование россыпей унгинского типа определяется комплексом разнообразных факторов, среди которых главная роль принадлежит тектоническому, минерагеническому, седиментогенному, ландшафтных условий, фактором гипергенеза и эрозии. Их удельный вес напрямую связан с принадлежностью рассматриваемой россыпи к разряду погребенных. Результатом действия перечисленных факторов является созданная ими геологическая структурно-функциональная система, состоящая из коренных источников, россыпелокализующих морфоструктур и внутренне упорядоченного лито-стратиграфического разреза.

Минерагенические критерии. Сущность группы этих предпосылок заключается в том, что особенности размещения россыпных концентраций любого ранга, их внутренняя структура и продуктивность напрямую связаны со спецификой эндогенного оруденения или, точнее говоря, источника сноса и продуктивностью коренных пород (рудоносных формаций). При этом рассмотрению и анализу подлежит не только традиционно эндогенная золотоносность, но и такая, которая была сформирована в результате осадочного процесса.

Среди представителей эндогенного золотого оруденения, которые могут рассматриваться в качестве одного из наиболее вероятных источников металла в Унгинской россыпи, в первую очередь, обращает на себя внимание сложная по составу Березитовая зона метасоматитов, ассоциирующих с кварцевыми жилами и штокверковыми залежами кварцевых прожилков. Благоприятными критериями при этом являются почти повсеместная зараженность ее сульфидами, среди которых ведущая роль принадлежит пириту, но встречаются также полиметаллы - галенит, халькопирит и сфалерит. Сам факт золотоносности образований, слагающих Березитовую зону, косвенно устанавливается уже по присутствию металла в шлихах из ручьев (особенно Мал. и Бол. Березитовых), пересекающих Березитовую зону или берущих начало в ее пределах. В северо-западной части зоны руч. Березитового в метасоматитах, содержащих мелкие прожилки кварца и полиметаллическую минерализацию, установлено от первых десятых до 5,0 г/т золота. Необходимо подчеркнуть, что впервые крупные выделения золота в бассейне р. Унги были обнаружены Г.Н. Оболонским в кварце именно с полиметаллическим оруденением.

Березиты Унгинской зоны характеризуются обычно невысокими содержаниями золота - от следов до первых десятых долей грамма на тонну. Однако в одном случае было установлено содержание 3,7 г/т, что позволяет надеяться на присутствие в ней участков с повышенными концентрациями полезного компонента. Из аллювия непосредственно в районе развития упомянутых метасоматитов нами были отмыты шлихи со знаковыми содержаниями мелкого золота.

При опробовании зоны кальмалитов, выявленной в верхнем течении р. Унги, присутствие золота с содержа-

нием 0,2-1,0 г/т было установлено в 37% проб, включая также сопряженные с зоной кварцевые жилы.

В изобилии встречающиеся в различных местах Унгинской площади, особенно на правобережье р. Унги, кварцевые жилы, по данным проведенного опробования, обладают невысокой золотоносностью. Пробирным анализом в них установлены содержания металла, не превышающие первых десятых долей г/т. Правда, в них, как об этом было упомянуто выше, было обнаружено довольно крупное, размером со спичечную головку, выделение золота, присутствие которого предположительно коррелируется с наличием полиметаллической минерализации.

Второй тип образований, рассматривающихся в качестве вероятного источника при образовании россыпных концентраций Унгинского месторождения, связан с терригенными породами докембрийского разреза. Установлено два стратиграфических уровня, представляющих определенный интерес с рассматриваемой точки зрения. Общим для отложений, представляющих эти уровни, является принадлежность их к базальным образованиям.

Более древний из них располагается в основании орогенного комплекса лаптевской серии и представлен отложениями усть-унгинской свиты. По литологическому составу это кварцито-песчаники, кварцито-гравелиты, кварцевые и олигомиктовые песчаники, красноцветные алевролиты, образовавшиеся за счет осадков высокой степени зрелости. Последнее является указанием на то, что данные породы сформировались за счет перемыва коры химического выветривания, развивающейся по породам челюскинской серии и связанным с ней магматическим и гидротермально-метасоматическим образованиям. Учитывая это, с большой долей вероятности можно полагать, что с породами усть-унгинской свиты могут быть связаны значительные концентрации терригенного золота, сопоставимые с концентрациями, характеризующими юрско-палеогеновую россыпь Унгинского месторождения, или превышающими их. Достаточно сказать, что отложения усть-унгинской свиты нижнего протерозоя и кунарской нижней юры занимают принципиально одинаковое положение в геологическом пространстве. К сожалению, усть-унгинская свита в этом отношении оказалась пока что совершенно не изученной.

Второй, более молодой, стратиграфический уровень потенциально перспективных на россыпные концентрации отложения отвечает базальной толще урамской серии нижнего рифея (?) - чекинской свите. Она обладает такими же признаками, что и охарактеризованная выше, указывающими на ее образование в субаэральных условиях за счет перемыва коры выветривания, развившейся по раннедокембрийскому субстрату. Свита сложена кварцевыми, олигомиктовыми и полимиктовыми песчаниками, алевролитами, гравелитами и конгломератами, среди которых встречаются также красноцветные разности. Опробование ее разреза, проведенное авторами на м. Х. Лаптева (20 км юго-восточнее характеризуемой площади), позволило выявить в нем устойчивые концентрации золота, варьирующие от следов до 2,1 г/т. Установлена подчиненность этих концентраций слоистой текстуре толщи. Среднее содержание металла по разрезу составляет 0,4 г/т (Сердюк и др., 1991 г.). Особенности развитой в пределах Унгинской площади чекинской свиты позволяют рассматривать ее не только в качестве одного из вероятных источников золота, участвующего в формировании погребенной Унгинской россыпи, но и считать эту толщу потенциально перспективной на россыпи древнего типа (формация золотоносных конгломератов).

Следует подчеркнуть, что роль практически всех образований, указанных выше как возможных источников металла, участвующего в формировании Унгинской россыпи, неизмеримо возрастает в связи с их предварительной проработкой процессами гипергенеза в условиях коры химического выветривания каолинитового типа.

Стратиграфические критерии. Эта группа критериев, раскрывает приуроченность россыпей к определенным уровням стратиграфического разреза, не является в полной мере самостоятельной, поскольку формирование россыпных концентраций обусловлено не только седиментацией, но и другими факторами (тектоникой, ландшафтными условиями, особенно климатом и другими).

Очевидной является приуроченность россыпных концентраций к кунарской свите, возраст которой достаточно уверенно определен ее местом в нормальном разрезе и изотопными датировками коры выветривания, на которой отложения кунарской свиты залегают. При этом следует заметить, что ареал ее развития связан с северной частью п-ова Челюскина, в других местах Северного Таймыра доказанной нижней юры пока не установлено. В связи с этим прогноз погребенных россыпей Унгинского типа ограничивается территориальными рамками Челюскинского рудно-россыпного района.

Состав кунарской свиты указывает на ее принадлежность к образованиям формаций молассового типа, для которых бывают характерны россыпные концентрации.

Условия гипергенеза. Гипергенезу принадлежит одна из решающих ролей при формировании промышленных концентраций золота.

Во-первых, с этим процессом связана дезинтеграция коренного источника золота, извлечение его из материнской породы, откуда оно потом поступает в бассейн седиментации. При этом интенсивность протекания этого процесса прямо зависит от глубины гипергенной проработки субстрата, которая выражается сформировавшимся типом профиля коры выветривания. В данном случае существование на Таймыре каолинитового, возможно, латеритного типа профиля свидетельствует о высокой степени зрелости коры химического выветривания.

Вторая сторона регулирующей роли гипергенеза заключается в формировании вторичных или, точнее говоря, собственных концентраций полезного компонента.

В модельном профиле Унгинской россыпи обосновывается наличие двух уровней обогащения ее разреза золотом. Один из них, приуроченный к основанию россыпи, связан с нижнеюрской КХВ, второй, впрочем, не везде сохранившийся, к верхней части россыпи, - с палеогеновым корообразованием. Они связаны с самыми продуктивными россыпеобразующими эпохами, отличающимися длительным процессом континентального литогенеза, благоприятными тектоно-климатическими условиями, способствовавшими активному развитию кор химического выветривания и проявлению эрозионно-аккумулятивной деятельности.

Анализ эволюции гипергенеза в геологической истории региона и относительной продуктивности эпох россыпеобразования с необходимой детальностью осуществлен в наших предшествующих работах (Забияка и др., 1988 г., Сердюк и др., 1989 г.).

Морфоструктурные критерии. Формирование продуктивных отложений Унгинского и ему подобных месторождений напрямую связано с двумя этапами развития морфоструктуры района.

Первый из этих этапов связан с нижней юрой, когда в условиях существования вначале пенеплена с развивающейся по нему КХВ каолинитового (латеритного?) профиля, а затем воздымания по меньшей мере территории северной части п-ова Челюскина, были сформированы отложения молассоидов кунарской свиты. Последние выполняли пониженные части достаточно расчлененного рельефа, о чем говорит их полимиктовый состав, высокая доля грубообломочных разностей и широкий спектр петрографического состава детритового материала. Границы впадин, где происходило нижнеюрское осадконакопление, сейчас определить невозможно, но очевидно, что его площадь была значительно шире современного ареала выходов кунарской свиты.

Начало второго этапа приходится на палеогеновый период и также приурочено к существованию пенеплена. В строении этой выровненной поверхности принимали участие практически все допалеогеновые породные ассоциации, в том числе и кунарская свита. Проявившийся в это время процесс гипергенеза в условиях гумидного климата привел к вторичному обогащению продуктивных отложений, а последовавшая за этим морфоструктурная перестройка территории, связанная с воздыманием Северо-Челюскинского свода, оформила основные структурные элементы, локализующие золотоносные объекты унгинского типа.

К наиболее крупным локализующим морфоструктурам в пределах Северо-Челюскинского мегаблока относятся грабен-депрессии III-го порядка - Мухинская, Серебрянско-Кунарская, Модинско-Эльгинская и фрагменты Усть-Гольцовской и Маргинской. На примере Модинско-Эльгинской и ее структурного элемента Модинско-Унгинской грабен-депрессии установлена неоднородность строения, выраженная существованием более локальных относительно поднятых и опущенных морфоблоков. Последние контролируют размещение котловин и поднятий, в пределах которых также проявляются структуры еще более высокого порядка - впадины и локальные поднятия.

Приуроченность Модинско-Эльгинской системы опущенных блоков к морскому побережью предопределила специфику размещения основных россыпелокализующих структур - Модинской, Унгинской и Эльгинской котловин, - к подводной части грабен-депрессии. На побережье проявлены лишь их фланги в виде локальных Модинской, Унгинской, Восточно-Унгинской и Эльгинской впадин. Особое место, видимо, в этой системе занимает Йоанская впадина, территориально сопрягающаяся с Модинской котловиной, оставаясь при этом структурно самостоятельным элементом. Указанные котловины, учитывая результаты анализа территории по комплексу критериев локализации россыпей, рассматриваются авторами как потенциально перспективные поля на россыпи. Среди них в этом отношении выделяется своей перспективностью на россыпи погребенного типа Унгинская котловина.

Тектоно-денудационные критерии. Основываясь на результатах морфоструктурных, геоморфологических и литолого-стратиграфических исследований, эта группа предпосылок раскрывает закономерности пространственного размещения объектов унгинского типа, обусловленные денудационно-аккумулятивными процессами. Являясь производными тектоно-климатического фактора, они неразрывно связаны с процессом рельефообразования.

Для продуктивных отложений кунарской свиты значение имеют два этапа становления рельефа, имевшие место с ранней юры по настоящее время.

В первом из них (юра-мел) можно отметить два благоприятных момента для формирования россыпи. Это тектоно-климатические условия нижнеюрского гипергенеза, способствовавшие образованию КХВ и, соответственно, высвобождению полезного компонента и его элювиальному обогащению. И во-вторых, последующие высокоамплитудные тектонические подвижки, приведшие к образованию расчлененного рельефа и накоплению металлоносных кунарских отложений. По составу полимиктовых конгломератов кунарской свиты, содержащих гальку кварцитов октябрьской свиты, фельзитов лаптевской и гранитоидов лодочниковского комплекса, можно говорить об области денудации на месте современных Анучинского и Кристифенсеновского поднятий, однако границу зоны аккумуляции восстановить вряд ли возможно. Также не представляется возможным оценить степень воздействия среднеюрско-меловых денудационных процессов на сохранность отложений кунарской свиты.

Новейший этап образования рельефа поддается более подробной реконструкции. В его ходе можно выделить как отрицательные, так и положительные факторы, влияющие на формирование золотоносных россыпей. Первым фактором, положительным, явились, как и в предыдущем этапе, тектоно-климатические условия, совпадающие с существованием палеогенового пенеплена. В это время произошло вторичное обогащение золотом отложений кунарской свиты за счет их химического преобразования и выноса преимущественно плоскостным смывом легких глинистых частиц.

Продолжение новейшего этапа формирования Унгинской россыпи по времени совпадает с накоплением в регионе каменского горизонта. Его полимиктовый состав, присутствие глинистых продуктов переотложения КХВ, преимущественно грубообломочный характер, а также следы гипергенного преобразования в аридных условиях, свидетельствующие об активных тектонических подвижках при резкой смене климата, позволяют трактовать время каменского осадконакопления как наиболее губительное для сохранности кунарских отложений. Именно в этот период (конец среднего миоцена) были сформированы все отрицательные структуры в составе Северо-Челюскинского свода, что явилось весьма положительным фактором в сохранности объектов унгинского типа. Судя по выходам кунарской свиты и реликтам нижнеюрской коры выветривания в Модинско-Унгинском грабене, расположенным вне пределов ныне существующих впадин, первоначальное распространение нижнеюрских образований здесь было шире современного, возможно, выполняя всю площадь депрессии.

Литологические критерии. Приуроченность россыпей к определенным уровням стратиграфического разреза определяется существованием благоприятных для их образования условий в геологической истории как региона, так и конкретного месторождения в частности.

Наиболее древний уровень локализации россыпного золота в мезозойско-кайнозойских отложениях таймырских впадин, в том числе и Унгинской, связан с кунарской свитой нижней юры, залегающей на коренных породах докембрийского фундамента, представленных на площади Унгинской россыпи метапесчаниками, метаалевролитами, углеродистыми филлитами и известняками ждановской свиты нижнего протерозоя или развивающейся по ним коре химического выветривания. Именно это соотношение является важнейшим критерием золотоносности данной толщи. Генетическая связь продуктивных отложений кунарской свиты с раннемезозойской корой выветривания отражается на ее литологическом составе. На Унгинском месторождении они представлены валунно-галечно-гравийными образованиями преимущественно кварцевого, реже полимиктового состава, глинистыми осадками с каолинитом, указывающими на высокую степень зрелости коры химического выветривания. Анализ особенностей распределения золота в кунарской свите показывает, что оно, в основном, концентрируется в подошве этой толщи. Кроме того, на Унгинском месторождении повышенные концентрации золота отмечаются внутри толщи, приуро-

ченные, как правило, по данным Полярной партии (Ояберь, 1997 ф), к более грубообломочным валунным образованиям. К сожалению, фактический материал, полученный в результате проходки скважин ударно-канатным способом, не позволяет в полной мере осуществить изучение литологического состава продуктивных отложений.

Следующий перспективный уровень россыпеобразования связан с палеогеновой эпохой континентального литогенеза и совпадает с "активным" слоем коры химического выветривания, представленным валунно-галечными отложениями с песчано-глинистым заполнителем. В северной части п-ова Челюскин, в том числе и на Унгинском месторождении, процессы палеогенового гипергенеза, проявленные по грубообломочным породам кунарской свиты, разлагает обломки, представленные гранитами, вулканитами и сланцами. При ближайшем переотложении (элювиально-делювиально-пролювиально-колювиальные фации) за их счет образуются галечно-глинистые отложения, обломочный материал которых сложен только устойчивыми к выветриванию породами - кварцем и кварцитами. Отличительной чертой этих отложений, продуктивных по отношению к россыпному золоту, является светло-серый, почти белый или пестрый цвет глин и обычно достаточно высокая окатанность обломков. Отмеченные признаки продуктивного горизонта позволяют диагностировать его в естественных выходах и при анализе материала, извлекаемого из скважин УКБ. При этом нужно иметь в виду, что в последнем случае он плохо отличается от структурного элювия по конгломератам.

Третий продуктивный уровень, выявленный на Унгинском месторождении и характерный для северной части п-ова Челюскина, связан с современными аллювиальными отложениями, которые золотоносны особенно в тех случаях, когда в размыв при их формировании вовлекаются золотоносные отложения мезозоя и палеогена, играющие роль промежуточного коллектора. Так образованы аллювиальные россыпи руч. Березитового и Кварцевого. По своему внешнему облику аллювий, в котором принимают участие компоненты из палеогеновой коры выветривания, имеет характерные черты - он сложен преимущественно валунником или галечно-валунными отложениями кварцевого, реже полимиктового состава, местами образуя так называемые "мостовые" поверхности речных кос, которые сложены валунником с плотной упаковкой обломков ("валунные мостовые").

Одна из сторон анализа группы литологических критериев связана с породным составом и структурой плотика продуктивных отложений, что играет существенную роль при концентрации россыпного золота. Морфология коренного ложа целиком зависит от литологии, внутренней текстуры и тектонической переработки слагающих его пород. На Унгинском месторождении плотик, сложенный метапесчаниками, метаалевролитами и углеродистыми сланцами, обладает волнистой поверхностью с бороздами (ложбинами) с относительно пологими бортами (5-15°). Наблюдаются западины и углубления ,связанные, повидимому, с литологической неоднородностью пород и зонами повышенной тектонической переработки субстрата. К этим бороздам и углублениям в рельефе плотика на месторождении приурочены повышенные концентрации золота. Наиболее сложный рельеф плотика характерен для карбонатного ложа, на котором формируется т.н. "корчажная" поверхность, разновидность карстовой.

Минералогические критерии. Относительно слабая изученность минералогии россыпей и шлиховых ореолов не позволяет в полной мере оценить эту группу критериев. В соответствии с этим основной акцент делается на анализе особенностей пространственного размещения и характеристики шлиховых ореолов золота.

Анализ распределения золота по результатам шлихового опробования, проведенного в северной части п-ова Челюскина, показывает высокую степень конформности шлиховых ореолов очертаниям депрессий, в которых сохранились ископаемые россыпи, отвечающие нижнеюрскому (кунарская свита) и палеогеновому уровням. Шлиховой ореол нижнего течения р. Унги, выявленный до открытия россыпи, маркирует Унгинскую депрессию, содержащую в настоящее время россыпь с промышленными запасами полезного компонента. В пределах Унгинской впадины площадные ореолы шлихового золота приурочены к выходам на поверхность валунно-галечно-гравийных отложений кунарской свиты, преобразованных палеогеновыми процессами гипергенеза. Наиболее контрастные ореолы (до 6 г/м³) выявлены в аллювиальных отложениях мелких водотоков (руч. Кварцевого и Березитового), сформированных при размыве золотоносных отложений нижней юры и палеогена. Кроме золота, в шлихах, отобранных из продуктов отложений в значительных количествах отмечаются ильменит и магнетит, суммарный вес которых достигает 50-80% от веса шлиха.

Геофизические критерии. С целью повышения эффективности геолого-поисковых работ на золото в северной части п-ова Челюскина сотрудниками Томского госуниверситета в 1986-88 гг. был разработан оптимальный геофизический комплекс для картирования погребенного рельефа, включающий РЭМП (СДВ) (разноэлектромагнитное профилирование на сверхдлинных волнах), ВЭЗ (вертикальное электрическое зондирование) и магниторазведку.

Оценка эффективности комплекса осуществлялась на Кунар-Серебрянской площади. В ходе выполнения геофизических исследований было установлено совершенно четкое различие в сопротивлениях четвертичных (морских, аллювиальных и водно-ледниковых) отложений и мезозойских засоленных осадков (кунарская свита). Первые обладают сопротивлениями в тысячи, десятки и даже сотни тысяч Ом•м, вторые - на два-три порядка ниже (десятки-первые сотни Ом•м). Это обстоятельство позволило не только достаточно уверенно дифференцировать на геоэлектрических разрезах рыхлые отложения, разделяя их на четвертичные и нижнеюрские, но и прослеживать распространение засоленных юрских отложений. Использование данных методов, по мнению их разработчиков, представляет возможность довольно детально отразить поведение поверхности плотика, установить положение погребенных долин, воссоздавая тем самым гидросеть позднетриасового-раннеюрского возраста, что весьма важно, если учесть, что к пониженным частям рельефа, в основном, приурочены повышенные концентрации золота.

Одним из важных моментов выполненной работы является установление возможности разбраковки погребенных депрессий по степени перспективности на базе совместного рассмотрения графиков РЭМП и ВЭЗ.

К сожалению, наземные геофизические исследования масштаба 1:50 000 и крупнее в районе Унгинского месторождения не проводились. Тем не менее, исходя из общности геолого-структурных позиций (депрессионные структуры на докембрийском фундаменте), схожести стратиграфо-литологического строения (единый комплекс мезозойско-кайнозойских отложений) исследуемых объектов и Унгинской россыпи, выводы и рекомендации авторов геофизических работ применимы для Унгинского месторождения и других объектов подобного типа.

Поисковые признаки. Основными поисковыми признаками россыпей золота унгинского типа в Челюскинском районе, выявленными в результате геолого-разведочных и научно-исследовательских работ, являются:

1. Площадные ореолы шлихового золота в пределах выявленных впадин интенсивностью от десятков мг/м³ до 1-10 мг/м³.

2. Мезозойско-кайнозойские депрессии и более локальные котловины и впадины, на склонах Северо-Челюскинского свода, расположенные гипсометрически ниже 50-метрового уровня.

3. Наличие в районе депрессий коренных источников золота. Таковыми являются зоны золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и сульфидной минерализации, составляющие Челюскинский кварцево-жильный пояс, а также метасоматиты и древние (докембрийские) ископаемые россыпи.

4. Отложения кунарской свиты раннеюрского возраста, представленные валунно-галечно-гравийными образованиями полимиктового состава, залегающие в бортах и днищах депрессий и впадин.

5. Развитие в бортах и на площади депрессий (впадин) кор химического выветривания по отложениям кунарской свиты, представляющие собой белые, светло-серые каолиновые глины с галькой и валунами кварца.

6. Присутствие в современном аллювии хорошо окатанной гальки кварца, кварцитов и обломков мезозойских конгломератов и гравелитов.

7. Наличие в тяжелой фракции шлихов из современного аллювия и образований кор химического выветривания ильменита, магнетита, циркона и сфена, а также аутигенных пирита и сидерита.

Перспективы Челюскинского рудного района на месторождения унгинского типа. Оценка перспектив Челюскинского РРР опирается на результаты анализа факторов и критериев локализации россыпных концентраций, изложенные в предыдущем разделе.

Наиболее общий план оценки района связан с его морфоструктурой. Как было показано выше, особенности неотектонической структуры Челюскинского РРР определяются фактом существования Северо-Челюскинского сводового поднятия. В связи с этим, его контуры, как рудоносной площади определенного ранга, определяются границами этой структуры (рис. 3.136).

Внутренняя структура Челюскинского свода представлена системой грабен-депрессий, образование которых напрямую связано с механизмом его формирования. Именно грабен-депрессии явились структурами, сохранившими от эрозии продуктивные отложения нижнеюрских образований кунарской свиты и продуктов ее гипергенной переработки в палеогене. Поэтому главные выводы о перспективах Челюскинской площади на погребенные россыпи унгинского типа связываются с их изучением. Наличие конкретных грабен-депрессий явилось основанием для выделения россыпных узлов: Серебрянско-Кунарского, Нижнесеребрянского и Унгинского. Сейчас пока что трудно ответить на вопрос: все ли структуры подобного рода в пределах Челюскинского свода обнаружены? В этом смысле привлекают к себе внимание слабо изученные отложения южного склона свода, совпадающие с северной частью Усть-Гольцовской впадины в среднем-нижнем течении р. Ханневича.

Золотоносность депрессий напрямую зависит от золотоносности докембрийского субстрата.

Присутствие россыпного золота в образованиях, выполняющих впадины Унгинского узла, связано с рудоносностью Ханневичской ветви кварцевых жил и метасоматитов - одного из элементов нижнепротерозойской гидротермально-метасоматической системы. Особенности ее сопряжения с благоприятными для россыпей морфоструктурами, позволяют оценить относительную перспективность каждой из них. В этом смысле авторы обращают внимание, в первую очередь, на Унгинскую котловину.

Меньшие перспективы можно ожидать от Модинской котловины, поскольку коренные источники представлены лишь одним, правда, немалым по площади проявлением золотоносных метасоматитов (кальмалитов) на левобережье руч. Мод. Однако, здесь мы вправе ожидать присутствие в россыпи наряду с золотом существенных концентраций платины, поступавших из гипербазитов Модинского разлома.

В пределах Эльгинской котловины, расположенной в юго-восточной части Унгинского РРУ, не установлено какого-либо эндогенного источника золота, связанного с гидротермально-метасоматическими образованиями. Однако в ее южной части, на м. Х. Лаптева, выявлены золотоносные конгломераты, которые вполне могут служить достаточно мощным поставщиком материала в формирующуюся россыпь упомянутой морфоструктуры.

Золото Серебрянско-Кунарской грабен-депрессии (и одноименного РРУ), связано с двумя источниками. Во-первых, это кварцевые жилы и метасоматиты карельского (нижнепротерозойского) флюидитного цикла (Казицын, Ланда, 1975), слагающие Папанинскую ветвь (Забияка и др., 1986 г.), платина, установленная в россыпи р. Кунар, также связана с нижнепротерозойскими образованиями (серпентиниты верховьев р. Кунар и руч. Мод). Второй источник эндогенного золота находится в пределах Серебрянской ветви Челюскинского кварцево-жильного пояса - одного из образований байкальского флюидтного цикла.

Золотоносность Нижнесеребрянского РРУ, приуроченного к северо-восточному борту Мухинской впадины в нижнем течении р. Серебрянки (Урам), связана только с коренным источником из образований байкальской (рифейской) гидротермально-метасоматической системы. Его роль играет Серебрянская ветвь Челюскинского кварцево-жильного пояса, россыпеобразующее значение которого в настоящее время уже не подвергается сомнению.

Продуктивность северного борта Усть-Гольцовской впадины (р. Ханневича) может быть обусловлена гидротермальными источниками золота, характеризующими Ханневичскую ветвь. Последняя пересекает долину р. Ханневича в районе генеральной смены течения реки с южного на восточное, где выявлена зона золотоносных альбититов и кварцевых жил. Однако этот источник мог питать только крайнюю западную часть Ханневичской потенциально-перспективной площади. Для ее северо-восточного фланга можно предполагать поступление в россыпь полезного компонента из золотоносных конгломератов нижнерифейской чекинской свиты, подобных тем, которые выявлены на м. Х. Лаптева.

Челюскинский рудно-россыпной район является на территории п-ова Таймыр пока, к сожалению, единственным, где установлены золотоносные погребенные россыпи унгинского типа, что, возможно, в какой-то мере обусловлено слабой изученностью в этом отношении региона. В то же время, необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. Эпоха палеоген-эоценового континентального литогенеза завершилась формированием, кроме коры выветривания по нижнеюрским образованиям кунарской свиты и продуктов ее ближайшего переотложения ("верхние галечники"), горизонта валунно-галечных, галечных и песчаных отложений, отнесенных к каменскому или, в связи со специфичным обликом пород "рыжему" горизонту. Очевидно, что высокозрелые "верхние галечники" и полимиктовые конгломераты (вместе с аркозами) составляют

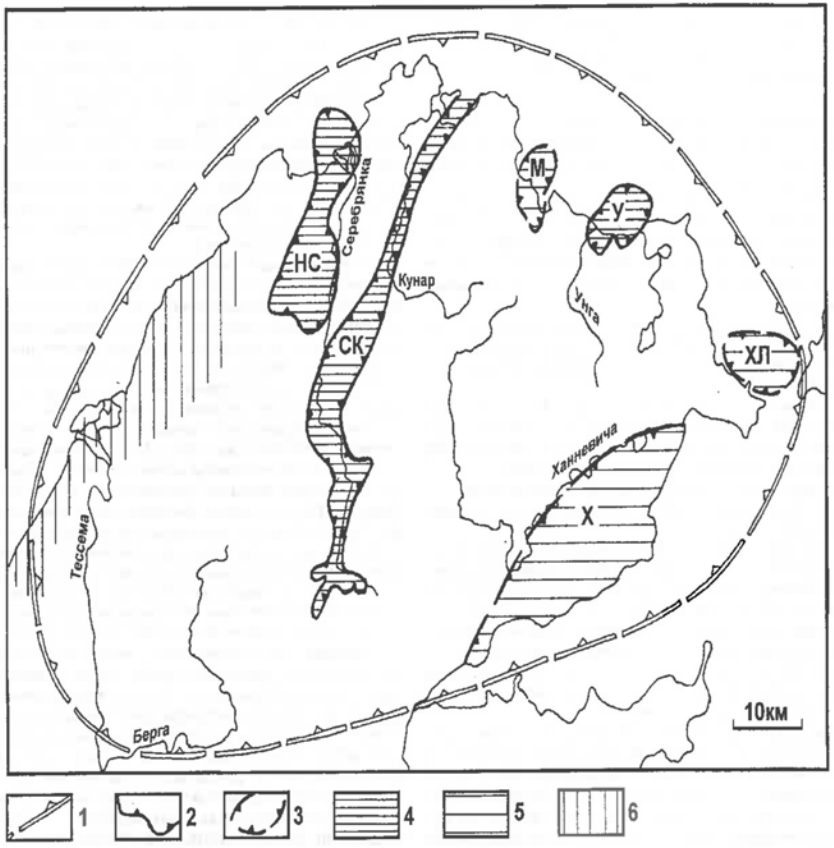


Рис. 3.136. Схема перспектив россыпной золотоносности унгинского типа в Челюскинском рудно-россыпном районе
1 - граница Челюскинского РРР, 2 - границы россыпных узлов (НС - Нижнесеребрянского, СК - Серебрянско-Кунарского, У - Унгинского), 3 - границы перспективных площадей (М - Модинской котловины, ХЛ - Харитонолаптевской котловины, Х - Ханневичской депрессии); 4-5 - степень перспективности территорий: 4 - высокоперспективные, 5 - перспективные; 6 - область распространения каменского горизонта

единый осадочный ритм, формирование которого обусловлено определенной направленностью процесса литогенеза. В плане этого соображения представляется осуществить целенаправленное изучение золотоносности "рыжего" (каменского) горизонта, напомнив при этом, что на Центральном Таймыре (бассейн р. Шренк) установлена его устойчивая золотоносность. В свое время эти золотоносные концентрации были отнесены нами к россыпям "равнинного типа" (Сердюк и др., 1989 г.).

3.3.2.1. Формация золотоносных кор выветривания
Унгинское месторождение

Введение

Унгинское золотороссыпное месторождение приурочено к локальной Унгинской депрессии (впадине), являющейся составной частью более крупной мезо-кайнозойской Модинско-Унгинской грабенообразной структуры северо-западного простирания.

Современный контур Унгинской впадины определяется границей распространения мезозойско-кайнозойских рыхлых отложений. Впадина в плане имеет овальную форму с размерами 3,5х5 км и ориентирована своей длинной осью в северо-восточном направлении. Северная часть впадины (около 40 % площади) скрыта под водами моря Лаптевых.

Характерной структурной особенностью Унгинской депрессии является отсутствие у нее четких геолого-структурных границ, за исключением юго-восточного борта, где отмечается резкое выклинивание отложений, возможно, по тектоническому нарушению северо-восточного простирания.

На месторождении выделяются три основных литолого-стратиграфических элемента: плотик, продуктивный горизонт и перекрывающие отложения. Плотик сложен образованиями ждановской свиты нижнего протерозоя, представленными хлорит-серицитовыми и углистыми сланцами с маломощными прослоями метаалевролитов, метапесчаников и карбонатных пород. Продуктивный горизонт представлен золотоносными слабо литифицированными конгломератами кунарской свиты раннеюрского возраста. Перекрывающие отложения представлены рыхлыми верхнечетвертичными морскими осадками каргинского горизонта и современными аллювиальными, аллювиально-морскими и делювиально-коллювиальными образованиями (Ояберь, 1996 г.; Сердюк, 1999 г.).

Литолого-стратиграфическая характеристика мезозойско-кайнозойских отложений

Отложения мезо-кайнозойского комплекса на Унгинском золотороссыпном месторождении залегают с угловым и стратиграфическим несогласием на дислоцированных и метаморфизованных образованиях ждановской свиты нижнего протерозоя. Данные отложения представлены, как уже было сказано выше, слабо литифицированными песчано-гравийно-галечными существенно кварцевыми конгломератами кунарской свиты раннеюрского возраста, морскими верхнечетвертичными глинистыми отложениями каргинского горизонта и современными аллювиальными, аллювиально-морскими и делювиально-коллювиальными образованиями. Сводный разрез мезозойско-кайнозойских отложений Унгинского месторождения приведен на рис. 3.137.

Отложения нижней юры занимают центральную часть Унгинской впадины и вытянуты согласно ее длинной оси в северо-восточном направлении в изученной части на 3,5 км при ширине от 1 до 2 км. Мощность, по данным ударно-канатного бурения, проведенного Полярной партией, колеблется от первых десятков сантиметров в бортах впадины и на выступах фундамента до 30 м в углублениях плотика.

Нижнеюрские отложения на месторождении представлены, в основном, гравийно-галечными образованиями с серым, светло-серым, желтовато-серым, местами пестроокрашенным песчано-глинистым заполнителем, с линзами и маломощными прослоями песков и глин. Особенностью их внутреннего строения, выявленной в большинстве изученных скважин, является изменчивость литологического и петрографического состава грубообломочной части отложений в разрезе. В его верхней части (3-10 м) преобладает гравийно-галечный материал (40-80 %), представленный кварцем и кварцитами молочно-белого, серого, реже розового цвета, плохой и средней окатанности с песчано-глинистым заполнителем. Размеры обломков колеблются от 2-3 мм до 1-5 см, редко (не более 3-5 %) встречаются валуны кварца с размерами до 20 см. С глубиной происходит увеличение количества глинистого материала до 70-80 %, в приподошвенной части глины местами составляют 95-99 %. Кроме того, с глубиной среди грубообломочного материала появляются щебень и дресва сланцев, метапесчаников, метаалевролитов, карбонатных пород, реже обломки березитов и литифицированных полимиктовых гравелитов. В приподошвенном слое их количество достигает 30-40 %, а в отдельных скважинах до 80 % от общего количества обломочного материала. Характерные примеры данного типа разреза нижнеюрских отложений приведены на рис. 3.138 и 3.139. Наряду с этим рядом скважин вскрываются нижнеюрские отложения, в которых отсутствует нижний существенно глинистый горизонт. В этом случае образования ранней юры представлены гравийно-галечными преимущественно кварцевыми отложениями с песчано-глинистым заполнителем светло-серого цвета, количество которого колеблется от 20-40 % в верхней части разреза до 50-70 % – в нижней (рис. 3.140).

Подобное строение нижнеюрских отложений объясняется, по мнению авторов, наложением процессов образования кор химического выветривания двух возрастов: позднетриасового-раннеюрского и палеогенового.

В позднем триасе – ранней юре на территории п-ова Челюскин в условиях теплоумеренного климата сформировалась мощная кора химического выветривания каолинитового типа линейно-площадного характера (Забияка и др., 1988 г.). Активизация тектонических процессов в северной части п-ова Челюскина привела к частичному размыву коры выветривания и переотложению ее продуктов с образованием в низах разреза в углубленных частях палеорельефа существенно глинистых отложений с редкими слабоокатанными обломками кварца (70-80 %) и окружающих пород (20-30 %), перекрытых полимиктовыми грубообломочными образованиями, сформировавших в целом кунарскую свиту.

Следующий этап корообразования произошел в палеогене, результатом которого в северной части п-ова Челюскина является кора химического выветривания, развивающаяся по отложениям кунарской свиты. На Унгинском месторождении в процессе палеогенового корообразования отложения кунарской свиты были проработаны гипергенезом практически на всю ее мощность, захватив местами также подстилающие нижнепротерозойские образования фундамента. Принципиальная модель коры химического выветривания Унгинского месторождения показана на рис. 3.141.

Генетическая принадлежность нижнеюрских галечно-гравийно-глинистых отложений в пределах Унгинской впадины различными исследователями оценивается неоднозначно. А.Б. Душаткин и др. (1985 г.) относят их к морским мезозойским образованиям. А.А. Макарьев и др. (1985 г.) принимают континентальный генезис отложений, составляющих кунарскую свиту. С.С. Кальниченко и др. (1987) полагают, что нижнеюрские отложения имеют континентальное аллювиальное происхождение. Согласно палеогеографическим реконструкциям Л.Б. Рухина (1962) и В.М. Синицина (1960), для раннеюрского времени, территория п-ова Челюскина в современных границах, в том числе и район Унгинского месторождения, располагалась на побережье морского бассейна. Нами предполагается, что формирование нижнеюрских отложений кунарской свиты в пределах Унгинской впадины происходило в континентально-лагунных условиях. В частности, наличие грубообломочных и слабо сортированных полимиктовых пород с обломками и остатками древесины (Макарьев, 1985 г.) свидетельствует об их аллювиальном генезисе. В то же время присутствие в подошве свиты и среди грубообломочного материала прослоев и линз песчано-глинистых отложений, наличие специфических аутигенных минералов (пирита и сидерита в виде хорошо ограненных кубических кристаллов и шаровидных конкреций), остаточная засоленность пород (Ояберь, 1996 г.) позволяют предполагать процесс осадконакопления в частично изолированных периодически затапливаемых акваториях моря, с затрудненным водообменом.

По характеру площадного распространения отложений кунарской свиты на Унгинском месторождении условно выделяются Западный и Восточный участки, различающиеся особенностями геологического строения и отделенные от остальной части Унгинской впадины выступами нижнепротерозойского фундамента.

В структурно-морфологическом плане участки представлены локальными эрозионными впадинами внутри Унгинской депрессии, выполненными нижнеюрскими отложениями.

Западный участок, расположенный в юго-западной части Унгинской впадины, является наиболее изученным. Его западная и южная границы совпадает с современным контуром впадины, на севере участок ограничен локальным выступом фундамента восток-северо-восточного простирания, на востоке граница определяется резким уступом фундамента, расположенным в районе буровой линии Л-12. Площадь участка составляет около 1 км². Контакт нижнеюрских отложений в его пределах характеризу-

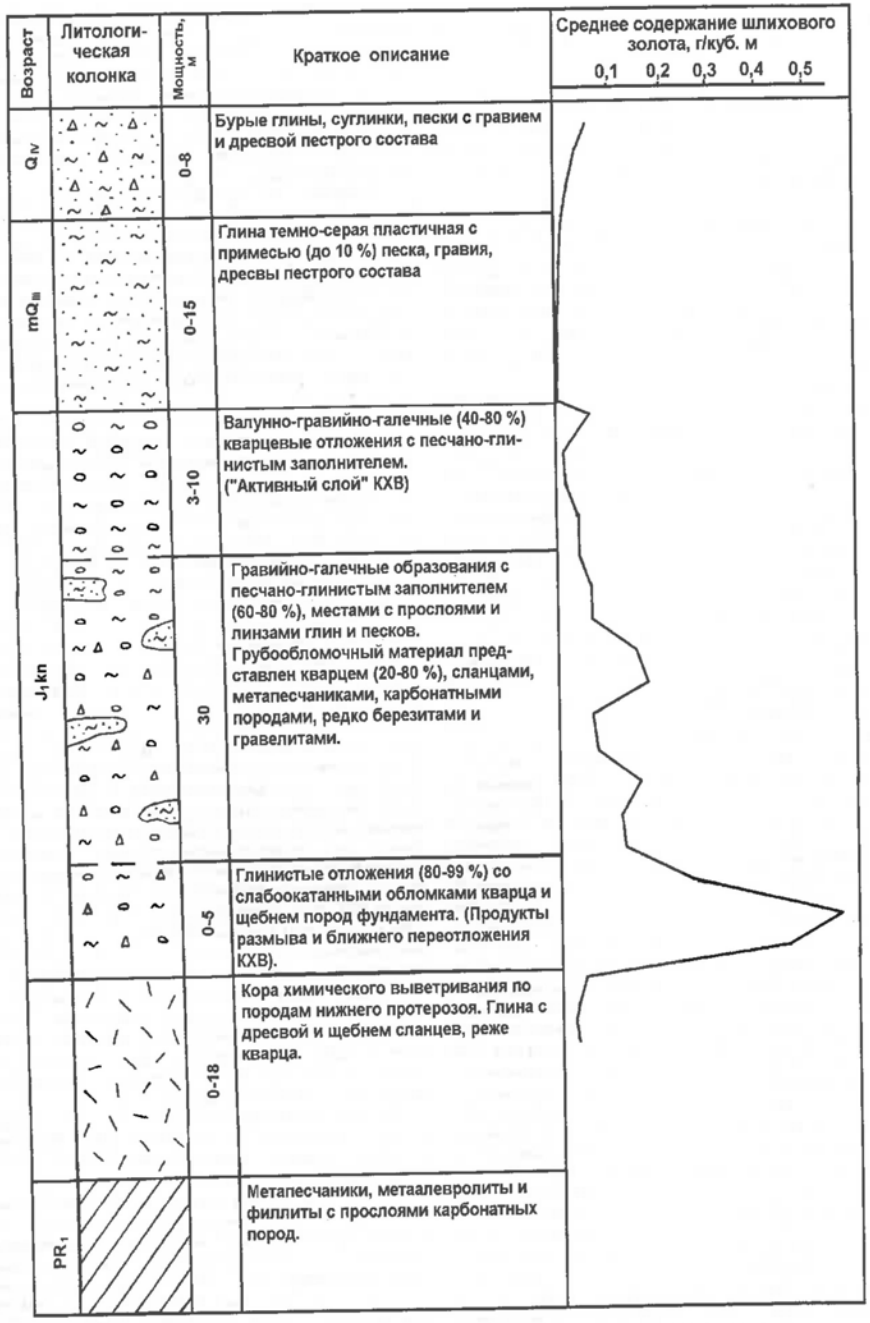


Рис. 3.137. Сводная литолого-стратиграфическая колонка отложений Унгинского месторождения и характер распределения в них шлихового золота

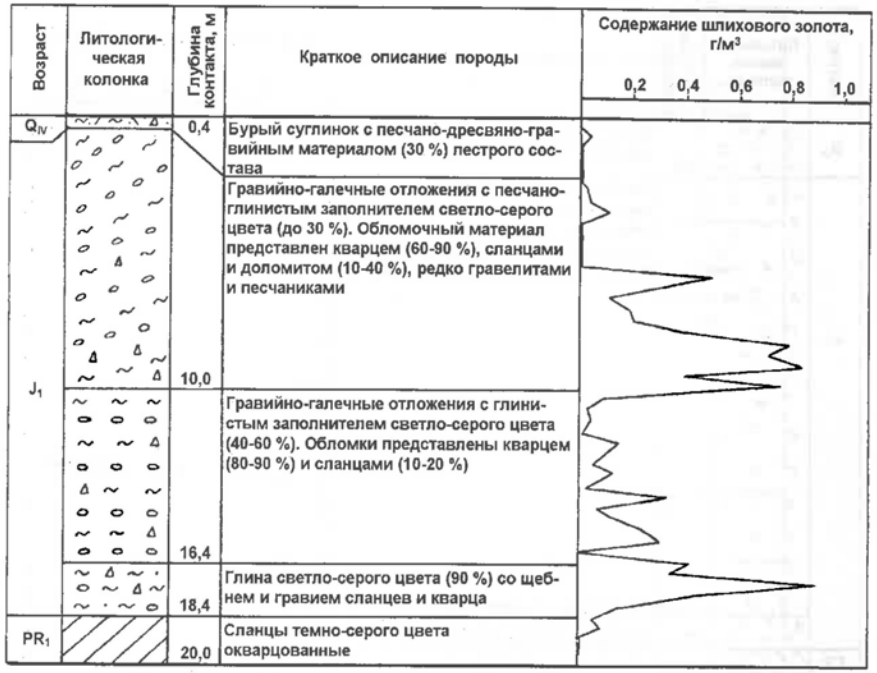


Рис. 3.138. Характеристика рыхлых отложений по скв. С-110, буровая линия Л-6,5

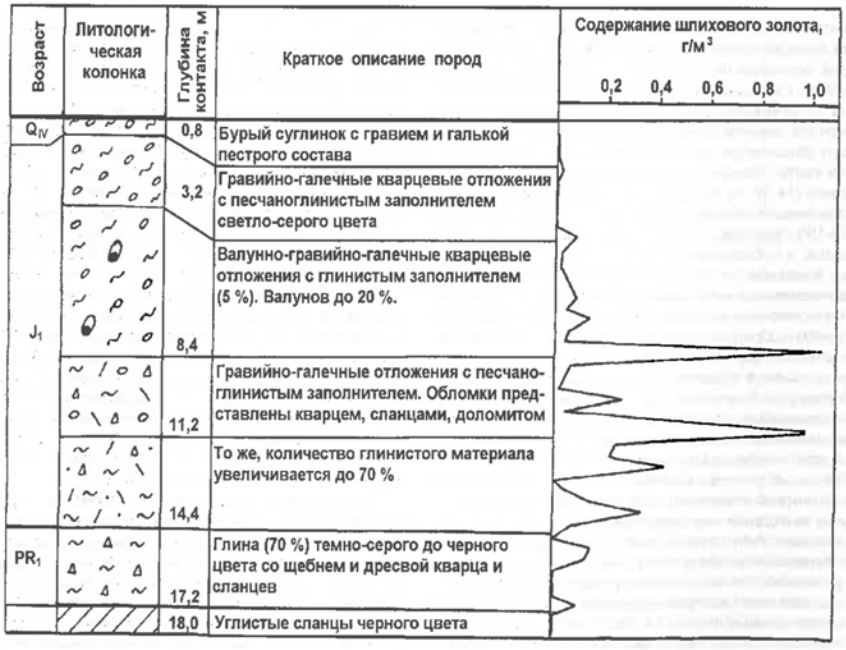


Рис. 3.139. Характеристика рыхлых отложений по скв. С-125, буровая линия Л-12

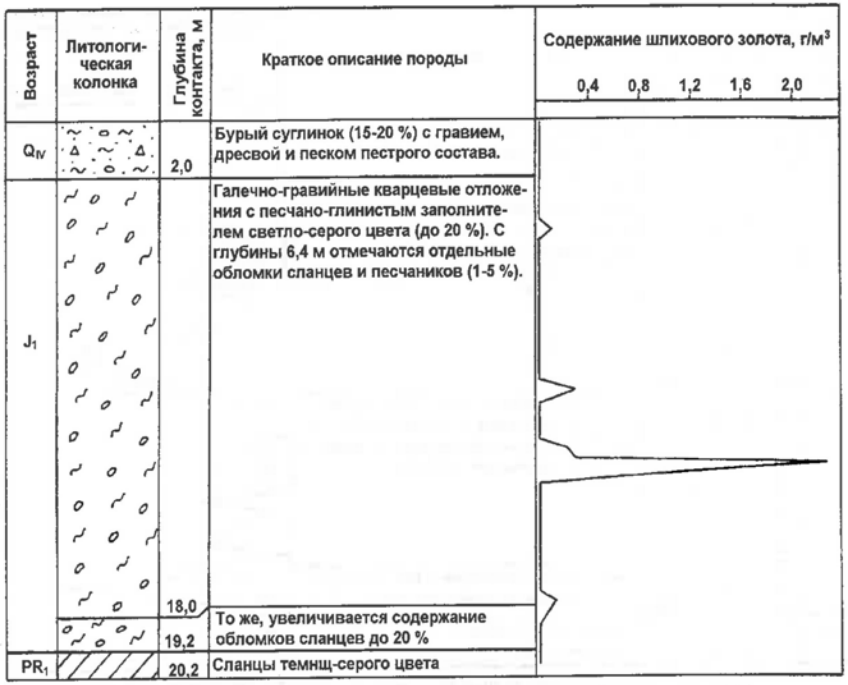


Рис. 3.140. Характеристика рыхлых отложений по скв. С-145, буровая линия Л-12

ется интенсивной изрезанностью, подчиняясь неоднородностям палеорельефа фундамента. В структурном плане это блок, поднятый по отношению к основанию депрессии на 20-50 м. Подошва нижнеюрских отложений располагается на 15-30 м выше уровня моря. Особенностью участка является его значительный эрозионный срез, в результате которого обнажается приплотиковая часть отложений кунарской свиты. Максимальная мощность нижнеюрских образований (14-16 м) сохранилась в углублениях плотика, представляющих собой борозды (ложбины) с пологими бортами (5-15°) глубиной до 10 м, шириной до 100 м и протяженностью в субмеридиональном направлении на сотни метров, являющиеся, по-видимому, в раннеюрское время руслами временных небольших водотоков. На выступах фундамента остаточная мощность этих отложений колеблется от 0,4 до 6,0 м. Средняя мощность кунарской свиты в пределах участка составляет около 5,0 м. На поверхности нижнеюрские отложения обнажаются в центральной части участка и бортах руч. Кварцевого, где представлены мономиктовыми кварцевыми гравийно-галечными образованиями с песчано-глинистым заполнителем светло-серого цвета («активный слой» палеогеновой коры выветривания).

Восточный участок, расположенный в юго-восточной части Унгинской впадины, с юга и востока ограничен коренными выходами нижнепротерозойских образований, обрамляющих Унгинскую впадину, на западе – резким уступом фундамента. Северная граница участка не установлена, возможно, ею является выступ протерозойского фундамента, фрагмент которого подсечен буровыми скважинами в разведочных линиях 14, 16, 18 и 20. Площадь участка составляет около 3 км². Участок характеризуется резким увеличением мощности нижнеюрских отложений (до 30 м в углублениях плотика) и значительно меньшим, чем на участке Западный, эрозионным срезом. Средняя их мощность составляет около 12 м. Отложения кунарской свиты в пределах участка погружаются в северо-восточном направлении, согласно с простиранием предполагаемой оси Унгинской впадины, на 30-50 м по вертикали до отметки 30 м ниже уровня моря. Неровности плотика, трассируемые участками с повышенной мощностью нижнеюрских отложений, представлены широкими (до 200 м) и пологими бороздами (ложбинами), ориентированными в северо-восточном направлении. В южной части участка (район слияния руч. Правого и Левого Березитовых) выделяется участок площадью около 0,1 км², на котором характер залегания нижнеюрских отложений, а также уровень их эрозионного среза аналогичны таковым на Западном участке. Отложения кунарской свиты в пределах Восточного участка почти повсеместно перекрыты четвертичными образованиями. Небольшие по площади обнажения нижнеюрских пород встречаются в западной части участка и в южной, на правобережье руч. Березитового. Они представлены гравийно-галечными, существенно кварцевыми развалами с песчано-глинистым заполнителем белого и светло-серого цветов.

Верхнечетвертичные осадки каргинского горизонта распространены, практически, по всей площади Унгинской впадины, за исключением отдельных небольших участков, расположенных в юго-западной части депрессии, где эрозионными процессами вскрыты образования нижнепротерозойского фундамента и нижнеюрские отложения (см. приложения 2, 4). Отложения каргинского горизонта, в пределах Унгинского месторождения представлены морскими темно-серыми пластичными глинами с

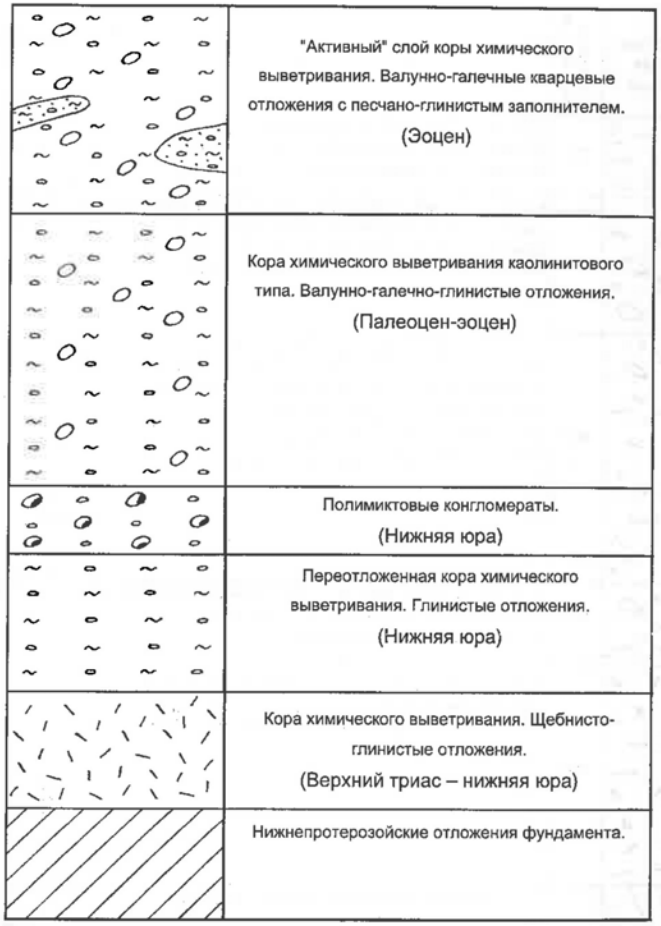


Рис. 3.141. Принципиальная модель коры химического выветривания Унгинской россыпи

примесью до 10 % песка, гравия и дресвы пестрого состава. Мощность этих отложений составляет 0,4-15 м, с тенденцией увеличения в северо-восточном направлении.

Современные аллювиально-морские отложения на Унгинском месторождении развиты в приустьевых частях р. Унги и руч. Березитового и залегают на верхнечетвертичных осадках каргинского горизонта. Они представлены мелко-крупнозернистыми песками, иловатыми суглинками, илами и глинами. Их мощность, установленная бурением в устье р. Унги, достигает 13 м.

Современные делювиально-коллювиальные образования склонов и поверхностей выравнивания широко распространены на площади Унгинского месторождения и представлены бурыми суглинками с дресвой и щебнем, гравием, галькой, редкими глыбами и валунами разнообразных по составу пород. Литолого-петрографические и гранулометрические характеристики делювиально-коллювиальных отложений изучены по заверочной траншее Т-2 (рис. 3.142). Мощность отложений колеблется от 0,4 до 8 м.

Современные аллювиальные отложения приурочены к руслам руч. Кварцевого и Березитового. В разрезе аллювия преобладают хорошо промытые галечники, гравийники с дресвяно-песчано-глинистым заполнителем. Петрографический состав обломочного материала пестрый: кварц, сланцы, гранитоиды, известняки. Мощность аллювиальных отложений составляет 0,4-5,0 м.

Завершая литолого-стратиграфическую характеристику мезозойско-кайнозойских отложений Унгинского золоторассыпного месторождения, следует отметить, что при использовании ударно-канатного бурения не совсем простой задачей является выделение контактов литологических разновидностей рыхлых отложений, схожих по составу и структурным особенностям (четвертичные глинистые отложения, глинистые образования коры выветривания кунарской свиты, элювий нижнепротерозойских образований). Как показывают заверочные работы, на месторождении наиболее существенные ошибки были сделаны в определении литологических разновидностей пород. Так, используя данные колонкового бурения по линии Л-7, можно видеть увеличение мощности нижнеюрских отложений в среднем по

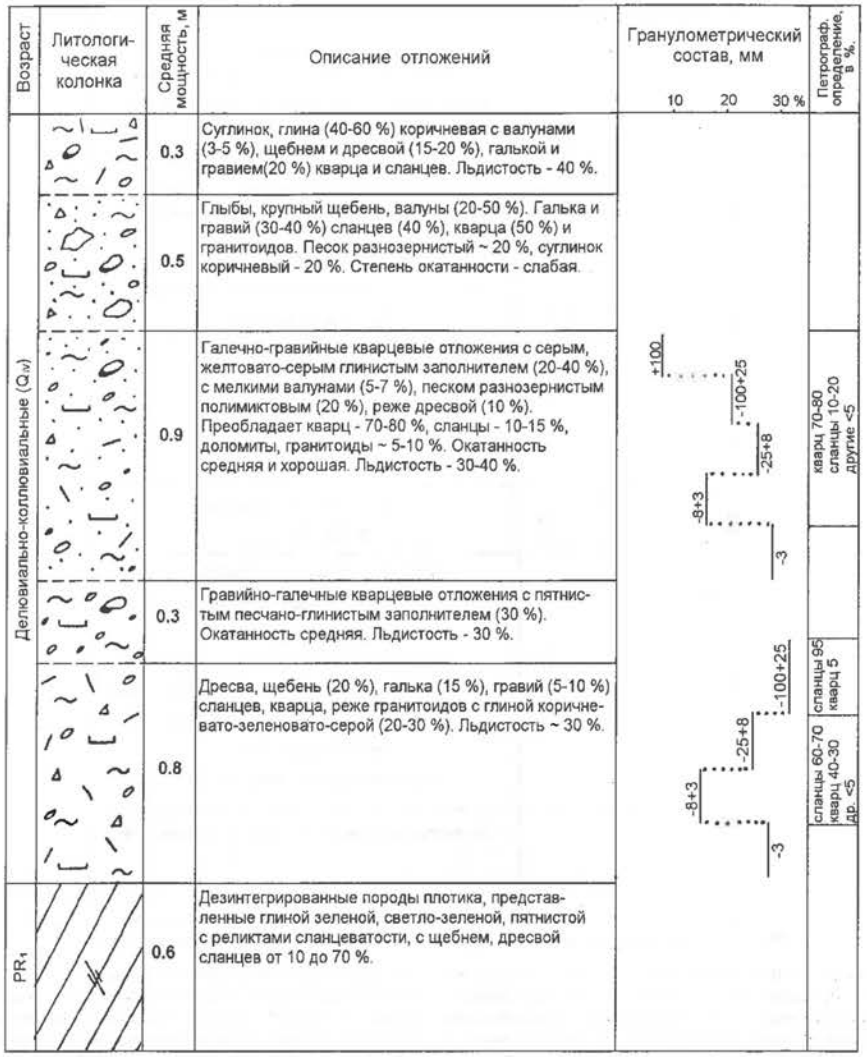


Рис. 3.142. Сводный геологический разрез по заверочной траншее Т-2 (Ояберь, 1996 г.)

разрезу на 2,0 м, а по отдельным скважинам – до 3,1 м.

Противоположный результат был получен при бурении заверочной колонковой скважины С-165 разведочной линии Л-0,5. Здесь мощность отложений кунарской свиты по данным ударно-канатного бурения составила 16,4 м, по результатам заверочного колонкового бурения 8,0 м (рис. 3.143). Еще более сложной задачей является установление особенностей внутреннего строения коры химического выветривания и, в первую очередь, разделения ее на собственно кору выветривания и ее "активный" слой, состоящий из продуктов ее ближайшего переотложения. Все эти задачи могут быть решены только при условии тщательного соблюдения технологии ударно-канатного бурения и детального изучения материала, извлекаемого из буровых скважин. Основными критериями разделения литологических и фациальных разновидностей рыхлых отложений на Унгинском месторождении могут быть соотношение глинистой и обломочной составляющих, цвет глинистых образований, степень окатанности обломочного материала, петрографический состав обломков.

Золотоносность мезозойско-кайнозойских отложений

На Унгинском золотороссыпном месторождении основными образованиями, несущими золотую минерализацию, являются нижнеюрские отложения кунарской свиты. В них сосредоточено 95 % промышленных запасов металла. По результатам поисково-разведочных работ, выполненных Полярной партией ГГП «Норильскгеология», зо-

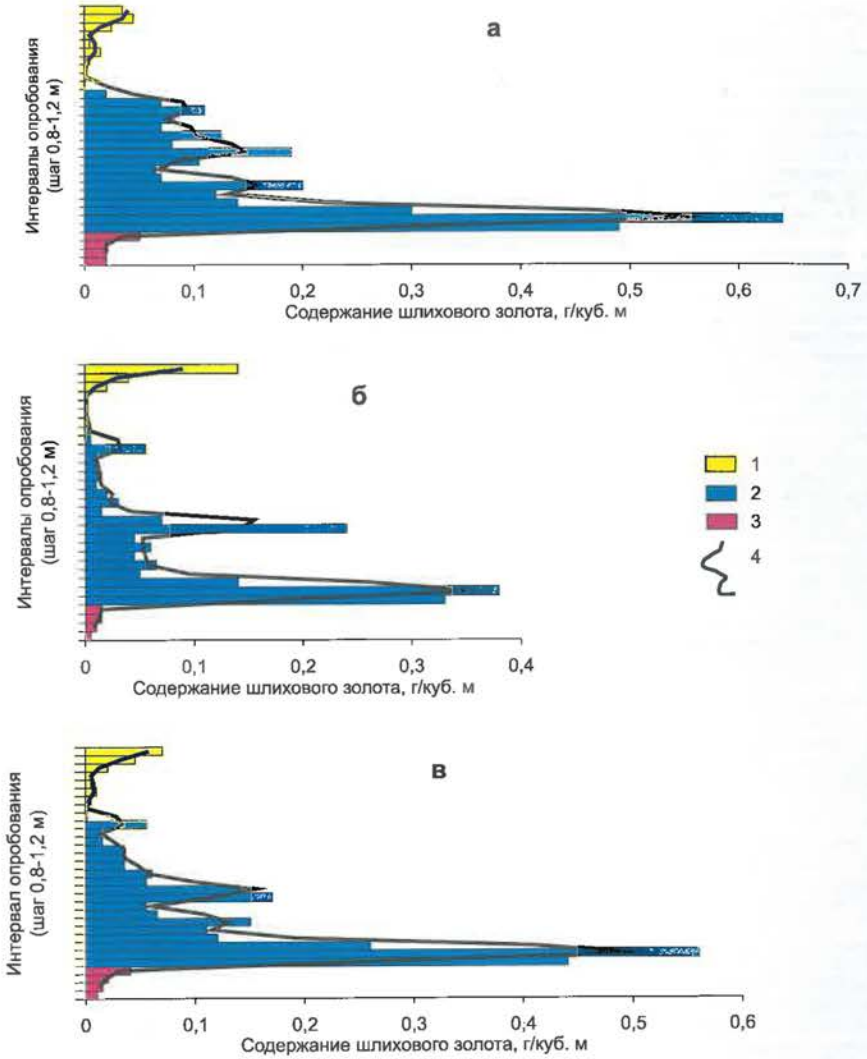


Рис. 3.143. Гистограммы распределения золота в разрезе рыхлых отложений Унгинской россыпи

а – участок Западный, **б** – участок Восточный, **в** – месторождение Унга; 1 – четвертичные отложения, 2 – нижнеюрские отложения, 3 – нижнепротерозойские отложения, 4 – линия тренда.

лотоносность нижнеюрских отложений установлена в юго-западной части Унгинской впадины между устьевой частью р. Унги и руч. Березитовым (между разведочными линиями Л-0 – Л-22). Участок с повышенной золотоносностью вытянут в северо-восточном направлении на 2,9 км при ширине от 0,3 до 1,5 км (средняя около 0,9 км), его площадь составляет 2,5 км^2. По существу этот участок и является собственно Унгинским золотороссыпным месторождением. Поисковые буровые линии, проведенные на восточном (Л-IX) и северном (северное окончание Л-IX, Л-XX) флангах месторождения под чехлом четвертичных отложений мощностью 1,6-28,8 м вскрыли типичные отложения кунарской свиты мощностью до 35,4 м, обнаруживающие в единичных пробах весьма слабую золотоносность.

Нижнеюрские отложения на Унгинском месторождении характеризуются повышенной золотоносностью по всей мощности. Содержания золота в них колеблются от знаковых значений до первых сотен мг/м^3, на фоне которых нередки промышленные концентрации металла, достигающие по отдельным скважинам десятки и сотни г/м^3 (188,8 г/м^3 по С-170 к Л-0,5). Средняя продуктивность нижнеюрских отложений, определенная по результатам бурения, составляет

1,1 г/м². Общее количество золота на месторождении, локализованное в этих отложениях, нами оценивается в 2,7 т. Запасы металла промышленных категорий, в нижнеюрских отложениях, составляют 945,7 кг (Ояберь, 1997 г.). В целом, на месторождении отмечается тенденция уменьшения продуктивности нижнеюрских отложений в северо-восточном направлении до полного затухания шлиховой золотой минерализации восточнее руч. Березитового (Л-22). Так, на участке Западном продуктивность шлихового золота в среднем составила 1,7 г/м² при средней мощности мезозойских образований около 5 м, а на Восточном составляет 0,8 г/м² при мощности 12 м. Такая закономерность в размещении золота, по-видимому, связана с изменением скорости водных потоков, переносящих в раннеюрское время свободное золото, при выполаживании дна Унгинской впадины. Кроме того некоторое увеличение содержания золота происходило и продолжается в настоящее время на обнаженных участках при образовании «активного слоя» коры выветривания, за счет частичного выноса атмосферными водами легкой фракции.

Проведенный статистический анализ золотоносности нижнеюрских отложений показал, что несмотря на отчетливо выраженное неравномерное распределение золота в вертикальном разрезе месторождения, на фоне широкой зараженности металлом значительных по мощности интервалов, выделяются два золотоносных уровня (рис. 3.143). Основной уровень минерализации локализуется в нижней части разреза или, непосредственно, в основании нижнеюрских конгломератов и развивается согласно поверхности домезозойского фундамента, тяготея к отрицательным формам палеорельефа. К этому золотоносному уровню приурочено 94 % промышленных запасов золота, локализованных в отложениях нижней юры. Нижний золотоносный горизонт распространен на всей площади месторождения и представляет собой серию линзующихся и выклинивающихся в бортах отрицательных структур палеорельефа пластов (струй) северного и северо-восточного простирания, протяженностью 400-800 м, шириной 50-200 м, мощностью 0,4-7,2 м и со средним содержанием золота по буровым линиям от 0,2 до 10,3 г/м³. Средняя мощность горизонта, в целом, по месторождению составляет 3,6 м при содержании 0,42 г/м³. На участке Западном золотоносные отложения этого горизонта залегают на глубинах 0-14 м и выходят на поверхность в районе руч. Кварцевого. На Восточном участке золотоносный пласт резко погружается в северо-восточном направлении (согласно рельефу плотика) и постепенно выклинивается на глубине 15-20 м от поверхности (10-20 м ниже уровня моря).

Второй золотоносный уровень ("подвешенный" пласт) располагается на 6-12 м (в среднем на 9,6-10,8 м) выше плотика, и пользуется значительно меньшим распространением на месторождении. Золотоносный пласт представлен маломощными (0,4-2,8 м) непротяженными (до 100 м) линзами (струями), в основном, приуроченными к литологическим горизонтам, расположенным как в верхней части разреза, так и внутри толщи нижнеюрских отложений, характеризующихся увеличением крупности обломочного материала. Содержание золота в пределах горизонта по отдельным пробам достигает 23,7 г/м³, составляя в среднем 0,15 г/м³. На участке Западном "подвешенный" пласт практически сливается с нижним золотоносным горизонтом, образуя мощную залежь, выходящую на поверхность. На Восточном участке золотоносные пласты разделены слабозолотоносными отложениями мощностью 7-8 м. Одним из факторов, влияющих на образование данного горизонта, кроме первично-осадочного, связанного с особенностями накопления золота в мезозойских отложениях, является, по-видимому, формирование «активного слоя» палеогеновой коры химического выветривания. Под воздействием атмосферных вод и ветра происходит эрозия коры химического выветривания, которая приводит к частичному выносу из ее верхних горизонтов наиболее легкой фракции, в том числе тонкого и частично мелкого золота и обогащение конечного продукта валунами и галькой кварца и более крупным золотом.

Одной из наиболее важных черт этого типа россыпей является одновременное присутствие в них крупного и достаточно мелкого золота, что объясняется слабой податливостью обогащенного глинами осадка к дифференциации по гидравлической крупности. В соответствии с отмеченным, в отличие от происходящего при обычном осадочном процессе, концентрация россыпеобразующего компонента осуществляется в верхней части продуктивной толщи, указывая тем самым на ее остаточный характер.

Верхнечетвертичные морские отложения слабозолотоносны. Максимальное содержание золота в них, выявленное в скважине С-150 разведочной линии Л-2,5, составляет 0,44 г/м³ и приурочено к гравийно-песчаному слою. Опробование данных отложений на тонкое золото не дало положительных результатов. Зараженность их золотом, по-видимому, связана с размывом золотоносных отложений кунарской свиты и незначительным переносом (первые десятки метров) мелкого золота.

В современных аллювиально-морских отложениях шлихового золота не обнаружено.

В современных делювиально-коллювиальных отложениях на фоне их слабой золотоносности выделяются участки с повышенным (до 2,1 г/м³) содержанием золота, в которых сосредоточено 3,4 % промышленных запасов металла Унгинской россыпи. Участки расположены в правом борту руч. Кварцевого и представлены перемещенными вниз по склону развалами золотоносных валунно-гравийно-галечных существенно кварцевых отложений кунарской свиты (продукты коры химического выветривания).

В аллювиальных отложениях руч. Кварцевого и Березитового по данным шлихового опробования золото установлено повсеместно. Содержание металла колеблется от знаковых до 6 г/м³. Повышенные содержания золота приурочены к местам выходов в бортах этих ручьев золотоносных нижнеюрских конгломератов. В аллювиальных отложениях руч. Березитового выявлены небольшие по запасам участки с промышленными концентрациями золота (1,6 % от всех запасов металла месторождения). В русловом аллювии р. Унги в районе устья руч. Кварцевого возможно обнаружение промышленных концентраций золота.

В целом на месторождении повышенные концентрации золота в четвертичных отложениях приурочены к верхней (поверхностной) части разреза.

Строение плотика россыпи

На Унгинском россыпном месторождении в основании золотоносной мезозойско-кайнозойской толщи залегают нижнепротерозойские образования ждановской свиты, представленные метапесчаниками, метаалевролитами и филлитами. Первые слагают фундамент западной и северо-восточной частей месторождения. Породы представлены переслаивающимися серыми метапесчаниками и углеродистыми темно-серыми, почти черными сланцами (С-1-к). Среди них отмечаются редкие прослои доломитов, известняков и метаалевролитов. Юго-восточная часть месторождения сложена филлитами темно-серого цвета. По образованиям нижнепротерозойского комплекса широко развита кора химического выветривания (зона дезинтеграции), представленная структурными глинами с дресвой и щебнем субстрата. Мощность ее достигает местами более 18 м.

Гидротермально-метасоматические образования представлены многочисленными разноориентированными прожилками и жилами кварц-карбонатного состава мощностью от 0,1 см до 0,7 м и зонами рассеянной сульфидной минерализации (пиритизации), составляющей до 5-10 % от объема породы. Образования плотика характеризуется повышенной золотоносностью. По результатам пробирного анализа проб, отобранных по разведочным скважинам, содержание золота в 62 % проб составляет более 0,1 г/т, достигая 5,1 г/т. Кроме того, в ряде скважин при шлиховом опробовании в породах плотика (зона дезинтеграции) выявлены повышенные содержания золота до 3,3 г/м³ (С-165 Л-1,5). Появление подобных содержаний шлихового золота в плотике может быть объяснено присутствием эндогенного золота, высвобожденного при процессах корообразования; естественной просадкой шлихового золота в коренные породы плотика при формировании россыпи (на россыпных месторождениях золота Енисейского кряжа глубина просадки металла в сланцах достигает 2 м), искусственной просадкой золота при бурении скважин ударно-канатным способом.

Анализируя особенности морфологии плотика, следует отметить, что современный рельеф его поверхности вследствие неоднократных разнознаковых тектонических движений не вполне соответствует поверхности на момент накопления отложений кунарской свиты.

По характеру площадного распространения нижнеюрских отложений в южной части Унгинской депрессии выделяются две локальные эрозионные впадины (Западная и Восточная), соединенные узкой горловиной, которые, по-видимому, существовали в позднетриасовое – раннеюрское время и впоследствии заполнялись грубообломочным материалом кунарской свиты. Они различаются между собой особенностями строения рельефа фундамента. На Западном участке поверхность плотика изрезана продольными бороздами (ложбинами) с пологими бортами преимущественно север-северо-западного, реже северо-восточного направлений с западинами глубиной до 10 м, разделенными плоскими возвышенными поверхностями. Ширина ложбин достигает 100 м при длине первые сотни метров. Образование их, вероятно, связано с действием временных водотоков в раннеюрское время. В целом, на участке поверхность плотика имеет слабый наклон в северном (в сторону моря) направлении. Повышенные концентрации золота на участке приурочены частично к углублениям поверхности плотика, уменьшаясь до полного затухания в бортах ложбин (юго-западная часть участка), частично к северо-восточному и северному бортам локальной впадины, образуя извилистую полосу с промышленными запасами металла, подчиненную палеорельефу плотика. В центральной части участка с относительно спокойным ровным рельефом плотика промышленные запасы золота отсутствуют.

Рельеф плотика Восточного участка (впадины) характеризуется ступенеобразными уступами северо-западного (330-340°) и северо-восточного (70-80°) направлений. Первый уступ северо-западного направления расположен между буровыми линиями Л-12 и Л-14 и ограничен с юга подобной же структурой северо-восточного направления. Протяженность уступа составляет 550 м, высота 10-14 м. Второй уступ северо-западного направления расположен в 500-550 м на северо-восток от первого в районе буровых линий Л-18 и Л-19. Его протяженность составляет 1,2 км, высота колеблется от 4 м на севере до 20 м в южной части участка. На юго-западе участка выделяется уступ северо-восточного направления протяженностью около 700 м с максимальной высотой 24 м. Система этих уступов по существу ограничивает участок с юга и запада. Образование их, по-видимому, произошло в результате тектонических подвижек в постюрское время и не сыграло существенной роли в распределении золота. Кроме уступов в рельефе плотика Восточного участка отмечаются борозды (ложбины) преимущественно северо-восточного простирания, протяженностью более 1 км и шириной до 200 м с западинами глубиной 8-16 м. В юго-восточной части участка выделяется ложбина субмеридионального направления протяженностью более 500 м. Поверхность фундамента участка имеет наклон в северо-восточном направлении согласно длинной оси локальной впадины, составляющий с учетом уступов 40-48 м на 2 км. Повышенные концентрации золота на Восточном участке, как и на Западном, в основном, приурочены к бороздам (ложбинам) в фундаменте россыпи.

Характеристика золота

Шлиховое золото на Унгинском месторождении согласно ситовому анализу, проведенному в лаборатории Полярной партии ПГП "Норильскгеология", относится к мелкому-среднему типам (рис. 3.144). Количество золота крупнее 0,5 мм по разным выработкам колеблется от 40 до 98 %. В целом, на месторождении отмечается, что с увеличением объема проб, отобранных из нижнеюрских продуктивных отложений, заметно повышается крупность золотин. Гранулометрическая характеристика золота из современных делювиально-коллювиальных отложений с увеличением объема практически не меняется, что свидетельствует о достаточно равномерном распределении золотин по всей толще этих пород.

Золотины крупнее 0,5 мм представлены массивными комковидными, реже толстоплитчатыми и лепешковидными зернами с глубокими заливами и сглаженными выступами с ячеисто-бугорчатой, местами шагреневой поверхностью, с налетами "нового" золота и аутигенных сульфидов и гидроокислов железа. Отмечаются сростки неправильной, дендритовидной формы, гемиидиоморфные интерстициальные скелетные кристаллы со следами штриховки и деформаций. Золотины крупнее 2 мм на 90 % представлены сростками с водянистым, иногда розоватым, кварцем. Зерна характеризуются средней и слабой окатанностью.

Золотины фракции -0,5 – +0,1 мм характеризуются, в основном, изометричной, неправильной, дендритовидной формой со слабо сглаженными и изогнутыми выступами крючковатой формы, с шагреневой поверхностью и пленками "нового" золота. Встречаются изометричные и толстопластинчатые кристаллы с искаженными гранями и притупленными ребрами, реже отмечаются комковидные агрегаты и зерна лепешковидной и чешуйчатой формы с развальцованными краями. Зерна слабо окатанные, или практически, не окатанные.

Зерна менее 0,1 мм представлены изометричными, удлиненными, нитевидными, скелетными кристаллами. Отмечаются чешуйки и пластинки овальной формы. Морфология золотин Унгинского месторождения показана на рис. 3.145.

Форма выделений, степень окатанности и многочисленность сростков с кварцем указывают на близко расположенный коренной источник.

Цвет золота золотисто-желтый, местами с красноватым оттенком.

По данным лаборатории Красноярского завода цветных металлов в черновом золоте содержится 92 % химически чистого золота и 8 % серебра. По результатам изучения вещественного состава, проведенного в ЦНИГРИ (20 определений), в качестве элементов-примесей присутствуют: медь (десятые доли процента), железо и свинец (тысячные доли процента). По данным микрозондового анализа золота (ОИГГиМ СО РАН) по 9 пробам среднее содержание химически чистого золота в пробах составляет 90 %, серебра – 9 %, в одной из проб установлена ртуть в количестве 0,1 % (Ояберь, 1997 г.).

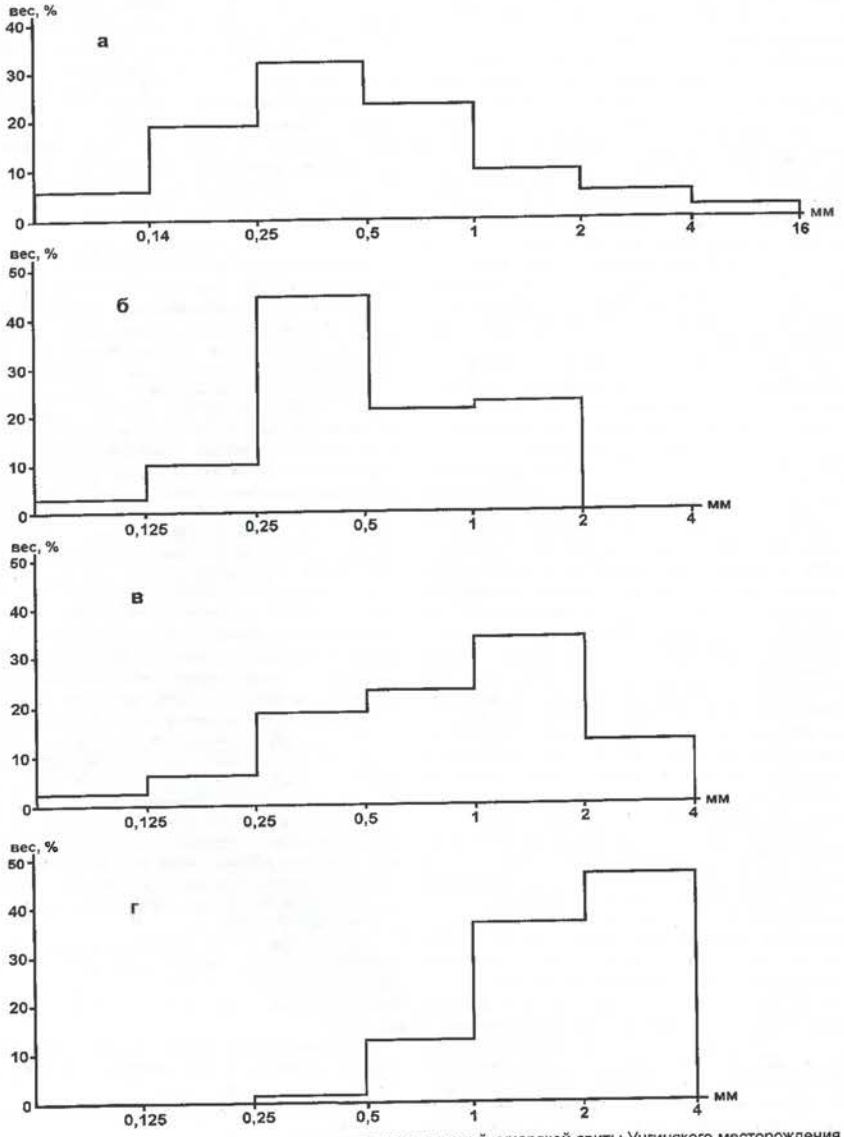


Рис. 3.144. Результаты ситового анализа золота из отложений кунарской свиты Унгинского месторождения
а – траншея-2 (вес навески 3951,08 г); б – буровая линия Л-3 (407,6 мг); в – буровая линия Л-XX (2011,7 мг); г – скважина С-150 Л-117 (1204,7 мг).

Минералогическая характеристика шлихов

Минералогический состав шлихов беден. Легкая фракция представлена преимущественно кварцем, реже полевыми шпатами и карбонатами. Тяжелые минералы представлены сингенетичными ильменитом, магнетитом, реже гранатом, цирконом и рутилом. Среднее содержание тяжелой фракции в продуктивных отложениях составляет 23 г/м³ (Ояберь, 1996 г.). В основании рыхлой толщи в зависимости от состава пород фундамента преобладают аутигенные пирит и сидерит, местами встречается эпидот. В продуктивных отложениях кунарской свиты отмечается прямая корреляционная связь золота с магнетитом и ильменитом.

Результаты минералогического анализа шлихов, проведенного по заверочной скважине 100-к линии Л-7 колонкового бурения и аллювиальным отложениям руч. Кварцевого, иллюстрируется рис. 3.146 и 3.147.

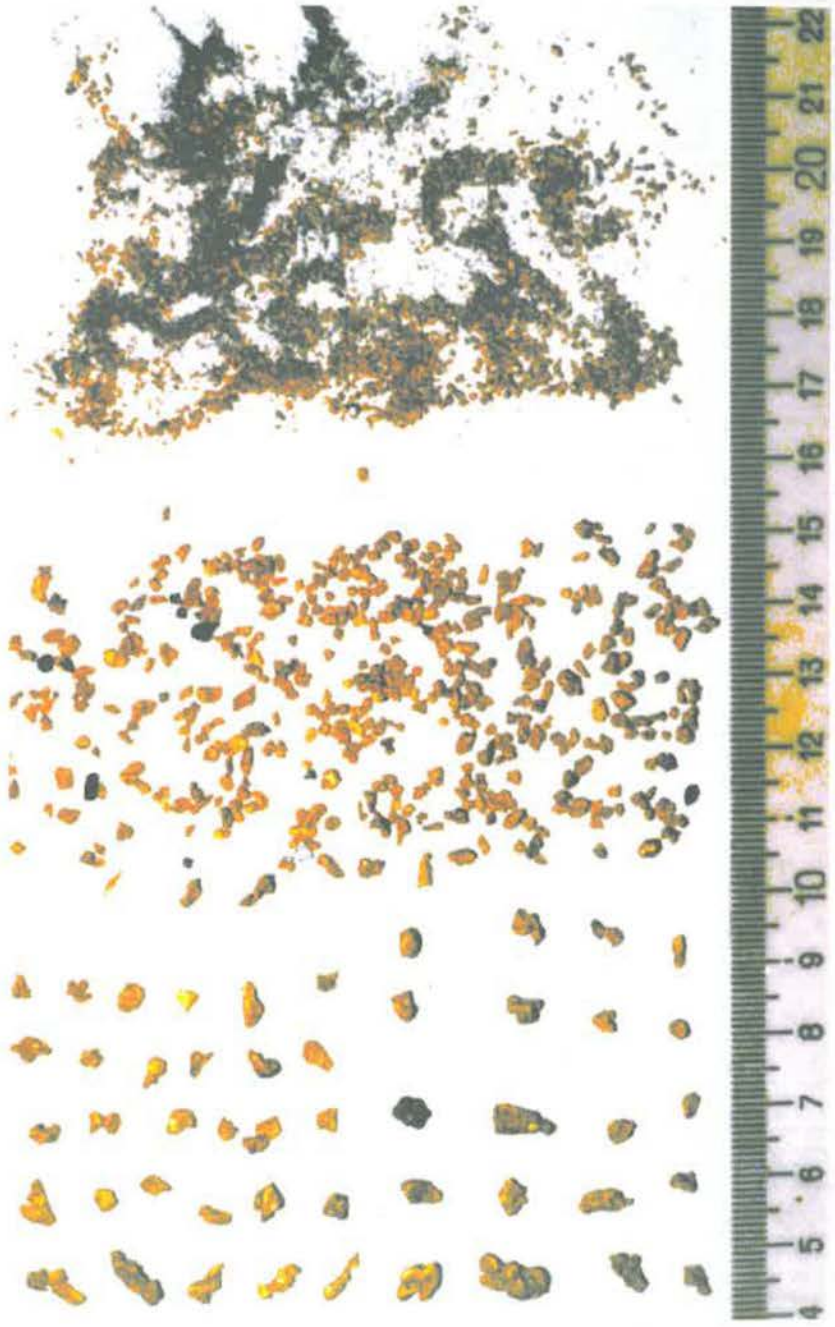


Рис. 3.145. Морфология золотин Унгинской россыпи (фото С.С. Сердюка)

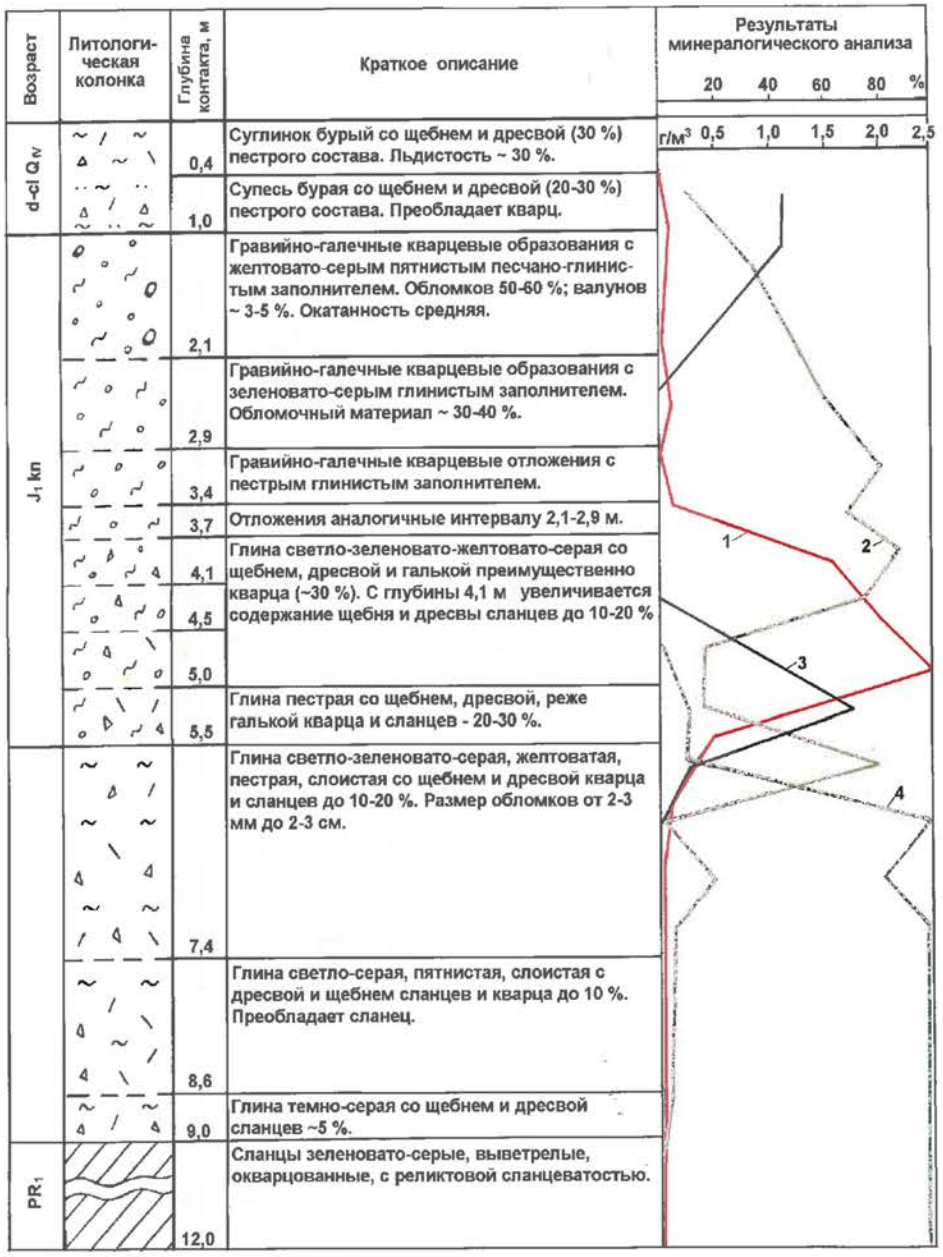


Рис. 3. 146. Литолого-минералогический разрез скважины 100-к разведочной линии Л-7 (Ояберь, 1996 ф)
Графики содержаний минералов: 1 – золота (г/м³), 2 – ильменита (%), 3 – пирита (%), 4 – сидерита (%).

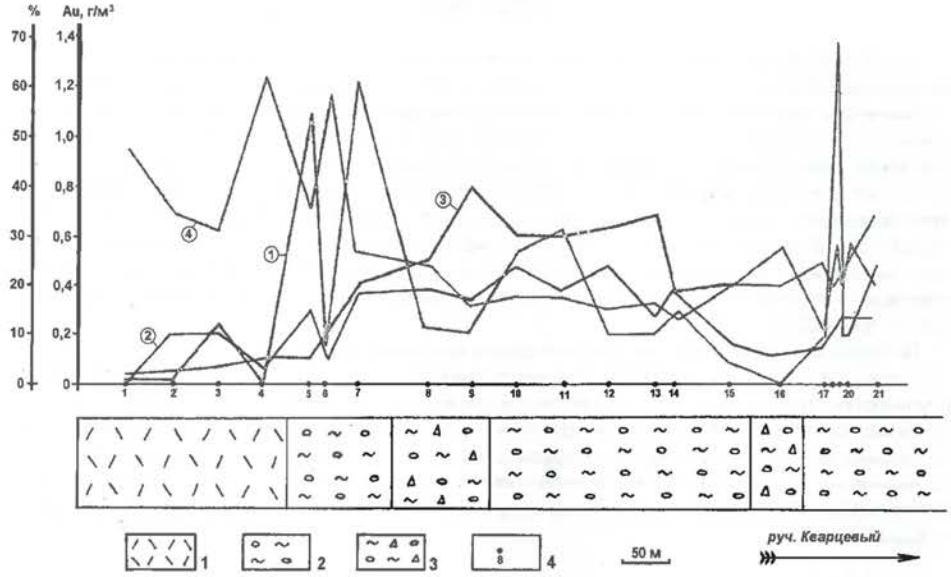


Рис. 3.147. Литолого-минералогический разрез по руч. Кварцевому
1 – мелкощебенчатый аллювий серицит-хлоритовых сланцев, 2 – валунно-галечно-гравийные кварцевые аллювиальные отложения, 3 – аллювий щебенисто-галечных отложений с галькой кварца и щебнем сланцев, 4 – места отбора проб и их номер. Графики содержаний минералов: 1 – золота, **2** – магнетита, 3 – ильменита, 4 – эпидота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных работ дана характеристика Енисейской, Восточно-Саянской и Таймыро-Североземельской золотоносных провинций, разработана систематика формаций и месторождений золота, сформированы геологические и прогнозно-металлогенические модели: золоторудных узлов - Верхне-Енашиминского, Перевальнинского, Аяхтинского, Партизанского, Раздолинского, Богунайского, Ольховско-Чибижекского, Северо-Тарейского, Унгинского, геологические и прогнозные модели месторождений рудного золота: золото-сульфидной формации - Олимпиадинского, Боголюбовского, Ольховского золото-висмут-кварцевой формации - Титимухта, золото-кварцевой формации - Эльдорадо, Васильевское, Герфед,, золото-кварц-сульфидной формации - Аяхтинского, Бабушкина Гора, золото-серебряно-кварц-сульфидной формации - Богунайского, золото-кварц-сурьмяной формации – Удерейского, Раздольнинского, золото-ртутной формации – Извилистого, формации золотоносных кор выветривания – Самсон, Унгинского – основных геолого-промышленных типов.

Геологические модели эталонных месторождений составлены на современной научной и практической основе и включают: геологическое строение рудного узла, геологическое строение месторождения (изученность, стратиграфия, литология, метаморфизм, интрузивные породы, структура рудного поля, характеристика рудных тел (параметры, морфология, запасы, ресурсы), минеральный состав гипогенных и гипергенных руд, технологическая характеристика руд, генезис месторождения гидрогеологические горно-технические условия месторождения, геолого-структурная модель месторождения, поисковые признаки и критерии локализации оруденения), прогнозную оценку месторождения и рекомендации по его дальнейшему изучению.

ЛИТЕРАТУРА

Беневольский Б.И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. - М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1995. - 88 с.

Беневольский Б.И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. - 2-е изд., исправл. и доп. - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. - 464 с.

Бергер В.И. Сурьмяные месторождения. Л.: Недра, 1978, 255с.

Бернштейн П.С. Условия локализации различных типов золоторудных месторождений Енисейского кряжа. М., Тр. НИГРИЗолото, 1951, вып. 18.

Бернштейн П.С., Петровская Н.В. Золоторудное месторождение Советское (Енисейский кряж) / Геология главнейших золоторудных месторождений СССР. - М.: Наука, 1954. - т. VI. - 162 с.

Бовин Ю.П. Тектоно-метаморфические этапы и типы метаморфизма заангарской части Енисейского кряжа / Минералы и парагенезисы минералов горных пород и руд Красноярского края. Новосибирск: Наука, 1982, с. 50-61.

Боголепов К.В. Критерии выделения тектонических комплексов и мегакомплексов при составлении "Атласа тектонических карт и опорных профилей Сибири"// Главные тектонические комплексы Сибири. - Новосибирск: ИГи Г СО АН СССР, 1979. - С. 8-15.

Бровков Г.Н., Ли Л.В., Охапкин Н.А. Геолого-структурные особенности размещения золотой и полиметаллической минерализации в байкалидах Енисейского кряжа// Геология и закономерности эндогенного оруденения западного обрамления Сибирской платформы. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1978. - С. 3-11.

Булынников А.Я. Золоторудные формации и золотоносные провинции Алтае-Саянской горной страны. - Тр. Томского гос. ун-та. Сер. Геол. - 1948. - т. 102.

Булынников В.А. Морфологические особенности Ольховского рудного поля. - Изд. ТПИ., Томск, 1964. - т. 134. - С. 121-127.

Васильев В.С., Сердюк С.С., Сибгатулин В.Г, Мирошников А.Е. Состояние и перспективы развития золотодобывающей промышленности Красноярского края. Разведка и охрана недр, 1997 № 10, с. 4-8.

Верниковский В.А., Забияка И.Д., Сердюк С.С. Полигенетичность золоторудной минерализации северного обрамления Сибирской платформы// Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. - Новосибирск: Наука, 1985 - С. 58-64.

Власов В.С. К вопросу об условиях образования комплексного Удерейского золото-сурьмяного месторождения (Енисейский кряж)/ Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГиМС, 2003, с. 119-121.

Власов В.С. Некоторые особенности рудовмещающей толщи одного из золото-сурьмяных месторождений /Литология и полезные ископаемые. 1984, №4, с.135-137.

Власов В.С., Сердюк С.С. О зональности оруденения в пределах Васильевско-Удерейской рудной зоны (Енисейский кряж)/ Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГиМС, 2003, с. 122-124.

Власов В.С., Смирнов М.С. О влиянии химического состава вмещающих пород на формирование золоторудной минерализации (на примере золото-сурьмяного месторождения Енисейского кряжа) /Геохимия и петрология рудных районов Красноярского края. Новосибирск, «Наука», 1985, с.39-44.

Волкова И. Б. О природе углеродистого вещества на примере некоторых золоторудных формаций /Сов. Геология, 1980, № 10, стр. 18-23.

Волобуев М.И., Зыков С.И., Ступникова Н.И. Енисейская складчатая область/ Геохронология докембрия Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Л., 1968, с.76-93.

Волобуев М.И., Ступникова Н.И., Зыков С.И. Енисейский кряж /Геохронология СССР. Т.1. Л.: Недра, 1973, с. 189-201.

Вопросы геологии экзогенного минерального сырья Красноярского края. - Красноярск: Красноярское кн. изд-во, 1970. - 143 с.

Геологическая карта Горного Таймыра. Объяснительная записка/ Беззубцев В.В., Залялеев Р.Ш., Сакович А.Б. - Красноярск: ПГО «Красноярскгеология», 1986, 177 с.

Геологическое строение и полезные ископаемые северо-восточной части Таймырского полуострова. Л.: ПГО «Севморгеология», 1989,117 с.

Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 7. Алтае-Саянский и Забайкало-Верхнеамурский регионы. Кн. 1. Алтай, Саяны, Енисейский кряж/ Под ред. Матросова П.С., Шапошникова Г.Н. Л: Недра, 1988. - 300 с.

Геология и металлогения Енисейского рудного пояса/ Отв. ред. Бровков Г.Н., Ли Л.В., Шерман М.Л. Красноярск: СНИИГГиМС-ПГО «Красноярскгеология», 1985. - 289 с.

Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири/ Гл. ред. Сердюк С.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 2000. - вып. 1, 288 с.

Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири/ Гл. ред. Сердюк С.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 2001. - вып. 2., 192 с.

Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири/ Гл. ред. Сердюк С.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 2002. - вып. 3, 240 с.

Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири/ Гл. ред. Сердюк С.С. -Красноярск: КНИИГиМС, 2003. - вып. 4, 206 с.

Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири/ Гл. ред. Сердюк С.С. -Красноярск: КНИИГиМС, 2004. - вып. 5, 212 с.

Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири/ Гл. ред. Сердюк С.С. -Красноярск: КНИИГиМС, 2005. - вып. 6, 260 с.

Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири/ Гл. ред. Сердюк С.С. -Красноярск: КНИИГиМС, 2006. - вып. 7, 146 с.

Геология и полезные ископаемые Красноярского края./ Гл. ред. Сердюк С.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 1999, 272 с.

Геология и полезные ископаемые Красноярского края/ Гл. ред.: Сердюк С.С., Еханин А.Г. - Красноярск: КНИИГиМС, 1998, 336 с.

Геология и полезные ископаемые Центральной Сибири/ Гл. ред. Васильев В.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 1997, 248 с.

Геология, металлогения, генезис и поиски рудных месторождений на XXXI сессии Международного геологического конгресса/ Под ред. Кривцова А.И. - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001, 261 с.

Геолого-генетические основы прогноза и поисков месторождений золота в корах выветривания/ Риндзюнская Н.М., Берзон Р.О., Полякова Т.П., Матвеева Е.В. - М.: ЦНИГРИ, 1995.

Геолого-структурные условия размещения и соотношение золотого и сурьмяного оруденения в Южно-Енисейском районе (Енисейский кряж) /Ли Л.В., Михеев В.Г., До-

рофеев Н.П., Бычков А.Т.// Рудоносность и геология Средней Сибири. Красноярск, 1971, с.60-65.

Геохимическая модель распределения золота в экзоконтактовом ореоле гранитоидного массива/ Забияка А.И., Верниковский В.А., Забияка И.Д., Злобин М.Н., Коробейников А.Ф., Сердюк С.С. - ДАН СССР, 1990. - т. 313. - № 4. - С. 959-962.

Гинзбург И.И. Типы древних кор выветривания, форма их проявления и классификация// Кора выветривания, вып. 6. Региональное развитие кор выветривания в СССР. - М.: Изд. АН СССР, 1963. - С. 71-101.

Даценко В.М. Геохимическая специализация и рудоносность некоторых комплексов гранитоидов северо-западной части Восточного Саяна/ Рудоносные формации докембрия и палеозоя западного складчатого обрамления Сибирской платформы. - Новосибирск, СНИИГГиМС, 1987. - С. 98-108.

Даценко В.М. Гранитоидный магматизм юго-западного обрамления Сибирской платформы/ - Новосибирск: Наука, 1984. - 120 с.

Даценко В.М., Прохоров В.Г. Сульфидные конкреции протерозойских отложений Енисейского кряжа и их роль в рудогенезе //Проблемы осадочной геологии докембрия, вып. 7, кн. 2, М.: Наука, 1981, с.221-227.

Дембо Т.М. Петрология месторождений группы Эльдорадо в Северной Енисейской тайге/ Тр. НИГРИзолото. М., 1941, вып. 7, с. 10-15.

Динер А.Э., Качевская Г.И., Качевский Л.К. Эталон чапинского комплекса щелочных пикритов (Енисейский кряж). Красноярск: КНИИГиМС, 2000, 78 с.

Дистанов Э.Г., Оболенский А.А., Кочеткова К.В. Удерейское сурьмяное месторождение в Енисейском кряже / / Геология и генезис рудных месторождений юга Сибири. Новосибирск: Наука, 1977, с.5-32.

Добрецов Н. Л., Соболев В.С., Ревердатто В.В. Фации метаморфизма. М., «Недра». 1970, 432с.

Добродеев О.П. Древняя кора выветривания метаморфических и осадочных пород Минусинской котловины и ее горного обрамления/ Геология и геохимия кор выветривания. М., изд-во АН СССР, 1968, вып. 10, с. 17-21.

Додин Д.А. Металлогения Таймыро-Норильского региона.(север Центральной Сибири). - С-Пб.: Наука, 2002. - 822 с.

Забияка А.И., Забияка И.Д., Верниковский В.А., Сердюк С.С., Злобин М.Н./Отв. редактор Б.М.Чиков. Геологическое строение и тектоническое развитие Северо-Восточного Таймыра. Новосибирск: Наука, 1986, 143с.

Забияка А. И., Забияка И.Д., Сердюк С.С. Проблемы региональной геологии и металлогении Таймыра./ Геология и полезные ископаемые Центральной Сибири. Сборник научных трудов. Красноярск: КНИИГиМС, 1997, с 98-105.

Забияка А.И. Эпохи корообразования на юге Средней и Западной Сибири/ Золотоносные коры выветривания Сибири. - Красноярск: КНИИГиМС, 2002. - С.18-25.

Забияка А.И., Забияка И.Д., Сердюк С.С. О метаморфогенном рудообразовании на Таймыре/ Геология рудных месторождений Красноярского края. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1977. - С. 54-62.

Забияка А.И., Забияка И.Д., Сердюк С.С., Верниковский В.А. Роль фактора регионального метаморфизма в локализации сульфидного оруденения в докембрийских комплексах Таймыра /Метаморфогенное рудообразование раннего докембрия. Апатиты, КФ РАН, 1980, с. 92-98

Забияка А.И., Сердюк С.С. Металлогеническое районирование Карской (Северо-Таймырской) провинции/ Геология и закономерности эндогенного оруденения западного обрамления Сибирской платформы. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1978. - С. 30-37.

Забияка А.И., Сердюк С.С., Забияка И.Д.. Челюскинский золотоносный кварцево-жильный пояс/ Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, КНИИГиМС, 2006, с. 117-128.

Заблоцкий А.К. О золотоносности Ангаро-Канской части Енисейского кряжа/ Инвестиционный потенциал минерально-сырьевого комплекса Красноярского края. Материалы международной научно-практической конференции. - Красноярск: КНИИГиМС, 2000. - с. 143-149.

Зозуленко Л.Б., Злобин В.А. Температура, давление и состав растворов в докембрийских породах Енисейского кряжа по газово-жидким включениям в жильном кварце / Геология и геофизика, 1974, №3, с.96-100.

Золото в докембрийских породах полуострова Челюскина (Северо-Восточный Таймыр)/ Забияка А.И., Забияка И.Д., Верниковский В.А., Коробейников А.Ф., Сердюк С.С. Реф. в журнале "Геология и геофизика", 1982. - № 8. - 13 с. Деп. № 680-82.

Золото Сибири: геология, геохимия, технология, экономика. Труды Второго Международного Симпозиум. - Красноярск: КНИИГиМС, 2001. - 312 с.

Золотоносные коры выветривания Сибири/ Отв. ред. Сердюк С.С.. - Красноярск: КНИИГиМС, 2002. - 116 с.

Золоторудные гиганты России и мира/ Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. - М.: Научный мир, 2000. - 272 с.

Золоторудные формации Северо-Востока СССР / Шило Н.А., Сидоров А.А., Найбородин В.М., Гончаров В.И. Докл. АН СССР, 1969. - т. 188. - № 4. - С. 901-904.

Золотые руды месторождения Олимпиада (Енисейский кряж, Сибирь)// Генкин А.Д., Лопатин В.А., Савельев Р.А., Сафонов Ю.Г. и др./ Геология рудных месторождений, 1994. - т. 36. - № 2. - С. 111-136.

Инвестиционный потенциал минерально-сырьевого комплекса Красноярского края/ Материалы научно-практической конференции. Научный редактор Сердюк С.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 2000. - ч.1. - 328 с. - ч. 2, - 208 с.

Калинин Ю.А. Золотоносные коры выветривания юга Западной Сибири: особенности распространения, состава и строения, условия формирования. Автореф. докт. дисс. - Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 2003. - 40 с.

Кварц-сульфидная минерализация в черносланцевых формациях полуострова Челюскин/ Забияка А.И., Забияка И.Д., Сердюк С.С., Злобин М.Н. Рудоносные формации докембрия и палеозоя западного складчатого обрамления Сибирской платформы. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1986. - С. 83-90.

Кен А.Н., Груза В.А. Геологические формации и металлогения каледонид Алтае-Саянской складчатой области. - Л.: ВСЕГЕИ, 1969. - 496 с.

Константинов Р.М. Формационный анализ рудных месторождений при металлогенических исследованиях/ Металлогенический анализ рудоконтролирующих факторов в рудных районах. - М.: Недра, 1972. - 261 с.

Коробейников А.Ф. Условия концентрации золота в палеозойских орогенах. - Новосибирск: ИГи Г СО АН, 1987. - 177 с.

Коробейников А.Ф., Номоконова Г.Г., Ерофеев Л.Я. Закономерности проявления золотого оруденения в геолого-геохимических и физических полях контактовых ореолов гранитоидных интрузий/ Геология рудных месторождений, 1987, № 2, с. 58-70.

Косыгин Ю.А. Тектоника. - М.: Недра,1983. - 536 с.

Кошкулакский эталон ордовикской вулкано-плутонической ассоциации (Кузнецкий Алатау)/ Перфилова О.Ю., Михайленко В.Г., Коптев И.И., Сидорас С.Д. Красноярск: КНИИГиМС, 1999, 159 с.

Кренделев Ф.П., Лучко А.Г. Новый тип золотого оруденения на Енисейском кряже/ Вопросы геологии месторождений золота. Изд. Томск. ун-та. 1970, с.43-54.

Кривцов А.И. Формационные основы прикладной металлогении. Тр. ЦНИГРИ, 1995. - вып. 1971. - С. 3-11.

Круглов Г.П., Ли Л.В., Бровков Г.Н. Структурные особенности рудолокализации в Южно-Енисейском золотоносном районе (Енисейский кряж)/ Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, КНИИГиМС, 1998, с. 176-181.

Кузнецов В.А. Рудные формации / Геология и геофизика, № 6, 1974, с. 7-13.

Кузнецов Ю.А. Петрология докембрия Южно-Енисейского кряжа. - Томск: ЗСГУ, 1941, - 240 с.

Ли Л.В. Золоторудные месторождения докембрия Енисейского кряжа / Геология и полезные ископаемые Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 1997, с.184-222.

Ли Л.В. Золоторудные месторождения Енисейского кряжа / Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 1987, с.73-75.

Ли Л.В. Золоторудные формации Енисейского кряжа/ Зап. Красноярского отд. Всесоюзного минерал. общества. 1968, вып. 1, с. 121-127.

Ли Л.В. Олимпиадинское золоторудное месторождение вкрапленных золото-сульфидных руд /Под ред. С.С. Сердюка. Красноярск: КНИИГиМС, 2003, 119 с.

Ли Л.В. Особенности строения и размещения древних россыпей золота в Енисейском кряже/ Вопросы геологии экзогенного минерального сырья Красноярского края. Материалы по геологии и полезным ископаемым Красноярского края. - Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1970. - вып. 7. - С. 71-77.

Ли Л.В., Даценко В.М. Положение гранитоидных формаций и место зонального оруденения в истории развития Енисейского кряжа / Вопросы геологии месторождений золота. Томск, ТПИ, т. 239, 1970.

Ли Л.В., Круглов Г.П., Михеев В.Г. Размещение и строение золотоносных полей и главнейшие типы золота в Средней Сибири/ Полезные ископаемые Средней Сибири. - Красноярск, 1974. - С. 7-19.

Ли Л.В., Круглов Г.П., Цыкин Р.А. Древние россыпи Средней Сибири, связанные с формацией коры выветривания/ Литология и полезные ископаемые. 1978, № 5. с. 90-95.

Ли Л.В., Круглов Г.П., Шерман М.Л. Вкрапленное золото-сульфидное оруденение Енисейского кряжа. ДАН, 1990, т. 315, №3, с.690-694.

Ли Л.В., Нелюбов В.А. Структурные особенности локализации золотого оруденения некоторых месторождений Енисейского кряжа/ Геология и геофизика, 1970, № 10, с. 45-51.

Ли Л.В., Шохина О.И. Геохимия золота в метаморфических и магматических сериях докембрия. - М.: Недра, 1985. - 133 с.

Лисин В.А., Мазур С.В. Перспективы рудной золотоносности Мотыгинского района // Инвестиционный потенциал минерально-сырьевого комплекса Красноярского края. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск: КНИИГиМС, 2000, с. 192-203.

Малич Н.С., Туганова Е.В. Принципы и методика минерагенического анализа платформ. - М.: Недра, 1980. - 287 с.

Металлогения кор выветривания Сибири (золото, бокситы, марганец и др.)/ Родин Р.С., Кужельный Н.М., Гесс Л.В., Епифанов В.А., Тарновский С.В., Хохрякова М.И. / Проблемы золотоносных кор выветривания Сибири. - Красноярск: КНИИГиМС, 1998. - С. 13-18.

Методические указания по оценке, апробации и учету прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых РФ. - М., 1987.

Методическое руководство по оценке (переоценке) запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Издание 1-е. Вып. I-XIV. - М., 1986.

Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Вып. XIII. Оценка прогнозных ресурсов благородных металлов (золото, серебро, платиноиды), коренные месторождения. - М.: ЦНИГРИ, 1986. - 141 с.

Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Издание 2-е, переработанное. Части 1-5. - М., 1989.

Минеральные ресурсы Красноярского края/ Гл. редактор Сердюк С.С.- Красноярск: КНИИГиМС, 2002, книга 1, 620 с.

Минеральные ресурсы Красноярского края/ Кадастр месторождений полезных ископаемых/ Гл. редактор Сердюк С.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 2002, книга 2, 582 с.

Минеральные ресурсы Нижнего Приангарья и их экономический потенциал. /Под. редакцией Сердюка С.С., Сибгатулина В.Г. - Красноярск: КНИИГиМС, 2004. - 236 с.

Минеральные ресурсы Таймырского автономного округа/ Самойлов А.Г., Симонов О.Н., Афанасенков А.П., Сидоров И.И. - Норильск, 1995, 52 с.

Мкртычьян А.К., Никулов Л.П., Юркевич Л.Г. Перспективы золотоносности Ангаро-Канской глыбы/ Геология и полезные ископаемые Красноярского края. - Красноярск: КНИИГиМС, 1999. с. 116-119.

Многофакторные модели аллювиальных россыпных месторождений золота и платиноидов. Атлас. М., 1993.

Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России/ Под ред. М.М. Константинова, И.С. Розенблюма, М.З. Зиннатуллина. М., 1992.

Модели месторождений благородных и цветных металлов. Выпуски: Медно-порфировые месторождения. М.,2001; Cu-Ni-МПГ месторождения норильского типа. М.,2001; Пространственные металлогенические таксоны. М.,2001; Системы оценки и разведки россыпных месторождений золота и платиноидов на основе многофакторных моделей. М.,2002; Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах. М.,2002.

Новая модель россыпей коры химического выветривания Таймыра/ Забияка А.И., Забияка И.Д., Злобин М.Н., Сердюк С.С. Разработка и совершенствование методов крупномасштабного и локального прогнозирования эндогенных полезных ископаемых. - Красноярск: ПГО «Красноярскгеология», 1991,с . 48-49.

Обручев В.А. Геологический обзор золотоносных районов Сибири. Средняя Сибирь, Енисейская область. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1961. - С. 163-196.

Основные типы рудных формаций: терминологический справочник/ Под ред. Ю.А. Косыгина, Е.А. Кулиша. М.: Наука, 1984. - 316 с.

Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов.Методическое руководство. М., 2002. Выпуски: Алмазы/ В.И. Ваганов, Ю.К.Голубев, В.Е. Минорин; Золото/ Б.И. Беневольский, Е.В. Блинова, А.В. Бражник и др.; Экзогенная золотоносность/ Е.В. Матвеева, О.С. Набровенков, Н.М. Риндзюнская и др.;Медь/ А.И. Кривцов, И.Ф. Мигачев, Р.Н. Володин; Никель и кобальт/ В.И. Кочнев-Первухов, А.И.Кривцов, И.А. Августинчик, Е. С. Заскинд; Свинец и цинк/ Г.В. Ручкин, В.Д. Конкин, А.И. Донец и др.

Петров В.Г. Условия золотоносности северной части Енисейского кряжа. Новосибирск, «Наука», 1974. 96с.

Петровская Н.В. Золотое оруденение Енисейского кряжа и процессы формирования золотоносных руд // Автореферат на соискание ученой степени доктора геолого-

минералогических наук. М., ГИН АН СССР, 1955.

Петровская Н.В. О некоторых закономерностях размещения рудных столбов и минералогических критериях поисков скрытых участков богатого оруденения/ Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. М.: Госгеолтехиздат, 1963, с. 98-112.

Петровская Н.В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). М.: Наука, 1973, 347 с.

Петровская Н.В., Сафонов Ю.Г., Шер С.Д. Формации золоторудных месторождений/ Рудные формации эндогенных месторождений. М.: Наука, 1976. - т. 2. - С. 3-110.

Погребицкий Ю.Е. Палеотектонический анализ Таймырской складчатой системы. - Л.: Недра, 1971. - 248 с.

Принципы и методы крупномасштабного и локального прогноза эндогенного оруденения. Учебное пособие. - Красноярск: КИЦМ, 1991. - 167 с.

Проблемы золотоносности кор выветривания Красноярского края /Сердюк С.С., Зверев А.И., Власов В.С. и др. /Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2003, вып. 4, с. 40-62.

Проблемы золотоносных кор выветривания Сибири. Первое региональное совещание (Тезисы докладов)/ Отв. редактор Сердюк С.С.. - Красноярск: КНИИГиМС, 1998. - 137 с.

Прогнозно-металлогеническая модель Васильевско-Удерейской рудной зоны (Енисейский кряж)/ Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Бабушкин В.Е., Кириленко В.А. Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. - Красноярск: КНИИГиМС, 2003, с. 104-118.

Прогнозно-металлогеническая оценка золотоносности Восточно-Саянской провинции/ Сердюк С.С., Ояберь В.К., Землянский С.А., Антипова Т.А. Золотоносные коры выветривания Сибири. - Красноярск: КНИИГиМС, 2002. - С. 31-47.

Прогнозные ресурсы золота и платины Красноярского края./ Под ред. С.С. Сердюка /С.С.Сердюк, Н.Е. Зобов, А.И. Зверев и др. Красноярск, КНИИГиМС, 2006, 174 с.

Прохоров В.Г. Особенности развития сульфидного оруденения на Енисейском кряже как следствие метаморфогенного преобразования пирита // Геология рудных месторождений Красноярского края. Тр. СНИИГГИМСа, вып. 257, 1977, с.73-80.

Прохоров В.Г. Свойства пиритов пород, вмещающих сурьмяное оруденение, и возможности их использования при поисковых работах. // Материалы по магматизму и металлогении Красноярского края. Тр. СНИИГГИМС, вып. 241, Красноярск, 1976. 146с.

Рожков И.С. Генетические типы месторождений золота и их положение в геотектонических структурах// Геология и геофизика. 1968. - № 7, с. 3-19.

Росляков Н.А. Геохимия золота в зоне гипергенеза. - Новосибирск: Наука, 1981. - 239 с.

Росляков Н.А., Белеванцев В.И., Калинин Ю.А. Процессы накопления самородного золота в марганцевоносных корах выветривания/ Золото Сибири: геология, геохимия, технология, экономика. - Красноярск: КНИИГиМС, 2001. - С. 33-35.

Росляков Н.А., Нестеренко Г.В., Калинин Ю.А. Золотоносность кор выветривания Салаира. - Новосибирск: Наука, 1995.

Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология/ Главные редакторы Д.А. Додин, В.С. Сурков. - С-Пб.: ВНИИОкеангеология, 2002. - 960 с.

Рудные и рудоносные формации (терминологический справочник)/ Под ред. Косыгина Ю.А., Кулиша Е.А. - М., 1983. - 174 с.

Румянцева Э.Ф. Средний рифей Енисейского кряжа (строение, разрезы и тектоническая история). Автореф. канд. дис. М.,1975, 29с.

Ручкин Г.В. Рудноформационный анализ – состояние и перспективы/ Геология и геофизика, № 6, 1972, с.13-16.

Сазонов А.М., Ананьев А.А., Ильенок С.С. Условия формирования руд Удерейского золото-сурьмяного месторождения и геохимическая зональность рудного поля / Полевые шпаты в процессе породообразования. Элиста, 1980, с.21-46.

Сердюк С.С. О локализации оруденения в складках продольного изгиба. Геология и геофизика, 1984, №5, с. 102-106.

Сердюк С.С. Золото Красноярского края: проблемы развития и освоения сырьевой базы/ Инвестиционный потенциал минерально-сырьевой базы Красноярского края.- Красноярск: КНИИГиМС, 2000, с 98-103.

Сердюк С.С. Золотоносные и золото-платиноносные провинции Центральной Сибири: геолого-металлогеническое строение и перспективы развития сырьевой базы/ Геология и полезные ископаемые Центральной Сибири.- Красноярск: КНИИГиМС, 1997, с 89-183.

Сердюк С.С. Минерально-сырьевая база золота Красноярского края. Перспективы освоения и развития. Минеральные ресурсы России, № 1, 2000, с. 21-29.

Сердюк С.С. Структурно-тектонические элементы и их роль в размещении сульфидной минерализации на Северо-Восточном Таймыре. Тр. СНИИГГиМС. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1985, с 18-26.

Сердюк С.С. Структурные критерии эндогенного оруденения Таймыра/ Закономерности размещения и прогнозно-поисковые критерии рудных полезных ископаемых Центральной Сибири. Новосибирск СНИИГГиМС, 1990, с 9-16.

Сердюк С.С. Проблемы золотоносных кор выветривания Сибири: геология, типы месторождений, перспективы развития сырьевой базы/ Проблемы золотоносных кор выветривания Сибири. Тез. докладов Первого регионального совещания. Красноярск, КНИИГиМС, 1998. с. 7-13.

Сердюк С.С. Состояние и перспективы развития золотодобывающей промышленности Красноярского края/ Золотодобывающая промышленность России на пороге третьего тысячелетия. Проблемы и перспективы. Материалы Второй международной конференции «Золото 2000». М., ВВЦ, 2000, с. 83-112.

Сердюк С.С. Золото Красноярского края: проблемы развития и освоения сырьевой базы/ Инвестиционный потенциал минерально-сырьевой базы Красноярского края. - Красноярск: КНИИГиМС, 2000. - С. 98-103.

Сердюк С.С. Золотодобывающая промышленность и инвестиционный потенциал МСБ рудного золота Красноярского края. Разведка и охрана недр, 2004, №6, с. 15-19.

Сердюк С.С. Золотоносные и золото-платиноносные провинции севера Центральной Сибири/ Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. Гл. редакторы Д.А. Додин, В.С. Сурков, СПб, ВНИИОкеангеология, 2002, с. 537-558.

Сердюк С.С. Золотоносные провинции Центральной Сибири: геология, минерагения и перспективы освоения. Красноярск: КНИИГиМС, 2004, - 480 с.

Сердюк С.С. Минерально-сырьевая база золота Центральной Сибири: перспективы развития и освоения. В кн.: Минеральные ресурсы Красноярского края. Кн. 1. Красноярск, КНИИГиМС, 2002, с. 373-419 с.

Сердюк С.С. О концепции краевой целевой программы «Геологическое изучение и развитие минерально-сырьевой базы Красноярского края на 2004-2006 гг»/ Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края. Красноярск, КНИИГиМС, 2003, с. 68-73.

Сердюк С.С. Основные черты тектоники и россыпеносности Северо-Таймырской впадины/ Актуальные проблемы региональной геологии Сибири (стратиграфия, тектоника, палеогеография, минералогия). - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1992, с. 84-85.

Сердюк С.С. Проблемы геологии и металлогении благороднометалльных провинций Центральной Сибири. Труды Второго Международного симпозиума "Золото Сибири: геология, геохимия, технология, экономика". - Красноярск: КНИИГиМС, 2001, с 11-16.

Сердюк С.С. Проблемы прогнозно-металлогенической оценки и программно-целевого планирования геологоразведочных работ и лицензирования недр золотоносных провинций Центральной Сибири/ Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. - Красноярск: КНИИГиМС, 2003, с. 23-27.

Сердюк С.С. Проблемы развития золотодобывающей промышленности и ее сырьевой базы в Красноярском крае/ Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 1999, с 7-21 .

Сердюк С.С. Программа развития золотодобывающей промышленности Красноярского края. Тезисы докладов Первого Сибирского Симпозиума с международным участием. "Золото Сибири: геология, геохимия, технология, экономика". 1-3 декабря 1999 г. Красноярск: КГАЦМиЗ, 1999, с. 10-13.

Сердюк С.С. Систематика золотоносных месторождений и формаций Центральной Сибири – комплексная модель их прогноза, поисков и оценки / Золото Сибири: геохимия, технология, экономика. Материалы 4-го Международного симпозиума. Красноярск: КНИИГиМС, 2006, с. 24-26.

Сердюк С.С. Систематика золотоносных формаций Центральной Сибири/ Золотоносные коры выветривания Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2002, с. 4-17.

Сердюк С.С. Современное состояние и перспективы развития золотодобывающей промышленности Красноярского края. В кн.: Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 2003, с. 217-219.

Сердюк С.С., Ли Л.В., Мирошников А.Е. Золото Нижнего Приангарья: состояние сырьевой базы и направления ее развития/ Сырьевые ресурсы Нижнего Приангарья. Тр. первой науч.-практич. конф. по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья в Красноярском крае. - Красноярск, 1997. - С. 22-25.

Сердюк С.С., Бабушкин В.Е.. О перспективах золотоносности Васильевско-Удерейской рудной зоны Южно-Енисейского золотоносного района/ Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 2003, с. 236-238.

Сердюк С.С., Гончаров М.М., Ояберь В.К. Основные типы и перспективная оценка золотоносных формаций Таймыро-Североземельского региона/ Недра Таймыра. Сборник научных трудов. - Норильск: ВСЕГЕИ, 1997. - вып. № 2. - С. 199-214.

Сердюк С.С., Зверев А.И. Геология и перспективы золотоносности Эвенкии. - Красноярск: КНИИГиМС, 2000. - 88 с.

Сердюк С.С., Зверев А.И. О перспективах выявления новых нетрадиционных типов золото-платинометалльных руд в геологических комплексах Партизанского рудного узла (Южно-Енисейский золотоносный район)/ Состояние и проблемы геологического изучения и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края. - Красноярск: КНИИГиМС, 2003. - С. 231-233.

Сердюк С.С., Зверев А.И. Перспективные благороднометалльные провинции Сибирской платформы/ Платина в геологических формациях Сибири. Тез. докладов общероссийского семинара. 20-21 сентября 2001 г. Красноярск. Красноярск, 2001, КНИИГиМС, 2001, с. 73-76.

Сердюк С.С., Зверев А.И., Власов В.С., Ояберь В.К. Проблемы золотоносности кор выветривания Красноярского края./ Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2003, с. 40-62.

Сердюк С.С., Зверев А.И., Зонов В.А. Прогнозно-металлогеническая оценка золотоносности Партизанского рудного узла (Южно-Енисейский золотоносный район)/ Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГиМС, 2003, с. 83-95.

Сердюк С.С., Зобов Н.Е., Забияка А.И., Курганьков П.П., Назимков Г.Д. Минерагения и перспективная оценка минерально-сырьевых ресурсов Красноярского края/ Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 2006, с. 5-19.

Сердюк С.С., Зонов В.А. Прогнозная оценка золотоносности Аяхтинского рудного узла (Южно-Енисейский золотоносный район)/ Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2003, с. 96-103.

Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е. Васильевское золоторудное месторождение – эталон золотокварцевой формации Енисейской металлогенической провинции. Красноярск, КНИИГиМС, 2002, 120 с.

Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Бабушкин В.Е., Кириленко В.А. Прогнозно-металлогеническая модель Васильевско-Удерейской рудной зоны (Енисейский кряж). / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2003, с. 104-118.

Сердюк С.С., Ояберь В.К. Золотоносность Ольховско-Чибижекского рудного района и направления ее изучения и освоения// Инвестиционный потенциал минерально-сырьевой базы Красноярского края. - Красноярск: КНИИГиМС, 2000. - С. 139-143.

Сердюк С.С., Ояберь В.К. Основные типы и перспективная оценка золотоносных формаций Челюскинской площади/ Направление геологоразведочных работ на никель, медь платиноиды в Таймырском автономном округе в 2000-2005 гг. –Норильск: Таймыркомприродресурсы, 1999, с 78-81.

Сердюк С.С., Пашков Г.Л. Обоснование и разработка программы развития сырьевой базы и золотодобывающей промышленности объединенного Красноярского края на 2007-2020 гг. /Золото Сибири: геохимия, технология, экономика. Материалы 4-го Международного симпозиума. Красноярск,: КНИИГиМС, 2006, с. 8-10.

Сердюк С.С., Привалихин И.Н. Перспективы золотоносности Енисейской провинции/ Инвестиционный потенциал минерально-сырьевой базы Красноярского края. Красноярск : КНИИГиМС, 2000 , с174-192.

Сердюк С.С., Сибгатулин В.Г., Махнева Г.Г., Васин С.Ю., Поляков А.В. Концепция государственной минерально-сырьевой политики Красноярского края на 2003-2010 гг. / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2002, с. 6-45.

Середенко Г.А. Процессы регрессивного метаморфизма в крупных тектонических зонах и связь с ним золотого кварцево-жильного оруденения в северной части Енисейского кряжа/ Геология и полезные ископаемые Нижнего Приангарья. Красноярск, 1975, с. 106-113.

Середенко Г.А. Рудоносные коры выветривания Енисейского кряжа// Рудоносные формации докембрия и палеозоя западного складчатого обрамления Сибирской платформы. - Новосибирск: СНИИГГиМС. - С. 122-134.

Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского

края/ Отв. ред. Сердюк С.С. - Красноярск: КНИИГиМС, 2003. - 328 с.

Стеблева А.Т. Сурьмяные месторождения Енисейского кряжа.//Геология и полезн.ископаемые Нижнего Приангарья. Красноярск: Изд-во Краснояр. Ун-та, 1975, с. 89-93.

Строна П.А. Главные типы рудных формаций. - Л.: Недра, 1978. - 199 с.

Тектоника и глубинное строение Алтае-Саянской складчатой области/ Сурков В.С., Жеро О.Г., Уманцев Д.Ф. и др. - М.: Недра, 1973. - 144 с.

Тимофеевский Д.А. Ольховское золоторудное месторождение. - М., 1950.

Фогельман Н.А., Константинов М.М., Курбанов Н.К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поисков// Отечественная геология, 1995. - № 3. - с. 31-41.

Хазагаров А.М. Мезозойские и третичные золотоносные россыпи Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау// Геология россыпей. - М.: Наука, 1965.

Хазагаров А.М. О зональности золотого оруденения в контактовых зонах Ольховского интрузивного массива// Морфогенез и зональность интрузивов и связанные с ними золоторудные и полиметаллические месторождения Сибири. - Новосибирск, 1968. - С. 141-144.

Хомичев В.Л., Белоусов А.Ф., Шульдинер В.И. Рекомендации по составлению эталонов магматических и метаморфических комплексов. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000, 199 с.

Хомичев В.Л., Воробьев В.Н., Даценко В.М. Ольховский массив – эталон ольховского комплекса (Восточный Саян). - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1992. - 92 с.

Хомичев В.Л., Воробьев В.Н., Даценко В.М. Ольховский массив – эталон ольховского комплекса (Восточный Саян). Новосибирск: СНИИГГиМС, 1992, 92 с.

Хомичев В.Л., Единцев Е.С., Кужельная Е.В. Эталон Хемчикского габбро-монцодиорит-сиеногранитового комплекса (Западный Саян). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000, 224 с.

Чиков Б.М. Структурная и формационная основы тектонического районирования складчатых областей/ Геология и геофизика, 1977. - № 1. - С. 16-23.

Шануренко Н.К. Общие особенности и эволюция металлогении Таймырской складчатой системы/ Геология и метаморфогенное рудообразование докембрия Таймыра. Л.: ПГО «Севморгеология», 1983. - С. 5-25.

Шаров В.Н. Метасоматическая зональность и связь с ней оруденения. Новосибирск, «Наука», 1978г, 188с.

Шелехов Б.Е. Золоторудные месторождения восточного склона Татарского антиклинория Енисейского кряжа/ Геология и полезные ископаемые Нижнего Приангарья. Красноярск, 1975, с. 93-98.

Шер С.Д. Металлогения золота (Евразия, Африка, Южная Америка). - М.: Недра, 1974. - 256 с.

Шер С.Д. Металлогения золота: (Сев. Америка, Австралия, Океания). - М.: Недра, 1972. - 296 с.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

СЕРГЕЙ СТАНИСЛАВОВИЧ СЕРДЮК
Доктор геолого-минералогических наук

В 1972 г. окончил Красноярский институт цветных металлов; квалификация: горный инженер-геолог, специальность: 01.00.01 – геология и разведка месторождений полезных ископаемых. Аспирантура при Институте геологии и геофизики (ИГиГ) СО АН СССР, г. Новосибирск (1985 г). Тема кандидатской диссертации "Тектоника и поля деформаций Северо-Восточного Таймыра".

Доктор геолого-минералогических наук (специальность: 25.00.11 – геология, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых; минерагения). Тема докторской диссертации "Золотоносные провинции Центральной Сибири: геология, минерагения и перспективы освоения".

Опыт работы:

05.2009 – н. в. – заместитель гендиректора по геологии, руководитель Геолого-геофизического центра ООО "Нафта Металл" в г. Красноярске. Планирование и проведение поисковых, поисково-оценочных и разведочных работ на рудное золото в Ростовской, Новосибирской, Кемеровской областях, Республике Алтай.

02.2008 – 04.2009 – главный геолог ОАО "Новосибирская геологопоисковая экспедиция" (ОАО "НГПЭ") (планирование и проведение поисково-оценочных и разведочных работ на рудное золото в Ростовской, Новосибирской, Кемеровской областях, Республике Алтай).

01.2006-02.2008 – заместитель генерального директора ООО "Кингашская горно-рудная компания" (ОАО "Норильский ГМК") (планирование, проведение и организация поисковых и разведочных работ на платино-медно-никелевые руды в Кингашском рудном районе (Восточный Саян) и Подкаменно-Тунгусском районе (Сибирская платформа).

09.1974-01.2006 – инженер-геолог, старший геолог, старший научный сотрудник (КФ СНИИГГиМС), заведующий отделом геологии твердых полезных ископаемых, первый заместитель директора по науке Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья (КНИИГиМС).

08.1972 – 08.1974 – служба в рядах Советской Армии (Краснознаменный Дальневосточный округ, командир огневого взвода истребительно-противотанковой артиллерии, лейтенант, старший лейтенант).

Основные результаты:

Геологические и прогнозно-металлогенические работы по рудному и россыпному золоту, меди, никелю, платиноидам, комплексу других полезных ископаемых по федеральным, краевым программам и заказам предприятий-недропользователей (ОАО "Норильский ГМК", ЗАО "Полюс", ЗАО "Васильевский рудник" и другие):

1) геология и прогнозно-металлогеническая оценка благородных и цветных металлов

1) золото:

а) научное обоснование и выявление ресурсного потенциала новых перспективных золотоносных провинций – Таймыро-Североземельской и Южно-Эвенкийской;

б) классификация золотоносных провинций Центральной Сибири по геолого-металлогеническим особенностям;

в) систематика формаций золотоносных месторождений и типов геолого-металлогенических обстановок их размещения, включающая 16 таксонов, в том числе 7 эндогенных формаций: золото-кварцевая, золото-сульфидная, золото-платино-медно-никелевая комплексная сульфидная, золото-кварц-сульфидная с метасоматитами, золото-серебряно-кварц-сульфидная, золото-кварц-сурьмяная, золото-ртутная и 9 экзогенных формаций: формации золотоносных кор выветривания – золотоносных каолинитов и лимонитов, золото-вермикулитовая, золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных сыпучек; золотоносная окисно-марганцевая, золотоносных кор выветривания по метасоматитам; золотоносных каолинитовых "галечников и песков"; формации россыпей – аллювиальная, элювиально-делювиальная, техногенная;

г) прогнозно-поисковые модели геолого-промышленных типов месторождений золото-кварцевой формации (васильевский, советский типы), золото-сульфидной формации и формации золотоносных каолинитов и лимонитов (олимпиадинский, боголюбовский типы), золото-кварц-сульфидной формации и формации золотоносных бурых железняков, кварцевых и сульфидных сыпучек (ольховский тип), золото-серебряно-кварц-сульфидной формации и золото-сульфидной формации в диафторитах и метасоматитах (богунайский тип), золото-кварц-сурьмяной формации (удерейский тип), золото-ртутной формации (тарейский тип), формаций золотоносных кор выветривания – золотоносных каолинитов и лимонитов (самсоновский, боровинский типы), золото-вермикулитовой (уткинский тип), золотоносной окисно-марганцевой (муразинский тип), золотоносных кор выветривания по метасоматитам (зыряновский тип), золотоносных каолинитовых "галечников и песков" (унгинский тип);

д) количественная прогнозно-металлогеническая оценка прогнозных ресурсов рудного и россыпного золота Енисейской, Восточно-Саянской, Западно-Саянской, Кузнецко-Алатауской, Таймыро-Североземельской, Южно-Эвенкийской провинций, создающая практическую основу для развития сырьевой базы золотодобычи;

е) научное обоснование региональной модели концептуального проектирования, программно-целевого планирования и мониторинга реализации геологического изучения и воспроизводства сырьевой базы и развития золотодобывающей промышленности субъектов Федерации Центральной Сибири (Красноярский край, Таймырский автономный округ).

2) никель, медь, платиноиды

а) прогнозная оценка сульфидного медно-никелевого, платинометалльного оруденения дифференцированных интрузий Приенисейской провинции магнезиальных траппов;

б) выявление закономерностей распространения и

прогнозная оценка сульфидного платино-медно-никелевого оруденения в восточной части Алтае-Саянской складчатой области.

3) количественная и геолого-экономическая оценка ресурсного потенциала

а) количественная и геолого-экономическая оценка ресурсного потенциала территории Российской Федерации с определением приоритетов лицензионного недропользования на алмазы, благородные и цветные металлы (Красноярский край, Таймырский и Эвенкийский автономные округа, Республики Хакасия и Тыва).

II) программно-целевое планирование развития минерально-сырьевой базы

а) разработка программы и концепции развития минерально-сырьевой базы Красноярского края до 2005 г и на перспективу до 2015 г.

III) совершенствование и развитие нормативно-правовой базы недропользования

а) совершенствование и развитие нормативно-правовой базы недропользования Красноярского края.

IV) информационно-аналитическое обеспечение развития минерально-сырьевой базы

а) составление и редактирование 15 карт геологического и прогнозно-минерагенического содержания, включая следующие:

- минерагеническая карта Красноярского края (м-б 1:2 500 000);
- карты золотоносности отдельных провинций (Таймыро-Североземельской, Енисейской, Восточно-Саянской, Южно-Эвенкийской), Красноярского края, Центральной Сибири (м-б 1:500 000, 1:1 000 000, 1:1 500 000, 1:2 500 000).

б) редактирование 32 сборников научных трудов и монографий по геологии и минерагении Центральной Сибири.

Публикации. Автор 164 опубликованных и фондовых работ (из них 15 монографий, 100 статей, 49 производственных и научно-исследовательских геологических отчетов) по вопросам геологии, общей минерагении, металлогении золота, меди, никеля, платиноидов, программно-целевого планирования и нормативно-правового обеспечения развития минерально-сырьевой базы.

Инициировал идею и организовал создание Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья (КНИИГиМС) (1993 г.)

Член диссертационного совета Д 212.095.01 (с 2005 г.) при Институте цветных металлов и золота Сибирского Федерального Университета (СФУ).

Член общественного комитета "Челюскин – 1992" – установившего гранитный монумент Семену Челюскину и его команде в честь 250-летия открытия мыса Челюскин (самой северной точки Евразии) Великой Северной Экспедицией (1742-1992 гг.).

Награды. Юбилейный знак к "300-летию горно-геологической службы России" (2000), знаки Министерства природных ресурсов (МПР) РФ "Отличник разведки недр" (2005), "Почетный разведчик недр" (2009).

ЮРИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ КОМОРОВСКИЙ

Коморовский Юрий Евгеньевич, горный инженер-геолог. Получил высшее образование по специальности в Красноярском институте цветных металлов им. М. И. Калинина (в настоящее время Институт цветных металлов и золота Сибирского федерального университета) в 1972 году. После окончания института в течение 11 лет работал в тресте «Забайкалцветметразведка», где занимался проектированием геологоразведочных работ, поисками и разведкой коренных месторождений золота в Восточном Забайкалье, Читинской области в должности от геолога подземного участка до главного геолога геологоразведочной партии. При его непосредственном участии разведаны и утверждены в ГКЗ и ТКЗ запасы Ключевского и Александ[illegible]вского золоторудных месторождений, выявлены месторождения Западное и Костромихинское. С 1983 по 1994год работал в ПО «Енисейзолото» в должности начальника геологического отдела, а затем главного инженера экспедиции «Сибзолоторазведка», основной задачей которой являлось восполнение минерально-сырьевой базы рудного и россыпного золота горно-добывающих предприятий Красноярского края и Хакасии, входящих в состав объединения «Енисейзолото». Экспедиция выполняла большие объемы эксплуатационно-разведочных, разведочных и поисковых работ на эксплуатируемых, законсервированных и резервных рудных и россыпных месторождениях золота, их флангах и глубоких горизонтах, с применением колонкового, ударно-канатного бурения, открытых и подземных горных выработок, геофизических методов поисков. В процессе этих работ был накоплен значительный фактический материал об особенностях геологического строения рудных месторождений различных формаций, методах и технических средствах разведки и поисков рудных и россыпных месторождений золота. С 1995 по 2005 год Коморовский Ю. Е. возглавлял геологическую службу ЗАО «Васильевский рудник» в период от начала пректирования и строительства золотодобывающего предприятия в Мотыгинском районе Красноярского края, до ввода его в эксплуатацию и опытно-промышленной разработки Васильевского месторождения. Под его руководством проводились эксплуатационно- разведочные работы на месторождении, позволившие увеличить запасы золотосодержащей руды для открытой добычи, организовано проведение прогнозно-поисковых работ в пределах Васильевско-Удерейской рудной зоны силами работников КНИИГиМС, направленных на расширение МСБ ЗАО «Васильевский рудник», проведено технологическое опробование Васильевского и Николаевского месторождений. Подготовлены обосновывающие материалы и получены лицензии на геологическое изучение с последующей добычей на месторождениях Николаевское,Герфед, рудопроявлениях Ильинское и Нижне-Таловское. С 1999г. Коморовский Ю. Е. тесно сотрудничал с коллективом геологов КНИИГиМС, непосредственно участвуя в реализации научно-исследовательских и тематических работ по прогнозно- металлогенической оценке рудных узлов и полей в Мотыгинском и Енисейском районах Красноярского края.

АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ ЗВЕРЕВ

Родился 14 февраля 1948 года в семье крестьянина в Дзержинском районе Красноярского края.

Трудовую геологическую деятельность начал с 1973 года, после окончания Красноярского института цветных металлов им. М.И. Калинина, в Красноярской геологосъемочной экспедиции, где проработал в Дешифровочной партии до 1975 года в должности инженера – геолога.

Дальнейшая геологическая деятельность протекала до 1989 года в Партизанской партии Ангарской геологоразведочной экспедиции. Прошел путь от геолога до начальника данной партии. Занимался поисками и разведкой россыпных месторождений в бассейнах рек Партизанского и Раздолинского рудных узлов Южно- Енисейского золотоносного района. Являлся автором и соавтором отчетов по поискам и разведке месторождений золота.

В период с 1989 по 1997 год работал в геологических структурах различных организаций: отделе госгеолконтроля ПГО «Красноярскгеология» (1989 год), экспедиции «Сибзолоторазведка» (1990 – 1993 годы), горной компании «Геоинформ, ЛТД» (1994 – 1997 годы). Практическая деятельность в указанных организациях связывалась с россыпным и рудным золотом.

С 1997 года по настоящее время работает в Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья в должности ведущего научного сотрудника. Основное направление исследований - изучение золотоносности различных типов оруденения Енисейского кряжа, Восточного Саяна, Эвенкии. Соавтор многих отчетов, монографий по проблемам моделирования и прогнозной оценки золотоносных объектов.

ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ ОЯБЕРЬ

Родился в 1946 году в Новосибирской области. После окончания средней школы работал по горным специальностям на рудниках Лебединый (Алдан, Якутия) и Артемовский (Красноярский край), отслужил срочную службу в Вооруженных силах.

Профессию геолога осваивал в Красноярском институте цветных металлов и Томском политехническом институте. В 1977 заочно закончил Томский политехнический институт по специальности – геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.

С 1975 года по 1980 в качестве техника-геолога, геолога работал в Партии черных металлов Комплексной тематической экспедиции Красноярского геологического управления, участвуя в прогнозно-металлогенических исследованиях железорудных объектов юга Красноярского края.

С 1980 начинается довольно продолжительный «таймырский» этап работы в геологической службе Полярной геологоразведочной экспедиции КГУ (геолог, старший геолог, ведущий геолог), базировавшейся в с. Хатанга. В качестве геолога принимал участие в поисках и оценке апатит-магнетитовых месторождений в щелочно-ультраосновных массивах Маймеча-Котуйской провинции, в опережающих геохимических исследованиях масштаба 1:200 000 на Шренковской площади (Центральный Таймыр).

Наиболее интересный, по личной оценке, и плодотворный период профессиональной деятельности связан с поисками современных и дочетвертичных россыпей золота на северо-восточном Таймыре в бассейнах рек Кунар, Серебрянка, Унга, Ханневича, Ленинградская.

В 1999 году, по возвращении «на материк», приглашен на работу в КНИИГиМС. Начиная с этого времени профессиональные интересы сосредоточены в области исследований золоторудных формаций, металлогении и прогнозных оценок золота в Восточно-Саянской провинции, металлогении и прогнозирования комплексных медно-порфировых месторождений в северной части Таймыра.

ВИКТОР СЕМЕНОВИЧ ВЛАСОВ

Кандидат геолого-минералогических наук

Власов Виктор Семенович родился 25.09.49 г. В 1971 году закончил геологоразведочный факультет Томского политехнического института по специальности горный инженер-геолог.

В период с 1971 по 1997 годы вся трудовая деятельность Власова В.С. была связана с Ангарской ГРЭ ПГО «Красноярскгеология», занимающейся созданием и укреплением минерально-сырьевой базы Нижнего Приангарья.

Сфера деятельности – от работ стадии общих поисков до детальной разведки с передачей месторождений в промышленное освоение, а по видам полезных ископаемых – золото, сурьма, ниобий, редкие земли, фосфатные руды, магнезиты, кварциты и общераспространенные полезные ископаемые: стройкамень, песок, песчано-гравийный материал, глина для производства кирпича и керамзита.

Наиболее существенными вехами явились участие в детальной разведке Удерейского месторождения сурьмы, ведение поисковых работ на золото-сурьмяные руды в Южно-Енисейском золотоносном районе, поисково-оценочных на рудное золото на Удерейском золото-сурьмяном месторождении, золоторудных Бабушкина Гора и Самсон, изучение Чуктуконского фосфатно-ниобий-редкоземельного месторождения, разведка и подготовка к промышленному освоению месторождений общераспространенных полезных ископаемых.

В 1985 году Власов В.С. закончил заочно аспирантуру и защитил в Томском государственном университете кандидатскую диссертацию на тему «Особенности формирования золоторудной минерализации комплексного Удерейского золото-сурьмяного месторождения (Енисейский кряж).

С 1991 по 1997 годы Власов В.С. работал в старательской артели «Ангара», которая занималась разработкой россыпных месторождений в Южно-Енисейской тайге, организацией и началом освоения Кокуйского месторождения угля.

С 1997 по2001 годы он является начальником отдела научных исследований и методических разработок в институте «ВостсибНИИгипрозем».

С 2001 года и по настоящее время работает в КНИИГиМСе ведущим научным сотрудником.

Имеет ряд статей, в том числе и центральных журналах.

ВЛАДИМИР ЕФИМОВИЧ БАБУШКИН

Родился в 1938 году в г. Новосибирск. В 1959 году семья переехала в г. Канск Красноярского края. В 1954 г. в связи с семейными обстоятельствами (трагическая смерть отца) прекратил учебу в школе и поступил в Канский горно-геологический техникум. После окончания техникума (1958 г), Иркутского политехнического института (1964 г.) приобрел специальность горного инженера-геолога. Работал в Казачинской экспедиции (п. Бол. Мурта) в 1958-63 гг. , затем в Ангарской геолого-разведочной экспедиции с 1963 по 1999 гг.(п. Мотыгино) в разных должностях, начиная от техника-геолога до начальника поисково-разведочной партии. Работал на геологической съемке различных масштабов. Выполнял поисковые и разведочные работы на бокситы в пределах Ангаро-Питского синклинория Енисейского кряжа, зоны Ангарских складок, с применением бурения в пределах Приенабарья на бокситы и ниобий-фосфатные руды на ультращелочно-карбонатитовом массиве Ессей, участвовал в разведке золоторудных месторождений Бабушкина Гора и Боголюбовское. В 1973-76 , 1970-81 гг. командирован в Гвинейскую Народно-Демократическую республику для оказания технической помощи в качестве старшего геолога, руководителя группы геологов, где занимался поисками и разведкой бокситов, геологической съемкой масштаба 1:200000. В 1987-90 гг. работал в Республике Куба в качестве руководителя геологосъемочного контракта по проектам СЭВ. Выполнял геологическую съемку масштаба 1:50000 на территории Западной Кубы и острова Молодежи. После переезда в г. Красноярск в 1999 г. работал в в экспедициях «Красноярскгеолсъемка», «Сибзолоторазведка», а с 2005 г. - старший научный сотрудник Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья (КНИИГиМС).Стаж практической, производственной работы (я основном полевой) - 50 лет.

Участвовал в написании более десяти геологических отчетов, в том числе двух в Гвинее и одного на Кубе. Опубликовано более десяти статей по марганценосности, бокситоносности, золотоносности Енисейского кряжа. Основное творческое направление - анализ геодинамики, литологии, палеоклиматического развития территории Енисейского кряжа и Сибирской платформы, разработка моделей строения месторождений алюминия, марганца, золота.

ВАЛЕНТИНА АНТОНОВНА КИРИЛЕНКО

Трудовую деятельность В.А. Кириленко начала в 1971 г. в Геологосъемочной экспедиции Красноярского геологического управления после окончания Воронежского государственного университета (геологический факультет, геофизическое отделение, специальность – геофизические методы исследования при поисках месторождений полезных ископаемых).

За 30 лет работы в Геологосъемочной экспедиции занималась интерпретацией региональных геофизических материалов при создании комплектов государственных геологических карт масштабов 1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:50 000 в границах геологических регионов Алтае-Саянской складчатой области. Участвовала в разработке более 10 крупных производственных отчетов.

На основе комплексного анализа геологических данных и результатов интерпретации геофизических материалов ею успешно решались вопросы геокартирования, изучения глубинного строения исследуемых территорий, прогнозирования перспективных площадей на различные виды полезных ископаемых.

С 2001 года В.А. Кириленко работает в КНИИГиМСе в должности заведующего лабораторией геофизических методов исследований. Основное направление деятельности в Институте – интерпретация геофизических материалов при составлении прогнозно-металлогенических карт золотоносных площадей Енисейского кряжа, Восточного и Западного Саяна.

Принимает активное участие в проведении наземных геофизических работ (электроразведка методом ДЭМП, магниторазведка, спектрометрия) при поисках золота на перспективных площадях Алтае-Саянской складчатой области, интерпретации их результатов и прогнозировании оруденения по геолого-геофизическим данным.

СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ ЗЕМЛЯНСКИЙ

В 1998 гг. закончил обучение в Красноярской государственной академии цветных металлов и золота (ГАЦМиЗ) с присвоением квалификации инженера-геолога по специальности «Геологическая съемка и поиски месторождений полезных ископаемых».

С февраля 1996 г. начал работу в отделе региональной геологии и металлогении КНИИГиМСа, занимаясь сбором информации и наполнением компьютеризированного банка данных по россыпным месторождениям золота Красноярского края. В 1997-98 гг. участвовал в составлении Кадастра полезных ископаемых Красноярского края.

В 1998-2008 гг. вместе с коллегами работал по проблеме оценки перспектив золотоносности и моделирования золоторудных объектов Восточного Саяна и Енисейского кряж, включая прогнозную оценку золотоносности Ольховско-Чибижекского и Сисимского рудных районов, выявление участков коренной золотоносности в пределах Колпинской рудной зоны (Восточный Саян), создание цифровой геохимической карты Восточного Саяна масштаба 1:500 000, оценку золотоносности Васильевско-Удерейской рудной зоны Партизанского рудного узла и Зыряно-Рудиковского рудного узла (Енисейский кряж), оценка перспектив выявления месторождений благородных металлов на территории Западного и Восточного Саяна (Красноярский край).

С 1996 по 2008 годы прошел путь от инженера до старшего научного сотрудника, является секретарем секции региональной геологии и металлогении Ученого Совета КНИИГиМС, закончил аспирантуру в ГАЦМиЗ (г. Красноярск).

Со студенческих лет активно участвует в научных конференциях и симпозиумах (гг. Томск, Миасс, Красноярск и др.), автор 10 публикаций в сборниках научных трудов по вопросам золотоносности перспективных объектов и площадей.

Область научных интересов: металлогения и прогнозная оценка благородных и цветных металлов, моделирование разноранговых золотоносных объектов, особенно месторождений.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Сергей Станиславович Сердюк, Юрий Евгеньевич Коморовский, Анатолий Иванович Зверев, Владимир Константинович Ояберь , Владимир Ефимович Бабушкин, Виктор Семенович Власов, Валентина Антоновна Кириленко, Сергей Анатольевич Землянский

МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Под редакцией доктора геолого-минералогических наук С.С. Сердюка

Компьютерная верстка и макетирование: Н.И. Селиванова, Д.В. Гусев

ISBN 978-5-904314-05-7

9 785904 314057

Подписано в печать 09.02.2010 г.
Типография «Город», формат А4 (60х84/8),
бумага офсетная, 65 г/м², тираж 300 экз.

Площадка N: 5

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА
Отечественная геология

«14» июля 2010 г.

№ 53
117545, Москва,
Варшавское шоссе, 129, корп. 1
Тел. (495) 315-28-47
Факс (495) 313-18-18
E-mail: tsnigri@tsnigri.ru

Сибирский Федеральный университет
Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Сердюку С.С.

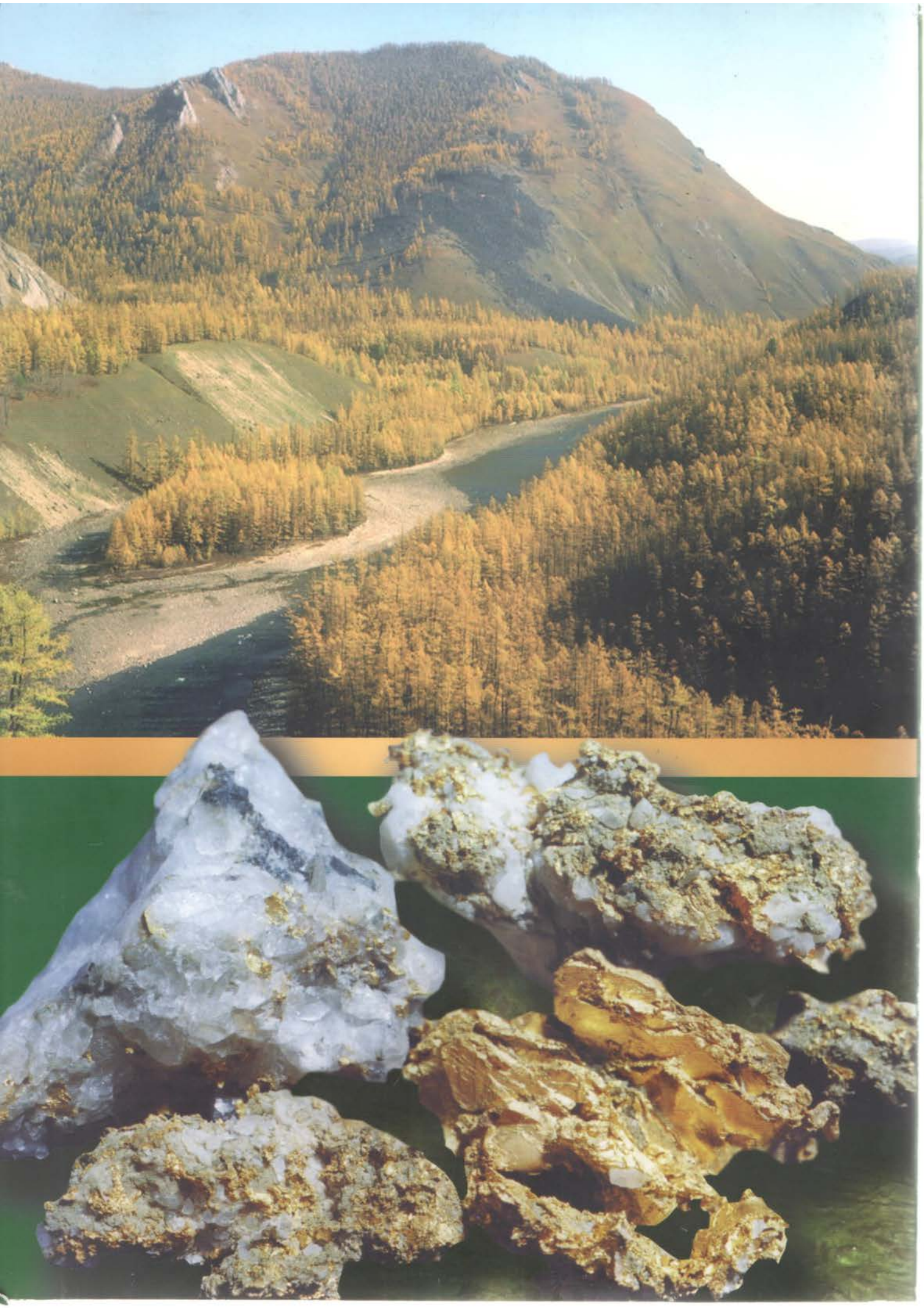
Уважаемый Сергей Станиславович!

Выражаю Вам искреннюю признательность за присланные монографии по Au и Ni.

Поздравляю Вас и авторский коллектив с созданием столь значительных трудов, не имеющих аналогов в нашей современной геологии.

Полагаю целесообразным опубликовать в «Отечественной геологии» рецензии (2-4 стр.) на каждую из работ. Просил бы Вас организовать подготовку и присылку в журнал этих рецензий (авторами не могут быть рецензенты изданий).

С пожеланиями успехов

Главный редактор А.И.Кривцов

22/07/2010 10:02 83912346311 ПРИЕМНАЯ СТР. 01