

ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ КАРЛИНСКОГО ТИПА НА СЕВЕРНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНАХ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Представлены характеристики золотоносности Калычанского рудного поля и рудопроявления «Извилистое» в сравнении с классическими оруденениями карлинского типа Китая и США.

The gold mineralization of Kalychansky ore field of the ore occurrences «Izvilistoe» are characterized in comparison with classic mineralizations of Karlinsky type of China and USA.

Как известно, золота всегда мало, а месторождения карлинского типа отличаются гигантскими запасами, поэтому выявление таких месторождений на территории России представляется весьма актуальной задачей. Эта актуальность становится еще более выразительной, если учесть, что в мире уже выявлено несколько сот подобных месторождений, несколько десятков из них разрабатывается, а в России этот процесс застрял на стадии дискуссии о необходимости их поисков на нашей территории и их месте в различных классификациях.

Поскольку каждое месторождение имеет некоторые специфические черты, само понятие «карлинский тип» с течением времени несколько изменилось. Поэтому в начале статьи необходимо дать если и не строгое определение этого понятия, то хотя бы какие-то его рамочные черты. Судя по последним публикациям [3], эти черты сводятся к следующему:

- все месторождения карлинского типа расположены на деформированных пассивных окраинах древних платформ, иногда осложненных континентальными рифтами;

- вмещающие битуминозные карбонатные породы с подчиненными прослоями терригенных накапливались на дистальном шельфе и в переходной зоне от шельфа к континентальному склону. Возраст пород на месторождениях США изменяется от ордовика до девона, в КНР — от девона до триаса. На месторождениях карлинского тренда в Неваде важную рудоконтролирующую роль играет региональная кора выветривания, локализирующая богатые и легкообогатимые окисленные руды;

- все вмещающие породы метаморфизованы до филлитовой стадии;

- обычно отмечается присутствие магматизма в районах месторождений небольших интрузивных

тел различного состава. Рудоконтролирующая роль интрузий до конца не установлена;

- на месторождениях США возраст оруденения — поздний мел–палеоген, в КНР — палеоген;

- рудные тела могут быть представлены пластами, жилами, штокверками или иметь неправильную форму;

- наиболее распространены окремнение, декальцификация, аргиллизация, пиритизация и доломитизация;

- золото присутствует в виде мельчайших включений микронного и субмикронного размера в различных минералах. Чаще всего оно встречается в пирите, обогащенном мышьяком. Установлена положительная корреляция содержаний золота и мышьяка в пирите;

- кроме золота, в рудах обычно встречаются пирит, реальгар, аурипигмент, барит, циннабарит, стибнит, арсенопирит, различные титанистые минералы, кварц, глинистые минералы, органическое вещество в различных формах, иногда урановая смолка и другие минералы;

- на месторождениях карлинского типа обычно устанавливаются два типа руд: первичные неокисленные и окисленные. Первые характеризуются низкими значениями содержаний золота, составляющими доли грамма на тонну, но значительными запасами, исчисляющимися многими сотнями тонн. Окисленные руды, наоборот, отличаются относительно высокими содержаниями золота — до первых сот граммов на тонну, но запасы таких месторождений составляют первые десятки тонн;

- в Неваде установлена парагенетическая связь оруденения карлинского типа с проявлениями и месторождениями ртути, сурьмы, барита, а также скарнами, связанными с медно-порфировыми рудами, а в КНР, кроме того, с урановыми и стра-

тиформными полиметаллическими проявлениями и месторождениями;

— на месторождениях карлинского типа обычно устанавливаются повышенные содержания Au, Ag, Hg, As, Sb, Ti, Mo, W. Соотношение Au/Ag на месторождениях США изменяется в пределах 3–17, КНР — 1–25;

— считается, что для образования оруденения карлинского типа необходимый диапазон температур составляет 165–290 °С, а давления 52–800 бар. Глубины, на которых происходит рудообразование, изменяются от 300 до 1500 м. Некоторые исследователи подчеркивают связь оруденения этого типа с палеогеотермальными аномалиями и «изотопной» границей платформы, которая устанавливается по соотношениям $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$;

— поскольку золото находится внутри других минералов и в виде микронных частиц, оно не формирует россыпей и не образует шлиховых ореолов. Учитывая широкое развитие надвигов и других ловушек, бронирующих оруденение сверху, вряд ли следует надеяться на позитивные результаты прямых геохимических методов поисков. Таким образом, в арсенале поисковиков остаются только косвенные признаки, такие как тектоническая позиция, литологический состав пород, характерные минеральные и геохимические ассоциации и различные типы ловушек, вмещающих конкретные залежи.

Переходя к российским месторождениям и рудным полям, следует сразу отметить слабый их уровень изученности, который не позволяет провести сравнение этих месторождений с эталонными по всем необходимым параметрам.

Район Калычанского рудного поля

Поле расположено на восточной пассивной окраине Сибирской платформы в пределах Верхояно-Колымской складчатой системы. Ближайший населенный пункт — пос. Депутатский — расположен в 65 км к север-северо-западу.

Первое планомерное геологическое изучение строения района и поиски полезных ископаемых начались в 1940 г. (А. С. Пошехонов и др.). Тогда впервые были установлены знаковые содержания золота, киновари и касситерита в аллювии р. Сакынджа. С 1955 по 1959 г. в разных частях района проводились поисковые работы м-ба 1:100 000, в результате которых были открыты проявления ртути. В 1960 г. в районе работала Калычанская геолого-поисковая партия в м-бе 1:25 000 (Л. А. Мусалитин), которая открыла промышленные россыпи золота в аллювии ручьев Калычан и Пологий и выявила рудопроявления коренного золота и ртути на ряде участков. В 1961–62 гг. на участке «Пологий» проводились поисково-разведочные работы м-ба 1:10 000 (В. А. Горбунов, М. А. Галкин и др.). Были вскрыты и частично прослежены золото-антимонитовые и золото-ртутные тела и подсчитаны прогнозные ресурсы зо-

лота, ртути и сурьмы. В 1963–64 гг. на участке «Арбат» (Г. С. Сонин и др.) были вскрыты рудные тела с промышленными содержаниями золота и сурьмы, а также выявлены новые рудные тела на участке «Пологий». Были пересчитаны прогнозные ресурсы золота, сурьмы и ртути и дана общая положительная оценка перспектив района на золото. Несмотря на это, до начала 90-х годов здесь велась разведка только россыпных объектов. В 1989–1997 гг. ГПП «Ленское» (Р. И. Вишневецкая и др.) вело работы по геолого-минералогическому картированию Уяндино-Селенныхского междуречья в м-бе 1: 200 000. Был проведен пересчет прогнозных ресурсов золота, сурьмы и ртути, впервые было высказано мнение о сходстве ряда золоторудных объектов района с месторождениями карлинского типа. В 1996 г. ГУГПП «Янгеология» были поставлены внестадийные поисково-ревизионные работы на объектах Калычанско-Агданжинской рудной зоны с целью ревизии известных золоторудных объектов и поисков новых объектов оруденения карлинского типа [2]. Авторами с новых позиций рассмотрено геологическое строение района. Установлено, что золотое оруденение размещается в полосе протяженностью 15, шириной 4,5–5 км, выявлены новое золоторудное проявление «Звонарь» и еще 71 пункт минерализации золота и 10 — ртути. Суммарные прогнозные ресурсы золота оцениваются этими авторами в 127,2 т, в т. ч. по категории P_1 — 9332, P_2 — 13821, P_3 — 104046 кг. Высказаны соображения о сходстве оруденения с карлинским типом. Работы были завершены в 1999 г.

Геологическое строение района. Район работ расположен в пределах Селенныхского террейна Черско-Полоусненской складчато-аккреционной системы и частично захватывает Полоусненский синклиний (рис. 1). На территории распространены терригенно-карбонатные отложения от среднего ордовика до нижнего карбона, которые собраны в серию тектонических пластин и находятся в аллохтонном залегании, а также терригенные флишoids мезозойского возраста, слагающие автохтон (рис. 2).

Отложения ордовикской системы представлены средним и верхним отделами. Их разрез сложен преимущественно известняками с переменным количеством терригенной примеси в различных горизонтах. По текстурно-структурным особенностям среднеордовикские отложения расчленены на пять толщ. Общая мощность ордовика составляет около 2,25 км.

Силурийские отложения представлены всеми ярусами обоих отделов, кроме пржидольского. Разрезы нижнего отдела резко различаются в разных тектонических пластинах. Девонские отложения представлены всеми тремя отделами. Нижний и средний отделы сложены преимущественно известняками с прослоями аргиллитов, в разрезе верхнего отдела (франский ярус) участвуют также доломиты и конгломераты.

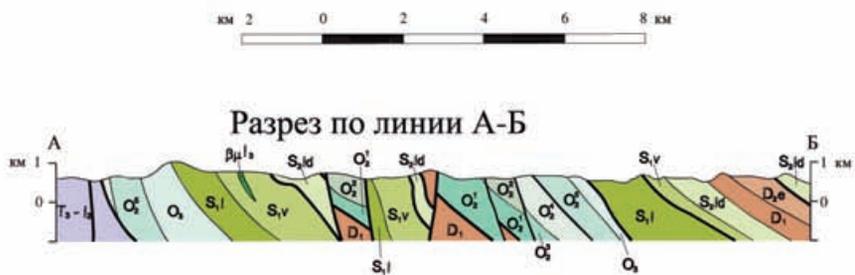
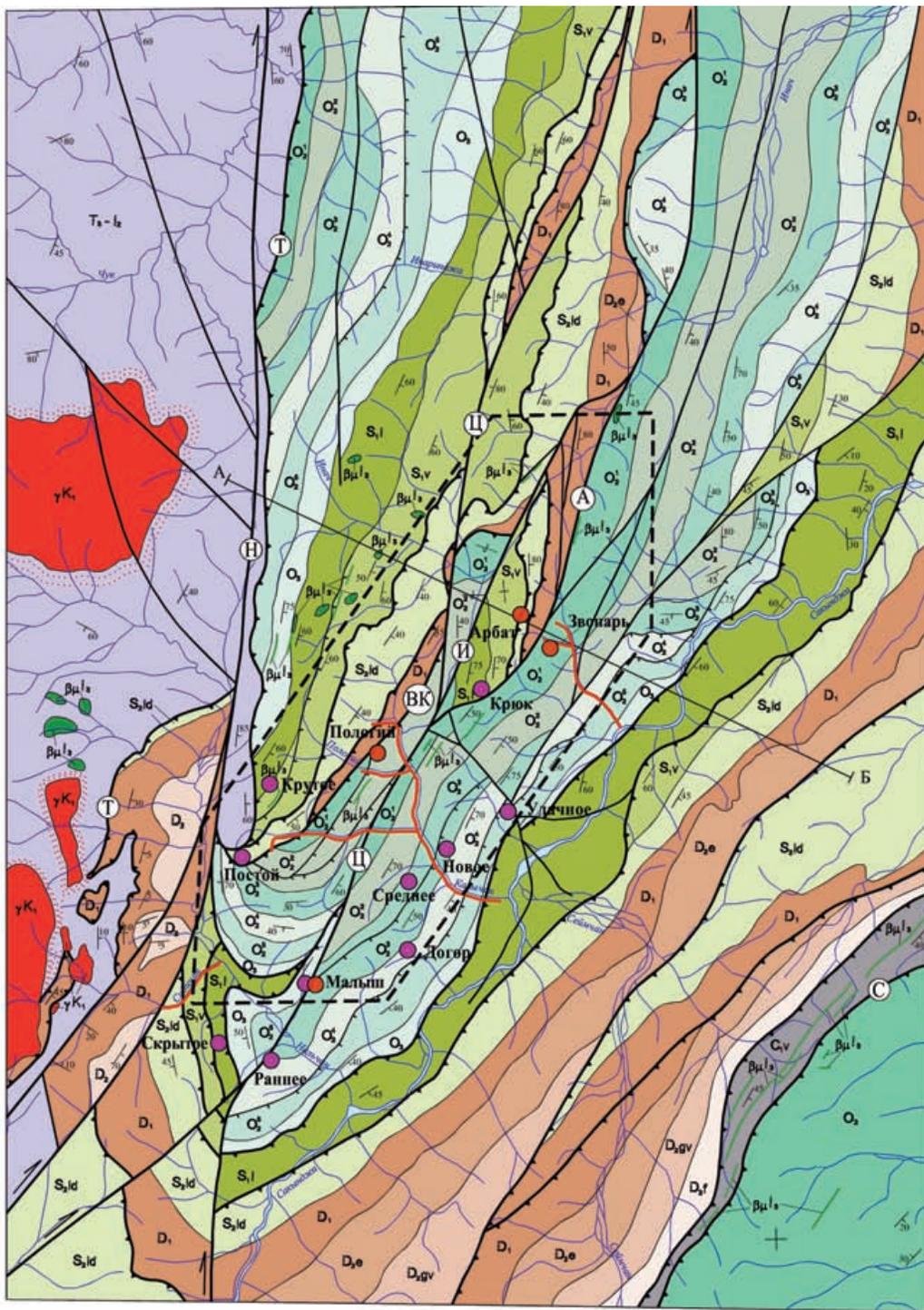


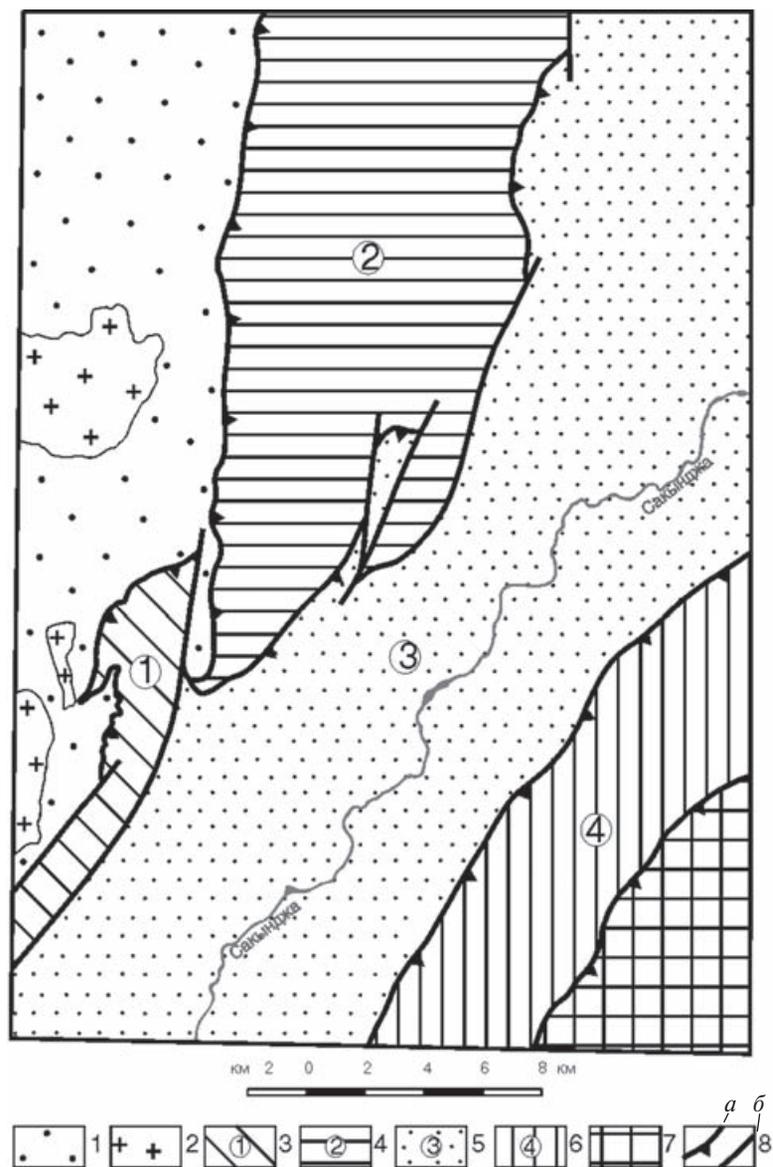
Рис. 1. Геологическая карта дочетвертичных образований бассейна р. Сакинджа.

Условные обозначения к геологической карте бассейна р.Сакинджа

Девонская система	Средний отдел		Верхнетриасовые-среднеюрские отложения (нерасчлененные). Песчаники, алевролиты, аргиллиты	
			Каменноугольная система. Нижний отдел. Визейский ярус. Сланцы глинистые, известково-глинистые, песчано-глинистые и песчаники	
			Верхний отдел. Франский ярус. Известняки, доломиты, аргиллиты, конгломераты	
			Нерасчлененные отложения. Известняки массивные рифогенные и биогермные с линзами органогенно-обломочных пород	
			Живетский ярус. Известняки, доломиты, алевролиты	
	Нижний отдел		Эйфельский ярус. Известняки, доломиты, аргиллиты, алевролиты, известково-глинистые сланцы	
			Нижний отдел. Нерасчлененные отложения. Известняки битуминозные рифогенные и биогермные, чередующиеся с известковистыми алевролитами и аргиллитами, калькаренитами органокластическими	
		Силурийская система		Верхний отдел. Лудловский ярус. Известняки слабо битуминозные рифогенные и биогермные, калькарениты, углистые кальциолиты. Горизонты и линзы органогенно-обломочных известняков
				Венлокский ярус. Известняки пелитоморфные, кальцирудиты, калькарениты, кальциолиты, известковистые алевролиты и аргиллиты. Конгломераты и конглобрекчи, олистолиты пелитоморфных известняков
				Лландоверийский ярус. Известняки рифогенные, известняки грубослоистые пелитоморфные кремнистые
Ордовикская система	Средний отдел		Верхний отдел. Нерасчлененные отложения. Известняки слоистые пелитоморфные с прослоями калькаренитов и глинистых кальциолитов	
			Нерасчлененные отложения. Известняки глинистые и известково-глинистые сланцы	
			Пятая толща. Известняки массивные и грубослоистые пелитоморфные с прослоями калькаренитов и глинистых кальциолитов	
			Четвертая толща. Известняки черные пелитоморфные с горизонтами органогенно-обломочных известняков и калькаренитов	
			Третья толща. Известняки пелитоморфные, переслаивающиеся с калькаренитами и кальциолитами, горизонты брахиоподовых известняков	
			Вторая толща. Флишoidное переслаивание калькаренитов и глинистых кальциолитов. Линзы пелитоморфных и органогенных известняков	
			Первая толща. Флишoidное переслаивание калькаренитов с глинистыми кальциолитами, известковистыми аргиллитами. Хлорит-серцитовые сланцы, прослои пелитоморфных известняков	
	Нижний отдел		Раннемеловые интрузии. Биотитовые граниты	
			Позднеюрские интрузии. Силлы, штоки и дайки диабазов, габбро-диабазов	
			Геологические границы	
Разрывные нарушения		Взбросо-надвиги, надвиги, тектонические покровы: Т - Тирехтяхский, С - Сеймчанский, ВК - Верхне-Калычанский		
		Главные взбросо-сдвиги и сдвиги: А - Арбатский, И - Иначеский, Н - Нальчанский, Ц - Центральный (Средне-Калычанский)		
		Внутриформационные срывы		
		Прочие разломы		
		Контактовые роговики		
Рудопроявления		Залегание пород: 1 - горизонтальное; 2 - наклонное; 3 - опрокинутое; 4 - вертикальное		
		Ртутные золотосодержащие		
		Золоторудные		
		Россыпи золота		
		Контур Калычанского рудного поля		

Рис. 2. Схема тектонического районирования

1–2 — Полоусненский синклиниорий (1 — триас-среднеюрские терригенные флишоиды), 2 — раннемеловые коллизионные гранитоиды; 3–7 — Селенняхский террейн: 3–6 — Сакинджинская зона аллохтонных пластин, 3 — терригенно-карбонатные породы первой пластины (S_2Id-D_2), 4 — терригенно-карбонатные отложения второй пластины (O_2-D_2e), 5 — терригенно-карбонатные отложения третьей пластины (O_2-D_2gv), 6 — терригенно-карбонатные отложения четвертой пластины (S_2Id-C_1v); 7 — Сеймчанская зона: терригенно-карбонатные породы (O_2); 8 — взбросы, взбросо-надвиги, надвиги (а), сдвига (б)



Каменноугольная система представлена только визейским ярусом нижнего отдела, разрез которого сложен сланцами различного состава, песчаниками и известняками.

Мезозойские (T_3-J_2) отложения, слагающие автохтон, представлены типичным терригенным флишем видимой мощностью более 600 м.

Магматизм. На изученной территории распространены интрузии позднеюрского и раннемелового возраста.

Позднеюрские интрузии представлены малыми телами (силлами, штоками и дайками), сложенными диабазами и габбро-диабазами (vmJ_3). Протяженность даек от первых десятков до нескольких сот метров. Мощность 0,1–10 м. Простираение их преимущественно северо-восточное, падение в большинстве случаев согласное с падением вмещающих пород, реже секущее. Силлы и штоки достигают размеров 400×1000 , чаще $100 \times 300-400$ м.

Габброиды нередко сульфидизированы (пирит, арсенопирит).

Раннемеловые интрузии представлены штоками биотитовых гранитов ($гK_1$). Они приурочены к западной части района и залегают только среди терригенных пород мезозойского возраста. Размеры штоков от $0,2 \times 0,7$ до 4×6 км. Контакты наклонены в сторону вмещающих пород. Тела гранитов сопровождаются зонами ороговикования осадочных пород шириной до 500 м.

Тектоника. Как уже сказано, северо-западная часть Селенняхского хребта принадлежит к Селенняхскому террейну раннемеловой Черско-Полоусненской складчато-аккреционной системы. По внешней (западной и северо-западной) периферии палеозойские отложения надвинуты на мезозойские терригенные флишоиды Полоусненского синклиниория Верхояно-Колымской складчатой системы. Фрагмент этого регионального шва на

территории изученного района представлен Тирехтяхским надвигом, который является здесь главной структурной границей (рис. 1, 2).

Мезозойские флишоиды смяты в сложные линейные и запрокинутые складки. Палеозойские отложения Селенняхского аллохтона имеют сложное покровно-надвиговое строение. В составе района выделяются две структурно-фациальные зоны — Сакинджинская и Сеймчанская.

Сакинджинская зона является внешней (западной); ее комплексы непосредственно перекрывают породы автохтона по зоне Тирехтяхского надвига. Она представляет собой систему из четырех тектонических чешуй, надвинутых друг на друга с юго-востока на запад-северо-запад. По типу разреза чешуи однотипны (все сформировались в условиях тропического шельфа), но отличаются друг от друга стратиграфическим объемом: первая охватывает интервал D_2e-C_1v , вторая — O_2-D_2e , третья — O_2-D_2gv , четвертая — S_2ld-C_1v . Рудопроявления Калычанского рудного узла тяготеют к тектоническому контакту (надвику) между породами третьей и второй чешуй.

Сеймчанская зона по типу разрезов отличается от Сакинджинской. В ее строении участвуют преимущественно среднеордовикские карбонатно-обломочные и терригенно-глинистые флишоиды, сформировавшиеся на континентальном склоне. Структурной границей между ними является Сеймчанский надвиг.

Общая структура района представляет собой простую покровно-надвиговую моноклираль с падением пород на юго-восток. Все пликвативные дислокации делятся на два комплекса: 1 — мелкие лежащие складки, связанные с послойными внутриформационными срывами, и 2 — крупные присдвиговые складки с крутыми и вертикальными осями, связанные с правосторонними сдвигами и взбросо-сдвигами. Первые имеют размах крыльев до 50 см, вторые 1–4 км. Падение пород на крыльях присдвиговых складок от 40° (нормальное залегание) до вертикального и опрокинутого (угол 75°). Вне сдвиговых деформаций угол падения палеозойских пород варьирует от $0-5$ до 75° .

Разрывные нарушения представлены взбросо-надвигами и надвигами различной амплитуды перемещений, в т. ч. внутриформационными срывами, и более молодыми крутопадающими разломами разного ранга — от протяженными взбросо-сдвигами и сдвигами до мелких разрывов.

Наиболее важными надвиговыми структурами района являются Тирехтяхский и Сеймчанский, между которыми развита серия надвигов с меньшей амплитудой, ограничивающих отдельные тектонические пластины и их пакеты. Все пологие разломы имеют субмеридиональную и северо-восточную ориентировку, и лишь на юге района они меняют направление на северо-западное, подчиняясь более молодым правосторонним сдвиговым деформациям.

Крутопадающие взбросо-сдвиги и сдвиги переработали покровно-чешуйчатую структуру района,

разбив его на блоки север-северо-восточного простирания. Наиболее мощные и амплитудные (с запада на восток) — Нальчанский, Центральный (Средне-Калычанский), Иначский и Арбатский. Все разломы этого и близкого направлений имеют правостороннюю сдвиговую составляющую с амплитудой 0,5–8 км (возможно, больше).

Разрывные нарушения сопровождаются зонами дробления, катаклаза и милонитизации, а также низкотемпературными гидротермальными изменениями окружающих пород.

Полезные ископаемые. Калычанское рудное поле входит в состав Калычано-Агданжинской рудной зоны Уяндино-Селенняхского золотоносного района Черско-Полоусненского минерагенического пояса, для которой характерна золоторудная и ртутная металлогеническая специализация. В пределах района известны 13 рудопроявлений и 83 пункта минерализации. Большинство проявлений — ртутные золотосодержащие. Проявления «Арбат», «Пологий», «Звонарь» — золоторудные, «Малыш» — комплексное. Из 83 пунктов минерализации — 71 золоторудные, 10 ртутные и 2 свинцовые.

Минерализация в золоторудных пунктах часто носит комплексный характер: во многих установлены в небольших количествах антимонит, киноварь, галенит и другие рудные минералы.

В размещении золоторудных объектов в районе отмечается довольно отчетливая их связь со взбросо-надвиговыми и надвиговыми структурами, осложненными более молодыми сдвигами и взбросо-сдвигами.

Контролирующую роль играют литологический состав вмещающих пород и характер метасоматических изменений. В нижней тектонической пластине золотое оруденение контролируется осветленными, мраморизованными и окварцованными тонкообломочными известняками лудловского яруса. При этом золотоносные образования локализованы как в самой толще лудловских известняков, так и вблизи их тектонических контактов в битуминозных известняках венлокского яруса и нижнего девона. В верхней тектонической пластине золотое оруденение связано с зонами интенсивных присдвиговых дислокаций в глинистых обломочных известняках низов среднего ордовика, сопровождавшихся окварцеванием, кварцевыми прожилками и сульфидизацией.

Ртутные проявления также размещаются и в нижней, и в верхней тектонических пластинах, локализованы преимущественно в третьей и четвертой пачках среднего ордовика и контролируются взбросо-сдвигами северо-восточного простирания. Все ртутные проявления содержат золото. В ртутных проявлениях содержание ртути (бороздовое опробование) в рудных телах составляет от сотых долей до 11,8%. Содержание золота от десятых долей до нескольких г/т, в единичных пробах до 20 г/т. В золоторудных проявлениях содержание золота составляет от 0,1–158,9 г/т (бороздовое опробование) до 969,9 г/т (штуфы).

Россыпи золота в районе связаны с известными коренными рудопроявлениями. Всего в районе известно 8 россыпей Au с промышленными содержаниями металла. Практически все они к настоящему времени отработаны. На двух отработанных россыпях возможен прирост ресурсов. Кроме того, по данным шлихового опробования и буровых работ, вероятно открытие еще трех россыпей. Прогнозные ресурсы золота в пяти россыпях оцениваются в 1900 кг (категории P_1-P_3).

Характеристика рудного поля. Калычанское рудное поле расположено в центральной части Калычано-Агданжинской рудной зоны и тянется по левому борту долины р. Сакинджи. С северо-запада на юго-восток его пересекают ее левые притоки — ручьи Нальчан, Пологий, Калычан, Звонарь. Рудное поле вытянуто в северо-восточном направлении согласно с простиранием рудоконтролирующих и рудовмещающих структур. Его длина около 16, ширина 7 км. Оно приурочено к северо-западной части Сакинджинской структурно-фациальной зоны (рис. 2)

В строении рудного поля выделяются две тектонические пластины, разделенные Верхне-Калычанским надвигом и осложняющими его сдвигами — Центральным (Средне-Калычанским), Иначским и Арбатским. Простирание всех структур северо-западное — субмеридиональное. Обе пластины сложены палеозойскими образованиями, собранными в простые моноклинали с падением пород к юго-востоку и восток-юго-востоку под углом 30–70°, осложненные мелкими приразломными складками и многочисленными внутриформационными срывами по карбонатно-глинистым прослоям. На юге рудного поля наблюдается периклиналиное замыкание моноклинали верхней пластины.

Верхне-Калычанский взбросо-надвиг представляет собой зону дробления карбонатных и терригенно-карбонатных пород, сцементированных бурой тектонической глиной. Мощность ее 50 м, падение сместителя на юго-восток под углом 60–75°, простирание северо-восточное. Он сопровождается серией мелких нарушений (мощность 1–10 м), сопряженных с ним под острым углом и вмещающих золотое оруденение.

Арбатский и Иначский взбросо-сдвиги (правосторонние) являются по существу ветвями Центрального (Средне-Калычанского) разлома, амплитуда горизонтальных смещений по которым не менее 10 км. Арбатский разлом северо-восточного простирания сопровождается серией оперяющих разломов субмеридионального направления, которые контролируют здесь золотое оруденение. Они имеют крутое падение к востоку и выражены зонами катаклаза мощностью до 20 м.

На рудном поле также широко развиты мелкие надвиги, внутриформационные срывы и крутопадающие разломы северо-восточного — субмеридионального простирания. Разрывные деформации одного направления, но разного возраста и разной кинематики привели в целом к образова-

нию мощных зон рассланцевания и дробления, охватывающих иногда целые стратиграфические горизонты и толщи. В частности, таковой является карбонатная толща лудловского яруса верхнего силура. На всем ее протяжении (около 30 км) картируется повсеместное брекчирование, сопровождаемое на отдельных участках катаклазом и милонитизацией пород. Они утрачивают признаки первичной слоистости и приобретают брекчиевидные и брекчиевые текстуры с высокой пористостью и проницаемостью. Не случайно, что именно с этой толщей связано подавляющее большинство проявлений и пунктов минерализации золота.

Метасоматические изменения вмещающих пород. Гидротермально-метасоматические изменения, сопровождающие золотое, ртутно-золотое и ртутное золотосодержащие оруденения на Калычанском рудном поле, распространены в полосе длиной более 16 и шириной 5–6 км. Они приурочены к рудоконтролирующим тектоническим и стратиграфическим элементам рудного поля и включают в себя следующие процессы: декарбонатизацию, доломитизацию, окварцевание, аргиллизацию, сульфидизацию и кальцитизацию. Первые два характеризуют дорудную стадию, следующие три — рудную, а последний — пострудную стадии метасоматоза.

В результате декарбонатизации кальцит перераспределялся в подстилающие и перекрывающие толщи глинистых известняков, где формировались кальцитовые прожилки, происходило увеличение пористости и проницаемости пород.

Доломитизация происходила, вероятно, в процессе гидротермальной проработки толщ известняков вдоль рудоконтролирующих разломов в раннемеловое время. Ширина ореолов доломитизированных известняков достигает 500 м и более. Полоса доломитизированных пород тянется в северо-восточном направлении в центральной части рудного поля от проявления «Постояй» до участка «Арбат». На некоторых участках доломиты содержат мелкие частицы самородного золота.

Окварцевание — наиболее важный синрудный метасоматический процесс. Выявлена прямая зависимость концентраций золота от количества кремнезема. Достаточно условно можно выделить два типа метасоматического окварцевания — перекристаллизацию кластического кварца и развитие кварцевых новообразований.

Кластический кварц составляет от 0,1–1 до 10–15% пород. При перекристаллизации образуются идиоморфные зерна бипирамидального облика, соразмерные основному матриксу карбонатной породы, которые часто ассоциируются с метасоматическим доломитом.

Новообразованный кварц формируется в порах, образовавшихся в результате предшествовавшей декарбонатизации. Он слагает многочисленные разноориентированные просечки и микропрожилки или развивается по основной массе пород в виде характерных рисовидных зерен. Наиболее интенсивно окварцевание проявлено вблизи кварц-ан-

тимонитовых жил и зон дробления. Здесь отмечаются линзы джаспероидов мощностью до 0,5 м, на 20–70% состоящих из новообразованного кварца. В таких участках полностью утрачивается первично-осадочная структура породы.

С новообразованным кварцем ассоциируют выделения самородного золота микронных размеров, локализующиеся по границам зерен кварца.

Сульфидизация развита достаточно широко и характеризует преимущественно рудную стадию метасоматоза. Наиболее распространенной формой сульфидного метасоматоза является пиритизация, образующая обширные ореолы. В меньшей степени развиты арсенопирит, аурипигмент, киноварь и антимонит.

Пирит встречается в двух разновидностях — седиментогенной и метасоматической. Седиментогенный пирит образует в доломитизированных известняках рассеянную вкрапленность округлых зерен размерами 0,001–0,005 мм в количестве 1–2%. Выделения пирита наблюдаются в кристаллах доломита или в зернах органогенно-обломочных известняков.

Метасоматический гидротермальный пирит образует рассеянную вкрапленность кристаллов размером 0,01–0,05 мм, реже больше. Его содержания достигают 3–5%. Он приурочен обычно к рудоносным зонам прожилкования и тяготеет к резорбированным зернам метасоматического кварца. Гидротермальный пирит, в отличие от седиментогенного, более подвержен окислению. Содержания золота в этом пирите варьируют от 0,02 до 5,09 г/т.

Арсенопирит развит локально и образует узкие зоны вдоль зальбандов кварц-антимонитовых жил. Его кристаллы удлиненно-призматической формы размером менее 0,1 мм.

Аурипигмент формирует самостоятельные ореолы в измененных глинисто-карбонатных турбидитах и доломитизированных известняках на участках «Пологий» и «Арбат», где он встречается в виде одиночных призматических кристаллов либо в виде сростков и розеток размером до 0,5 см.

Киноварь образует обширные ореолы, уступающие по масштабам только зонам пиритизации. Рассеянная пылевидная вкрапленность киновари фиксирует наиболее рудоносные участки Арбатского и Пологинского золоторудных проявлений «Арбат» и «Пологий». Киноварь, наряду с золотом, пиритом и баритом, является основным россыпеобразующим минералом.

Антимонит встречается в виде игольчатых и пластинчатых кристаллов в джаспероидных метасоматитах вблизи кварц-антимонитовых жил. Он замещает агрегаты метасоматического карбоната в гидротермально измененных породах.

Аргиллизация рудовмещающих пород в пределах Калычанского рудного поля проявлена фрагментарно и обычно сопровождается окварцеванием. Она наиболее распространена в полосе ртутных проявлений с жильно-прожилковым типом оруденения, которые приурочены к терригенно-

карбонатным отложениям среднего ордовика. В золоторудных джаспероидах и окварцованных карбонатных породах аргиллизация выражается в виде тонкочешуйчатых агрегатов диккита, приуроченных к интерстициям между зернами доломита и кварца. Для аргиллизированных пород характерна ассоциация диккита, карбонатов и киновари. Максимальное количество диккита в метасоматитах достигает 5–10%.

Кальцитизация относится к завершающим (пострудным) метасоматическим процессам. Эти изменения представлены зонами кальцитового прожилкования и брекчирования, занимающими различные участки рудоносных структур. Широкие полосы брекчирования с наложенной кальцитизацией выявлены в центральной части участка «Арбат». Здесь в мелко- и среднекристаллические агрегаты полупрозрачного кальцита погружены обломки доломитизированных известняков. Кальцитизация характеризует собой поздние стадии кислотного выщелачивания и развитие гипергенных процессов.

Типы рудных тел и минеральный состав руд. Площадь Калычанского рудного поля изучена неравномерно. Основные поисковые работы были сосредоточены на его северном (участок «Арбат») и южном (участок «Пологий») флангах (рис. 3). По результатам предшествующих работ в пределах рудного поля можно выделить два морфологических типа золоторудных тел: минерализованные зоны дробления и залежи тонковкрапленных руд в метасоматически измененных карбонатных породах.

Минерализованные зоны дробления приурочены к крутопадающим (55–85°) послойным, реже секущим зонам дробления субмеридионального и северо-восточного простирания, развитым как по главным, так и по опережающим разрывным нарушениям. Они сложены неравномерно брекчированными известняками, сцементированными кварц-карбонатным материалом или тектонической глиной. Границы рудных тел нечеткие, устанавливаются по данным опробования, реже совпадают с контактами зон. Мощность их изменяется в разных пересечениях от 0,3 до 22,73 м, средние мощности рудных тел колеблются в пределах 0,8–8,77 м. По простиранию рудные тела прослеживаются на расстояние от 50 до 800 м, оруденение прерывистое. Текстуры руд брекчиевые, брекчиевидные, прожилковые, прожилково-вкрапленные, гнездово-вкрапленные, вкрапленные. Минеральный состав их изменчив — на северном фланге (участок «Арбат») преобладает золото-арсенопирит-кварц-карбонатная ассоциация, на южном (участок «Пологий») — золото-антимонит-кварц-карбонатная. В целом по рудному полю вещественный состав руд довольно простой. Жильные минералы представлены кальцитом и кварцем, в подчиненном количестве встречаются доломит, реже флюорит, барит и анкерит. Рудные минералы составляют от 3–5 до 50% (в прожилковых разностях) объема руд и

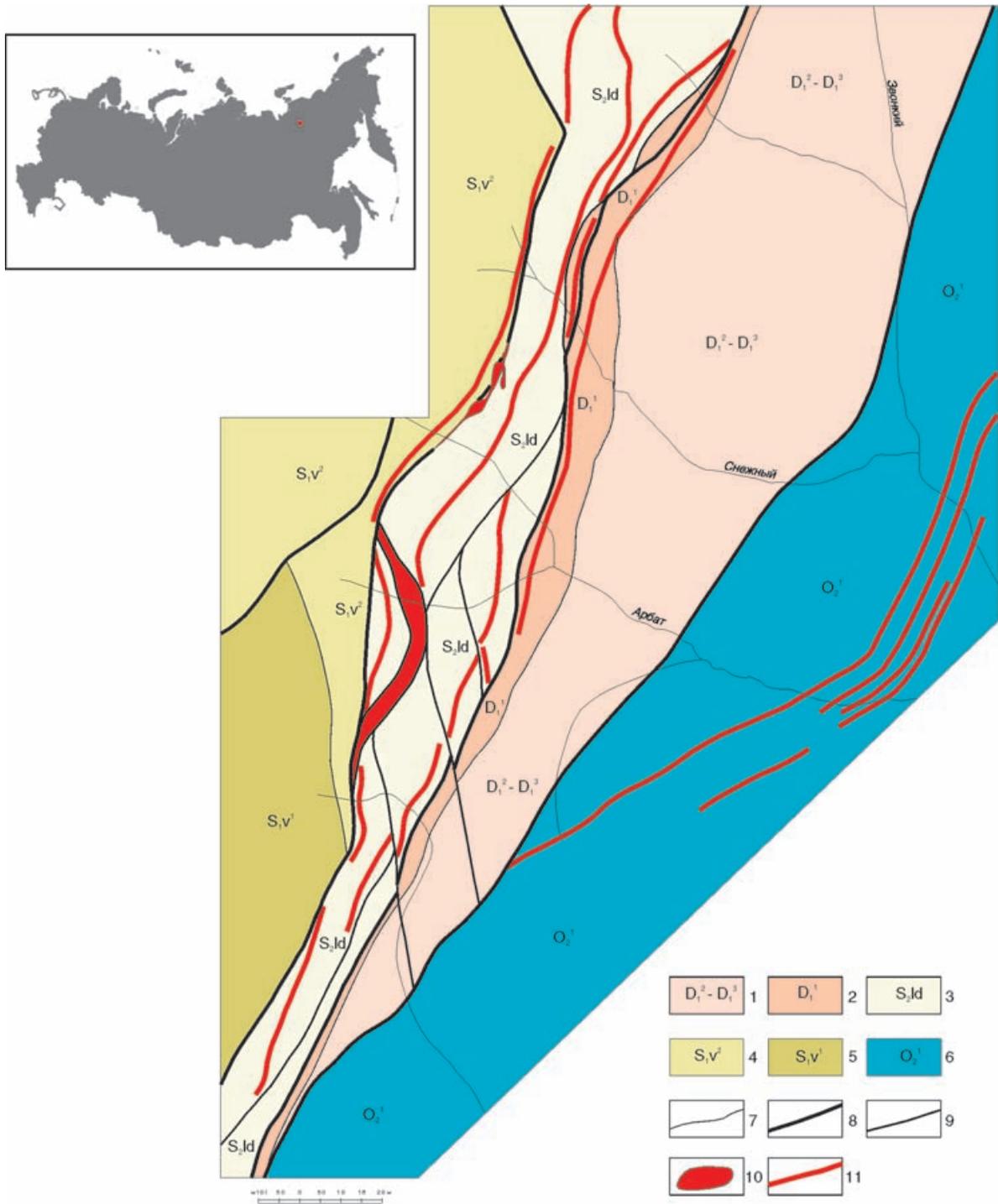


Рис. 3. Схематическая геологическая карта участка «Арбат»

Девонская система. Нижний отдел. 1 — вторая и третья толщи. Известняки серые, темно-серые и черные, местами доломитизированные и окварцованные, массивные и толстоплитчатые с прослоями калькаренитов; 2 — первая толща. Аргиллиты малиновые, известняки глинистые пестроцветные тонкослоистые и тонкоплитчатые битуминозные, доломитизированные, окварцованные. *Силурийская система.* 3 — Верхний отдел. Лудловский ярус. Калькарениты, известняки битуминозные рифогенные и биогермные светло-серые, массивные, слоистые доломитизированные, окварцованные, мраморизованные. Нижний отдел. Венлокский ярус; 4 — вторая толща. Известняки серые, слоистые, тонкоплитчатые глинистые и углистые; 5 — первая толща. Кальцилотиты, калькарениты с олистолитами известняков битуминозных доломитизированных черных, массивных и толстоплитчатых. *Ордовикская система.* Средний отдел — 6. Калькарениты, аргиллиты, известняки, сланцы известково-глинистые и хлорит-серицитовые, окварцованные, сульфидизированные; 7 — геологические границы; 8–9 — разрывные нарушения; 10–11 — рудные тела

представлены антимонитом, пиритом, арсенопиритом. В подчиненных количествах встречаются реальгар, аурипигмент, киноварь, марказит, ильменит, магнетит, редко галенит, сфалерит, халькопирит, сульфосоли, золото самородное. Из гипергенных минералов наиболее широко развиты лимонит и кермесит.

Кальцит составляет основную массу жильных минералов. Он слагает средне- и крупнозернистые агрегаты в кварц-карбонатных жилах и прожилках. Мощность жил достигает 1 м, прожилков — от 1–2 мм до 5 см. Реже встречается скрытокристаллический кальцит, образующий более поздние нитевидные прожилки.

Кварц в виде мелкозернистых агрегатов встречается совместно с кальцитом, иногда выполняет самостоятельные жилы и прожилки. Зерна кварца идиоморфные, цвет молочно-белый. Отмечается также светло-серый халцедоновидный кварц, слагающий нитевидные прожилки и гнезда.

Антимонит образует вкрапленность в кварцево-карбонатных жилах и прожилках и мономинеральные гнезда и прожилки, сложенные среднекрупнокристаллическими агрегатами. Распространен преимущественно на южном фланге рудного поля (участок «Пологий»). Отдельные антимонит-кварцевые жилы выявлены в восточной части участка «Арбат» (проявление «Звонарь»).

Пирит встречается в виде хорошо ограненных кристаллов и неправильных изометричных зерен в кварце, реже в антимоните, где иногда образует тонкие прожилки.

Арсенопирит, реальгар, аурипигмент, киноварь, марказит, халькопирит устанавливаются в зонах дробления в виде редкой рассеянной вкрапленности. Киноварь, кроме того, наблюдается в кальцитовых прожилках.

Золото самородное отмечается в виде двух генераций. Золото первой генерации мелкое, пылевидное, форма золотинок пластинчатая и комковатая, размеры — от тысячных долей до первых десятых мм, цвет от лимонно-желтого до ярко-желтого. Ассоциирует преимущественно с антимонитом, образуя налеты и чешуйки. Золото второй генерации более крупное, форма его преимущественно пластинчатая, реже дендритовидная, комковатая. Размеры золотинок 0,2–1,0 мм, редко встречаются пластинки длиной до 2–4 мм. Цвет золота меняется от желтого до оранжевого, пробность высокая, до 977–979. Ассоциирует золото с кварцем и различными сульфидами.

Содержания золота в рудах обычно колеблются от 0,4 до 30–40, редко достигают 93 г/т; в одной штучной пробе содержание Au — 969,9 г/т. Максимальные содержания золота приурочены, как правило, к участкам развития антимонитовой минерализации. Средние содержания по рудным телам составляют 1,1–13,6 г/т. Часть золота, повидимому, связана в сульфидах. Например, в трех монофракциях арсенопирита из кварц-антимонитового прожилка содержания золота составляют 717, 724 и 821,5 г/т.

Из попутных компонентов наибольшее значение имеет сурьма, содержания которой в рудах меняются от 0,002–0,1% на северном фланге рудного поля до 12,66–42,44% на южном. Содержания мышьяка достигают 0,4%, в единичных пробах до 1,14–1,34%. Ртуть присутствует повсеместно до 0,001–0,002%.

Залежи тонковкрапленных руд. Рудные тела этого типа, по сравнению с первым типом, изучены гораздо слабее и выделены по единичным пересечениям. Они тяготеют к тектоническим контактам, которые подверглись интенсивным площадным метасоматическим изменениям — доломитизации, окварцеванию, сульфидизации. Как правило, эти тела включают в себя и рудные тела первого типа.

На северном фланге участка «Арбат» в белых окварцованных доломитах обнаружена рассеянная вкрапленность золота (0,1–0,2 мм), представленная выделениями неправильной формы и пластинками ярко-желтого цвета. Оно приурочено к интерстициям между зернами доломита. При микроскопических исследованиях в кристаллах доломита установлены мелкие пластинки (0,005–0,01 мм) самородного золота ярко-белого цвета с желтоватым оттенком (ртутистая разновидность). В породах присутствуют метасоматический пирит и битумы.

Границы залежей (рудных тел) визуально не определяются и устанавливаются исключительно по данным опробования.

В пределах рудного поля выявлены три рудные залежи подобного типа, оконтуренные по бортовому содержанию золота 0,4 г/т — два на участке «Арбат» и одно на участке «Пологий». Мощность залежей в разных сечениях колеблется от 11 до 94, средние мощности составляют 11, 21 и 89, протяженность залежей по результатам экстраполяции от 1000 до 2900 м.

Текстуры руд вкрапленные, слоистые, реже прожилковые и брекчиевидные. Минеральный состав аналогичен составу руд первого типа, содержание рудных минералов составляет 1–5, редко до 10–15%. Среди жильных минералов преобладают кальцит и кварц; последний встречается в двух генерациях — метасоматический рисовидный и тонкозернистый скрытокристаллический, слагающий нитевидные прожилки. В подчиненном количестве присутствуют метасоматический доломит, развивающийся по кальциту, барит и флюорит. Рудные минералы образуют мелкую и тонкую рассеянную вкрапленность. Взаимоотношения между ними не установлены. Широко распространены пирит, арсенопирит, киноварь, реальгар, аурипигмент. В меньшем количестве встречаются антимонит, галенит, сфалерит, халькопирит.

Золото мелкое и тонкое (до тонкодисперсного). Форма золотинок преимущественно пластинчатая, реже комковатая, размеры их — тысячные и сотые доли мм, редко 0,1–0,5 мм. Содержания золота в залежах довольно устойчивые, колеблются от 0,1 до 0,8 г/т; на этом фоне выделяются ин-

тервалы с содержаниями 1–5, редко до 10–11 г/т. Средневзвешенное содержание Au по отдельным сечениям составляет 0,53–2,53, среднее по всем залежам — 1,19 г/т.

Рудопроявление «Извилистое»

Расположено в верховьях р. Тарей в горах Быр-ранга на Таймыре. Как золоторудное оно было выявлено Таймырской партией в 1974–75 гг. при проведении аэрофотогеологического картирования. До этого оно существовало как ртутно-сурьмяно-мышьяковое месторождение. С тех пор никаких работ там не проводилось. На сходство этого оруденения с карлинским типом указано еще в 1997 г. [1].

Геологическое строение района. Район расположен на северной пассивной окраине Сибирской платформы. В его строении участвуют сложнислоцированные нижнепалеозойские, преимущественно карбонатные отложения. Они смяты в складки разных порядков северо-восточного простирания и разбиты надвигами на серию тектонических пластин (рис. 4). В пределах каждой пластины также отмечаются многочисленные разрывные нарушения различной кинематики. Из интрузивных образований в районе развиты дайки лампрофиров, сиенит-порфиров и кварцевых порфиров. Радиологический возраст этих интрузий пока не установлен, но известно, что подобные породы в соседних районах прорывают базальты нижнего триаса, а их галька встречается в конгломератах верхнего мела (Верниковский, 1996, с. 20).

Структурно-литологическая характеристика рудного поля. Участок оруденения приурочен к сводовой части крупной антиклинали северо-восточного простирания, ядро которой сложено монотонной толщей доломитизированных известняков климовской свиты нижнего ордовика, а крылья — глинистыми доломитами и доломитизированными известняками энгельгардовской свиты среднего ордовика. Юго-восточное крыло ее осложнено сбросо-сдвигом северо-восточной ориентировки и значительно опущено. Кроме того, антиклиналь осложнена складками более высоких порядков и разрывами диагонального простирания (рис. 5). Непосредственно на территории рудопроявления коренные породы не обнажены. Скважинами вскрыт разрез общей мощностью 270 м. Возраст пород, установленный путем корреляции разреза в скважинах с разрезами в басс. р. Птенцового, расположенного к востоку от участка, определяется как позднекембрийский–среднеордовикский. По литологическим особенностям в разрезе выделяется пять толщ, из которых четыре нижние существенно карбонатные, а верхняя представлена доломитистыми алевро-аргиллитами. Во всех толщах отмечается углеродистое вещество, которое образует скопления, ориентированные согласно слоистости, и тонкорассеянный пирит. Содержание углеродистого вещества достигает 3%, а пирита — 2% объема породы.

Типы оруденения. По вещественному составу выделяются три типа золотосодержащих руд — ртутные, мышьяковые и ртутно-сурьмяно-мышьяковые. Из них мышьяковые распространены наиболее широко. Рудные минералы образуют обычно прожилки и тонкую вкрапленность в брекчированных вмещающих породах, а нередко слагают сплошные агрегаты, заполняющие пустоты. Рудные тела представляют собой жилы, линзы, гнезда и штокверки и не имеют четких границ с вмещающими породами. Для сливных мышьяковых руд максимальные размеры гнездообразных тел не превышают 1,5 м.

Вещественно-минералогический состав руд. В большинстве рудных тел в составе руд в переменных количествах отмечаются реальгар, антимонит, пирит (две генерации), арсенопирит, марказит, сфалерит, киноварь, халькопирит, пирротин и блеклые руды. Рутил, присутствующий практически во всех пробах, является, по-видимому, терригенной примесью. Из жильных минералов в рудную ассоциацию входят кварц (двух генераций), кальцит (также двух генераций) и графит.

Распределение золота по разрезу изучалось по результатам анализов керновых проб. В качестве основного проводился спектрохимический анализ для контроля — атомно-абсорбционный и пробирный. Сходимость результатов в целом хорошая. Всего проанализировано более 800 проб. Свыше половины из них показали содержание золота от следов до 30 г/т. Содержание металла более 10 г/т зафиксировано в 5 пробах, от 1 до 10 г/т в 21 пробе, от 0,1 до 1 г/т — в 80 пробах. При этом в аншлифах золота обнаружено не было.

Из всех рудных минералов анализ монофракции проводился только для антимонита. В нем установлены содержания золота до 800 г/т.

Весьма характерны довольно низкие, но стабильные содержания серебра в пробах, которые составляют 0,15–6 г/т. Характер распределения золота по разрезу дает возможность говорить о наличии тектонического, литологического, а возможно, и магматического факторов контроля оруденения.

Тектонический контроль выражен в том, что повышенное содержание металла, как правило, тяготеет к зонам интенсивного дробления вмещающих глинисто-карбонатных пород.

Литологический контроль обусловлен концентрацией основного количества золота в верхней толще доломитистых алевро-аргиллитов. Среднее содержание золота в этой толще примерно в два раза превышает содержание металла в других толщах и составляет 0,426 г/т.

Магматический контроль выражается в том, что содержание золота в дайках сиенит-порфиров и лампрофиров обычно на порядок выше, чем в боковых породах. Однако необходимо иметь в виду, что эти дайки приурочены к тектоническим нарушениям и степень гидротермальной проработки пород здесь несравнимо более высокая, чем в окружающих породах.

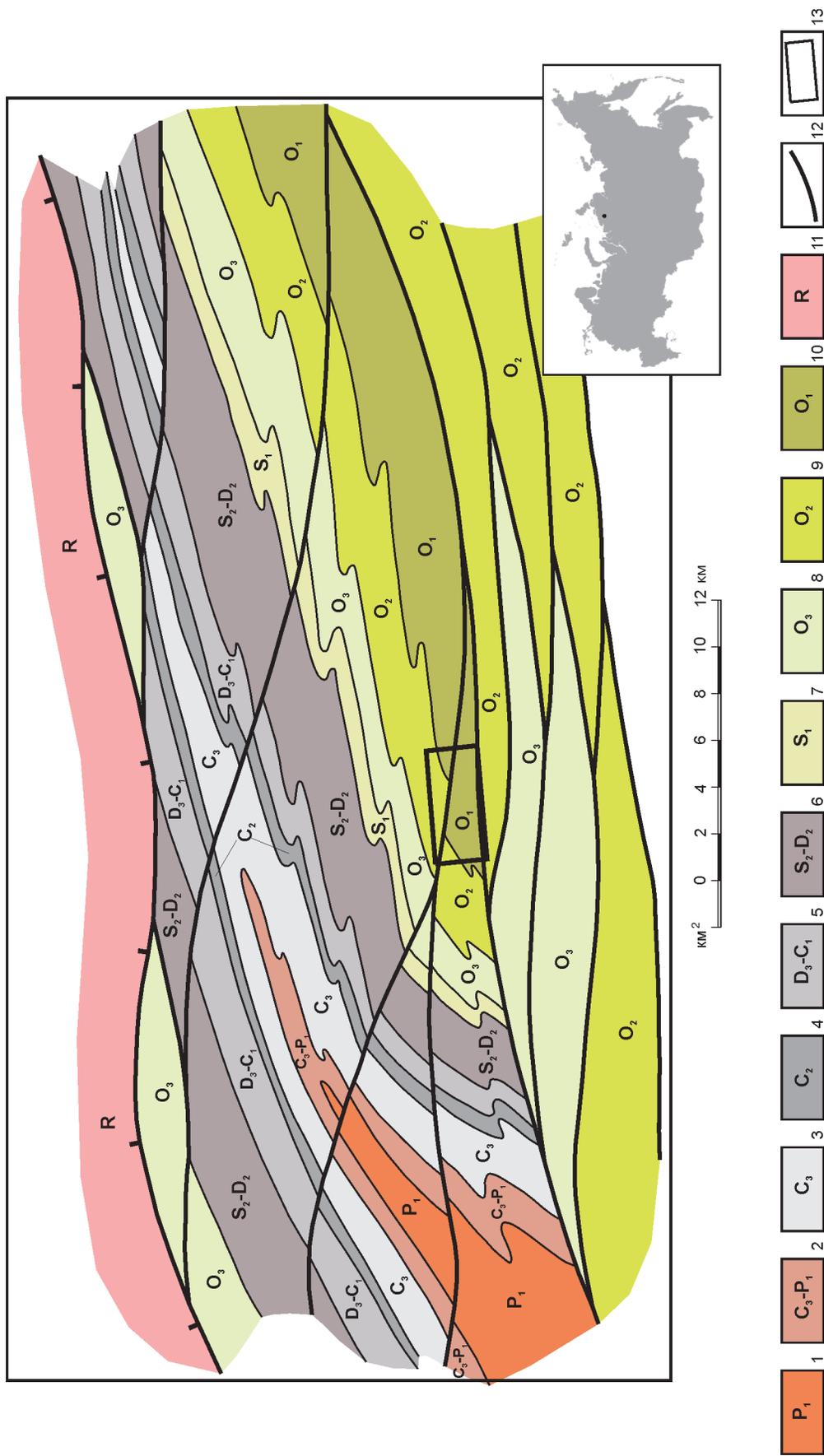
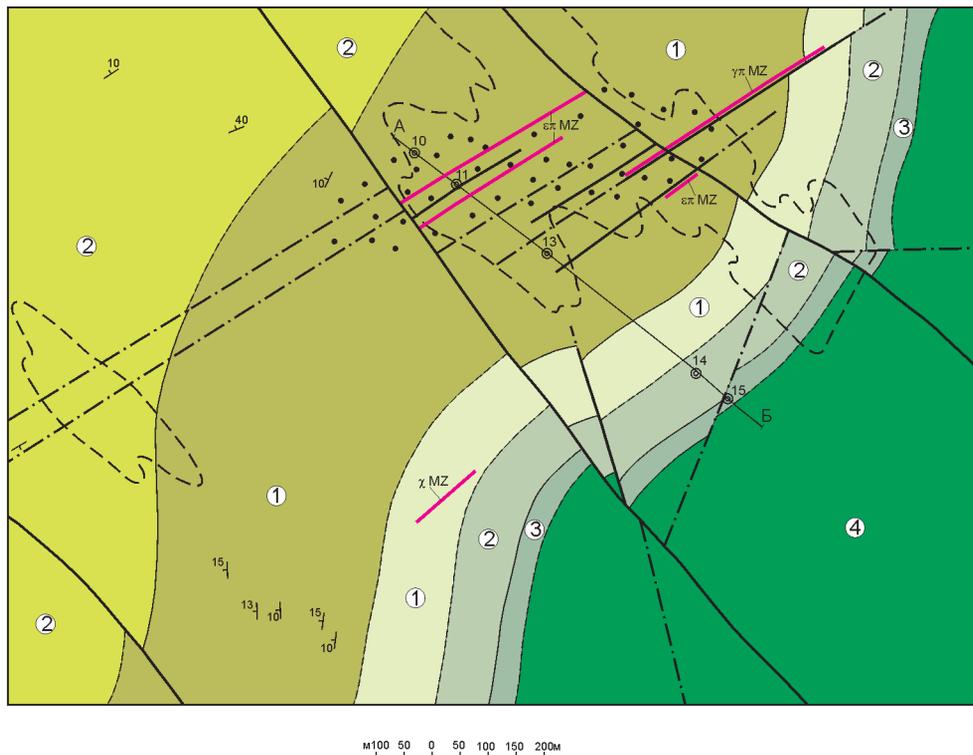


Рис. 4. Схематическая геологическая карта района верховьев р. Тарас

Нижняя пермь. 1 — известняки, алевролиты, углистые аргиллиты. Верхний карбон — нижняя пермь нерасчлененные; 2 — песчаники, алевролиты, углистые аргиллиты. Верхний карбон; 3 — известняки, алевролиты, углистые аргиллиты. Средний карбон; 4 — алевролиты, аргиллиты, известняки. Верхний девон — нижний карбон нерасчлененные; 5 — известняки пелитоморфные и органогенные, доломиты известняки. Средний девон нерасчлененные; 6 — доломиты, известняки, мергели, углито-глинистые сланцы. Нижний силур; 7 — доломиты кремнистые, известняки органогенные. Верхний ордовик; 8 — известняки с кремнями, в том числе органогенные. Средний ордовик; 9 — известняки глинистые, мергели, сланцы глинистые. Нижний ордовик; 10 — известняки глинистые, доломиты, мергели. Рифей; 11 — терригенные и карбонатные породы; 12–13 — геологические границы; 12 — разрывные нарушения, 13 — условный контур рудного поля «Извилистое»



Разрез по линии А-Б

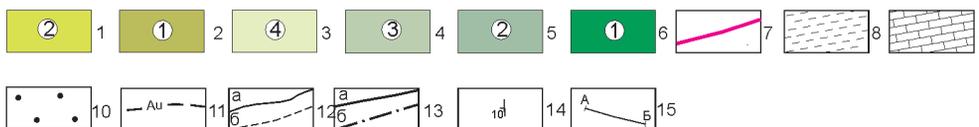
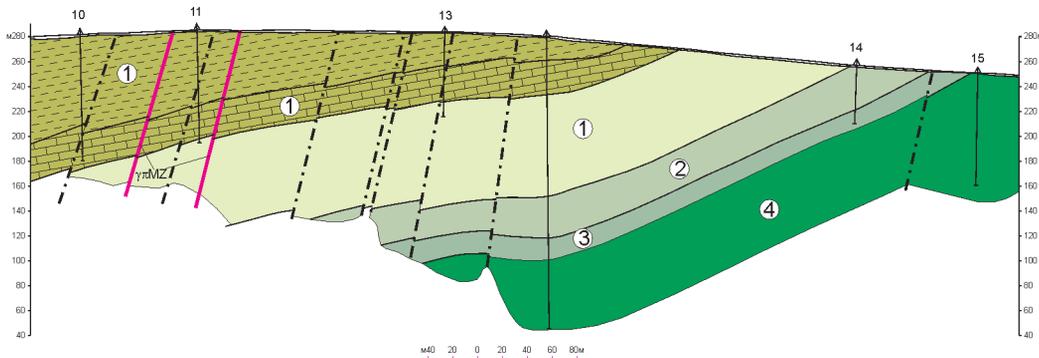


Рис. 5. Геолого-поисковый план участка «Извилистый»

Средний ордовик нерасчлененный (O2), пачки. 1 — вторая пачка. Известняки глинистые грубослоистые (мощность >80 м); 2 — первая пачка. Алевроаргиллиты доломитизированные углеродистые тонкослоистые (мощность 120 м). Нижний ордовик. Кимовская свита (O1km), пачки: 3 — четвертая пачка. Известняки алевролитистые доломитизированные ритмичнослоистые с прослоями алевроаргиллитов (мощность 90 м); 4 — третья пачка. Алевроаргиллиты известковистые массивные с прослоями глинистых известняков (мощность 35 м); 5 — вторая пачка. Известняки ритмичнослоистые (мощность 20 м); 6 — первая пачка. Алевролиты с прослоями глинистых известняков и доломитов (мощность >60 м); 7 — дайки: сиенит-порфиры (ер МZ), кварцевые порфиры (gr МZ), лампрофиры (с МZ); 8 — алевроаргиллиты; 9 — известняки; 10 — ртутно-сурьмяно-мышьяковая минерализация на участках брекчирования; 11 — изоконцентрат золота 0,1 г/т; 12 — геологические границы: прослеженные (а), предполагаемые (б); 13 — разрывные нарушения: прослеженные (а), предполагаемые (б); 13 — скважины колонкового бурения: на плане (а), на разрезе (б); 14 — элементы залегания пластов; 15 — поисковая буровая линия (линия геологического разреза А-Б).

Геохимическая характеристика рудного поля. По данным геохимической съемки положительными коэффициентами корреляции по отношению к золоту обладают медь, цинк, мышьяк, ртуть, сурьма и серебро. Отрицательные коэффициенты корреляции с незначительной силой связи характерны для стронция, марганца и ванадия.

Перспективы. Тарейская рудная зона прослежена в северо-восточном направлении на 7–8 км. Имеющиеся материалы указывают на широкое развитие в Таймырском регионе этого типа оруденения (реки Узкая, Кыйда, Убойная, Траутфеттер и др.).

Выводы

Сравнивая характеристики двух рассмотренных рудопоявлений с «классическим» карлинским оруденением, можно отметить много черт сходства, но и некоторые различия между ними. Черты сходства сводятся к следующему. Оба российских рудопоявления, как и месторождения карлинского тренда, расположены в пределах сложнодислоцированных пассивных окраин древних кратонов и приурочены к раннепалеозойским отложениям карбонатных платформ, представленным битуминозными разностями известняков и доломитов. Все вмещающие породы метаморфизованы до филлитовой стадии. Отмечены проявления магматизма. Очень сходны с месторождениями карлинского тренда морфология рудных тел, окологорудные изменения, минералогический состав и структуры руд, а также парагенетическое оруденение, геохимические особенности рудных

полей и размеры прогнозных ресурсов. Однако на Калычанском рудном поле в богатых рудных телах установлено видимое золото размером до 1 мм и выявлены россыпи, что не характерно для классического карлинского типа оруденения. Вероятно, это золото образовалось в результате растворения рассеянных сульфидов с содержащимся в них золотом субмикронного размера и перераспределения золота в ослабленные зоны. Таким образом, это золото является эпигенетическим по отношению к карлинскому — «апокарлинским».

Учитывая широкое развитие сложнодеформированных битуминозных карбонатных отложений по периферии Восточно-Европейской и Сибирской платформ, можно надеяться на выявление многочисленных месторождений золота карлинского типа в России. При их прогнозировании необходимо обращать внимание прежде всего на парагенетическое оруденение.

1. Сердюк С.С., Гончаров М.М., Ояберг В.К. Основные типы и перспективная оценка золотоносных формаций Таймыро-Североземельского региона // Недра Таймыра. Норильск. 1997. С. 199–217.

2. Суплецов В.М. Вкрапленное месторождения золота невадийского типа в карбонатных породах Селенянского кряжа // Геологическое строение и полезные ископаемые Республики Саха (Якутия). Якутск. 1997. С. 34–38.

3. Zhiping Li and Stephen G. Peters. Comparative geology and geochemistry of sedimentary Rock-Hosted (Carlin type) gold deposits in the People's Republic of China and in Nevada, USA. Open-file report 98-466 of USGS 1998. P. 1–88.