

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 550.812:553.074:553.411

Строение минерализованных зон Петропавловского золото-порфирового месторождения (Полярный Урал)

Р.Х. Мансуров

ФГУП «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129/1. E-mail: Rinman81@bk.ru

(Статья поступила в редакцию 9 сентября 2016 г.)

В статье рассматриваются геолого-структурные особенности, строение и морфология минерализованных зон и рудных тел Петропавловского золоторудного месторождения, расположенного в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного района на Полярном Урале (Ямало-Ненецкий автономный округ). На месторождении установлено два типа руд: золото-сульфидный, определяющий масштабы золотоносности месторождения, и наложенный золото-малосульфидно-кварцевый. По структурно-морфологическим и минералого-геохимическим особенностям, среди которых пространственная ассоциация рудных тел с телами порфировых интрузивных фаз, штокверковый характер золоторудной минерализации, объемный характер рудно-метасоматической зональности и рисунка распределения рудных концентраций, Петропавловское месторождение может быть отнесено к объектам порфирового типа.

Ключевые слова: *золото, золото-сульфидные руды, крупнообъемное оруденение, линейно-штокверковое строение, золото-порфировый тип.*

DOI: 10.17072/psu.geol.33.49

Введение

За последнее время в полярной части Урала было выявлено сравнительно большое количество золоторудных мелких месторождений и проявлений золота. Вместе с тем при достаточно высоком потенциале золотоносности региона промышленная отработка этих месторождений не ведется, так как золоторудные объекты расположены в труднодоступных малоосвоенных районах. Перспективы вовлечения в отработку новых месторождений на Полярном Урале во многом бы-

ли связаны со строительством железнодорожного сообщения, соединяющего регион с промышленно развитой частью Северного Урала. Однако проект строительства этой транспортной артерии отложен на неопределенный срок, что, очевидно, не способствует развитию региона. Одним из наиболее перспективных золоторудных объектов Полярного Урала является Тоупугол-Ханмейшорский рудный район. Последний в ближайшем будущем может стать одним из новых золотодобывающих центров на севере РФ. Перспективы определяются главным образом его выгодным

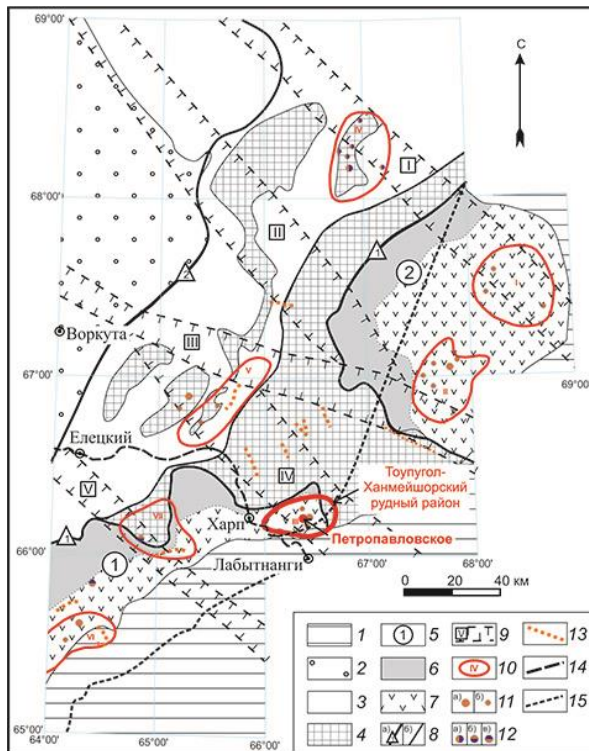


Рис. 1. Обзорная схема районирования и золотоносности Полярного Урала (составлено с использованием данных Е.В. Черняева, ООО «НПО «Геосфера»»): 1–7 – основные структурно-формационные элементы Полярного Урала: 1 – Западно-Сибирская плита; 2 – Предуральский краевой прогиб; мезазоны: 3 – Западно-Уральская; 4 – Центрально-Уральская; 5 – Тагило-Магнитогорская: «I» – Войкарская, «2» – Щучьинская структурно-формационные зоны; 6 – Войкарско-Щучьинский офиолитовый пояс; 7 – Ауэрбаховско-Новогодненский (Малоуральский) вулканоплутонический пояс; 8–9 – зоны разломов: 8 – продольные региональные зоны разломов: а) главные: «I» – Главный Уральский глубинный разлом, «2» – Главный Западно-Уральский разлом, б) прочие; 9 – поперечные глубинные зоны разломов: «I» – Себета-Щучьинская, «II» – Гнетью-Немурюганская, «III» – Лонготско-Бадьяшорская, «IV» – Ханмейская, «V» – Тышорская; 10 – рудно-россыпные узлы: «I» – Сибилейский, «II» – Юнъягинский, «III» – Тулугол-Ханмейшорский, «IV» – Лекынтальбейский, «V» – Манитанырдский, «VI» – Манюкуюский, «VII» – Хараматалоуский; 11–13 – золоторудно-россыпные и золотосодержащие объекты: 11 – золоторудные объекты: а) месторождения, б) проявления; 12 – золотосодержащие объекты: а) медно-молибденпорфировые, б) колчеданные, колчеданно-

полиметаллические, в) ванадий-железо-медные; 13 – россыпи золота; 14–15 – железные дороги: 14 – действующие, 15 – строящиеся и проектируемые

расположением: в 30 км от г. Лабытнанги и всего в нескольких километрах от вышеупомянутой железнодорожной ветки, проходящей по восточному склону Полярного Урала. В состав Тулугол-Ханмейшорского рудного района входят несколько золоторудных полей, в том числе Новогодненское, определяющее промышленную золотоносность объекта. Новогодненское рудное поле, расположенное в восточной части рудного района, включает золоторудные месторождения Петропавловское и Новогоднее-Монто, а также несколько мелких рудопроявлений (рис. 1) [3, 20, 43, 47]. Суммарно запасы (C_1+C_2) и ресурсы (P_1) рудного поля составляют 33,6 т золота [2, 20].

Поисковые и оценочные работы на золото в пределах рудного района проводились в разные годы специалистами ОАО «Ямалзолото», ОАО «Ямальская ГК», ОАО «ПУГГП», ООО «Ямалгео», ООО «НПО Геосфера», ФГУП ИМГРЭ и других организаций [7, 15, 20, 37, 41]. Геологическому строению, вещественному составу руд месторождений Новогодненского рудного поля посвящены многочисленные опубликованные работы [2, 14, 20, 31, 47]. В изучении месторождений и проявлений Новогодненского рудного поля участвовали специалисты ФГУП ЦНИГРИ, в том числе и автор [3, 5, 21–23, 40]. Непосредственно автором изучались геолого-структурные условия локализации Петропавловского месторождения, строение и морфология минерализованных зон [3–5]. Накопленный и обработанный в ходе проведенных исследований материал послужил основой для настоящей статьи.

Геолого-структурные особенности и условия локализации месторождения

Тулугол-Ханмейшорский рудный район расположен на севере полярно-

уральского сегмента Ауэрбаховско-Новогодненского (Малоуральского) вулканоплутонического пояса (ВПП) [5, 13, 20, 21, 27, 28, 34, 47]. По строению и условиям формирования рассматриваемый сегмент ВПП близок среднеуральскому сегменту того же пояса, к которому приурочен Ауэрбаховский рудный район с Воронцовским золоторудным месторождением [25, 39]. Рудный район представляет собой крупную асимметричную вулканотектоническую депрессию, сложенную вулканогенно-осадочными породами и сформированную в кровле среднепалеозойского Собского полифазного батолитоподобного плутона в области пересечения долгоживущих региональных зон тектонических нарушений [8, 9, 23, 41].

Новогодненское рудное поле площадью около 8 км² отвечает локальному плутоногенному блоковому тектоническому поднятию, локализованному в области пересечения зон разрывов субмеридионального и субширотного простираний, являющихся также ограничителями поля (рис. 2). Этими же системами нарушений контролируется позиция золоторудных месторождений Петропавловское и Новогоднее-Монто, а также нескольких рудопроявлений (Западное, Караченцева, Карьерное). В строении рудного поля принимают участие вулканогенно-терригенно-карбонатные образования, среди которых эрозией вскрыты апикальные части интрузивных массивов и многочисленные разновозрастные дайки «пестрого» состава.

Рудное поле приурочено к выступу кровли Собского интрузивного массива в участке пересечения региональных разрывов северо-восточного и северо-западного простираний. Оно формировалось в островодужном режиме в 2 этапа. С ранним этапом связано накопление вулканогенно-осадочных отложений базальт-андезитобазальтовой формации и ассоциирующихся с ними рудовмещающих вулканогенно-осадочных отложений тоупугольской толщи (S₂-D_{1tp}). С поздним этапом становления связано накопление вул-

каногенно-осадочных образований базальт-андезитовой и трахибазальт-андезитовой формаций тоупуголегартской толщи (D_{1-2tg}). Эти породы прорваны интрузивами габбро-диорит-тоналитового собского комплекса (D_{1-2s}), образующими крупные многофазные плутоны с серией даек поздней фазы внедрения – диоритовых порфиритов и плагиогранит-порфиритов. Эти породы характеризуются высокими содержаниями глинозема (16-17%) и CaO (6%) и низким содержанием K₂O (0,9-1,3 %) (табл. 1). Возраст комплекса оценивается в 400-408 млн. лет [38]. Затем следовал габбро-монцодиорит-порфиритовый конгорский комплекс (D₃-C_{1k}). В составе пород этого комплекса возрастает доля K₂O (до 1,5% в габбро и 3,0-3,5% в монцодиоритах) при относительно низком (14-15%) содержании глинозема. Возраст монцодиоритовых порфиритов составляет 382 ± 11 млн. лет [38]. Наиболее поздние магматические образования представлены дайками габбро-долеритов относительно слабо проявленного малоханмейского комплекса (D₃-Tm).

Геолого-структурная позиция Петропавловского месторождения определяется его локализацией в зоне контакта многофазного массива собского интрузивного комплекса с вмещающими интенсивно дислоцированными породами тоупугольской вулканогенно-осадочной толщи (рис. 3). Тектоническая зона субмеридионального простирания контролирует размещение апофиз основного массива, сложенных его порфировидными разностями, а также маломощных пластинообразных даек кварцевых диоритовых порфиритов поздней фазы собского комплекса, прорывающих рудовмещающую толщу. К этой субмеридиональной зоне приурочены поля гидротермально измененных пород, вмещающих золотую минерализацию месторождения.

Интрузивные образования на месторождении представлены преимущественно породами второй главной фазы внедрения собского комплекса, слагающими Собский массив, – мелко-среднезер-

Рис. 2. Геологическая карта Новогодненского рудного поля и геологический разрез по линии I–II (составлено с использованием данных А.Г. Волчкова и др., ФГУП ЦНИГРИ): 1–5 – стратифицированные образования: 1–2 – тоупуголегартская толща (D_{1-2tg}): 1 – алевролиты, аргиллиты, песчаники, 2 – известняки; 3–5 – тоупугольская толща (S_2-D_{1tr}): 3 – вулканогенно-осадочные и вулканогенные породы андезитобазальтового состава: а) на плане, б) на разрезе, 4 – известняки мраморизованные, 5 – андезитобазальтовые порфириды (на разрезе); 6–9 – интрузивные образования: 6 – малоханмейский габбро-долеритовый комплекс (D_3-Tm): дайки долеритов, долеритовых порфиридов; 7–8 – конгорский габбро-монцит-порфиридо-вый комплекс (D_3-C_1k): 7 – монциодиоритовые порфириды, 8 – габбро-долериты; 9 – собский габбро-диорит-плагιο-гранодиоритовый комплекс (D_{1-2s}): а) 3-я фаза внедрения: кварцевые диоритовые порфириды, плагιοгранит-порфиры, б) 2-я фаза внедрения: габбро-диориты, кварцевые диориты порфиридовидные; 10–11 – разрывные нарушения: 10 – на плане: а) главные, б) второстепенные; 11 – на разрезе; 12 – предполагаемые направления падения сместителей разрывных нарушений; 13 – предполагаемые относительные смещения по разрывным нарушениям: а) вертикальные, б) горизонтальные; 14–19 – рудно-метасоматические образования: 14 – скарны эпидот-гранат-пироксеновые с золото-сульфидно-магнетитовой минерализацией (проекция на поверхность); 15 – эпидот-гранат-пироксеновые скарны (на разрезе); 16 – магнетитовые тела (на разрезе); 17 – штокверкоподобные золоторудные минерализованные зоны: а) месторождений Петропавловское и Новогоднее-Монто, б) северного и южного флангов Петропавловского месторождения (прогнозируемые); 18 – основные линейные золоторудные жильно-прожилковые зоны жильного типа (в том числе прогнозируемые); 19 – минерализованные зоны золото-сульфидной минерализации; 20 – контур Новогодненского рудного поля; 21 – буровые скважины разных лет: а) на плане, б) на разрезе

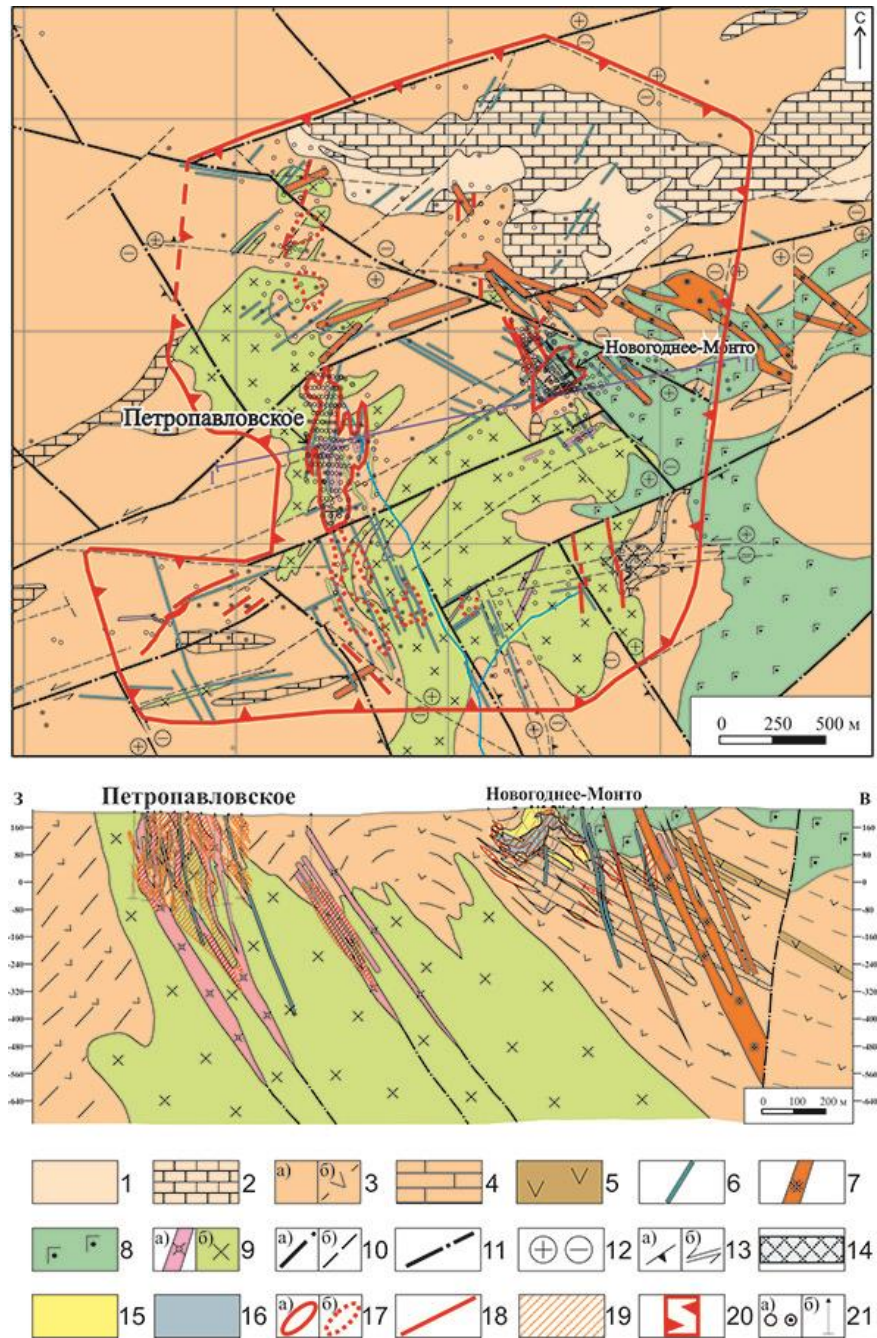


Таблица 1. Петрохимические особенности интрузивных пород собского комплекса

Фаза внедрения		I	II	III
Порода		Габбро роговообманковое порфиоровидное	Диориты, кварцевые диориты порфиоровидные	Кварцевые диоритовые порфириты, плагиогранит-порфиры
Минеральный состав, об. %	Pl	40-60	50-80	55-75
	Hbl	30-50	10-30	20-30
	Срх	0-10	0-5	0-5
	Bi	0-10	0-5	0-5
	Q	0-5	3-20	5-15
	Kf	-	0-10	0-10
Химический состав, мас. %	Порода	Габбро	Диориты	Кв. диор. порф:
	SiO ₂	45,0	53,8	58,73
	Fe ₂ O ₃	2,9	1,7	1,8
	FeO	12,32	9,27	7,0
	MgO	6,91	4,61	2,64
	Na ₂ O+K ₂ O	3,07	3,50	3,84
Структура		Порфиоровидная, неравномерно-зернистая	Призматически зернистая, порфиоровидная, гипидиоморфно-зернистая	Порфиоровая
Наложённые процессы		Слабые пропилюто-подобные изменения (эпидот-карбонат-хлорит)	Последовательные гидротермально-метасоматические изменения: - пропилютоподобные, - пирит-хлорит-альбитовые, - пирит-карбонат-серцит-кварцевые	

Примечание: Pl – плагиоклаз, Hbl – роговая обманка, Срх – клинопироксен, Bi – биотит, Q – кварц, Kf – калишпат.

нистыми диоритами и их кварцсодержащими и кварцевыми разновидностями, порфиоровидными в краевых частях интрузивов. В подчиненном количестве присутствуют габбро-диориты и тоналиты. По содержанию кварца интрузивные породы подразделяются на габбро-диориты, диориты (до 5-6% кварца), кварцсодержащие (6-10%) и кварцевые диорит-гранодиориты (от 10 до 20% кварца) [23].

Восточная часть Собского массива характеризуется широким развитием порфиоровидных разновидностей, часто образующих отдельные дайкообразные апофизы субмеридионального простирания и Ю-ЮВ склонения (65-80°) в центральной

части месторождения. Их мощность варьирует от 10 до 60 м, протяженность достигает 300 м (рис. 4).

Поздняя третья фаза внедрения собского комплекса представлена дайковыми телами диоритовых и кварцевых диоритовых порфиритов. Эти порфириты локализируются преимущественно в приконтактной зоне Собского массива, прорывая как интрузивные образования второй фазы внедрения собского комплекса, так и отложения вулканогенно-осадочной толщи. Дайковые тела имеют субмеридиональную ориентировку, достаточно крутое (70-80°) падение на Ю-ЮВ. Мощность тел достигает первых десятков метров, про-

тяженность – до 150 м (рис. 4). В центральной части месторождения порфириты формируют пояс дайковых тел субмеридионального простирания с суммарной мощностью отдельных даек до 200 м. Дайки порфиритов третьей фазы внедрения собского комплекса установлены впервые при исследованиях автора в составе коллектива специалистов ФГУП ЦНИГРИ. Порфириновые тела, очевидно, являются важнейшим рудоконтролирующим элементом Петропавловского золоторудного месторождения.

Рудовмещающая тоупугольская толща представлена грубо переслаивающимися интенсивно дислоцированными вулканогенно-осадочными породами алевропелитовой, песчанистой и гравийной размерности [34]. По данным бурения мощность толщи более 400 м. Для центральной части месторождения характерно крутое (50-60°) падение пород на восток, для северной – моноклиналиное залегание с падением на ЮЮВ. Рудовмещающая толща, прорванная дайковыми телами порфирированных диоритов и кварцевых диоритовых порфиритов, отличается интенсивной разрывной тектоникой, фиксирующейся в керне скважин и полотно горных выработок. Толща вмещает многочисленные кулисно построенные зоны расланцевания и трещиноватости, контролирующие положение золоторудной минерализации. Устанавливаются разрывные нарушения различных направлений, проявляющиеся в интенсивном катаклазе и тектоническом брекчировании пород; часто отмечаются участки милонитизации.

Интенсивная тектоническая проработка определяет высокую степень развития гидротермально-метасоматических преобразований рудовмещающих пород Петропавловского месторождения.

Гидротермально-метасоматические образования и типы руд Петропавловского месторождения

Околорудные гидротермально-метасоматические изменения на место-

рождении проявлены в следующей последовательности:

- 1) ранняя (эпидот)-карбонат-хлоритовая;
- 2) главная продуктивная пирит-(хлорит)-альбитовая;
- 3) поздняя продуктивная пирит-серицит-кварцевая.

Ранние преобразования (пропилиты) распространены практически повсеместно, образуя зоны суммарной мощностью до 300 м и более, протяженностью более 800 м. Изменения прослежены на глубину свыше 300 м.

Пропилитизации подверглись в основном породы вулканогенно-осадочной толщи, в меньшей степени изменены гранитоиды собского комплекса (рис. 5). При низком содержании сульфидов (пирит, менее 1 об.%), концентрации золота в пропилитах редко превышают 0,1 г/т. Преобразования этого типа формируют внешний околорудный ореол месторождения.

Масштабы и интенсивность проявления главной продуктивной стадии метасоматических изменений (пирит-(хлорит)-альбитовых метасоматитов) определяют золотоносность руд Петропавловского месторождения [23]. Эти метасоматиты образуют разобщенные тела неправильной формы, «тяготеющие» к контактам даек порфирированных диоритов и диоритовых порфиритов поздней фазы собского комплекса. Они локализируются преимущественно в отложениях вулканогенно-осадочной толщи. Интрузивные породы затронуты метасоматозом лишь в их экзоконтактах. Метасоматиты образуют мощную (до 150 м в центральной и 200 м в северной части месторождения) протяженную (650-700 м) зону сложной морфологии (рис. 5). В составе метасоматитов преобладает новообразованный альбит (от первых десятков до 50-70 об.%, достигает 90 об.% и более), хлорит (до 15-20 об.%) и пирит (5-10 об.% и более). Интервалы с повышенными содержаниями золота приурочены к зонам существенно альбитово-

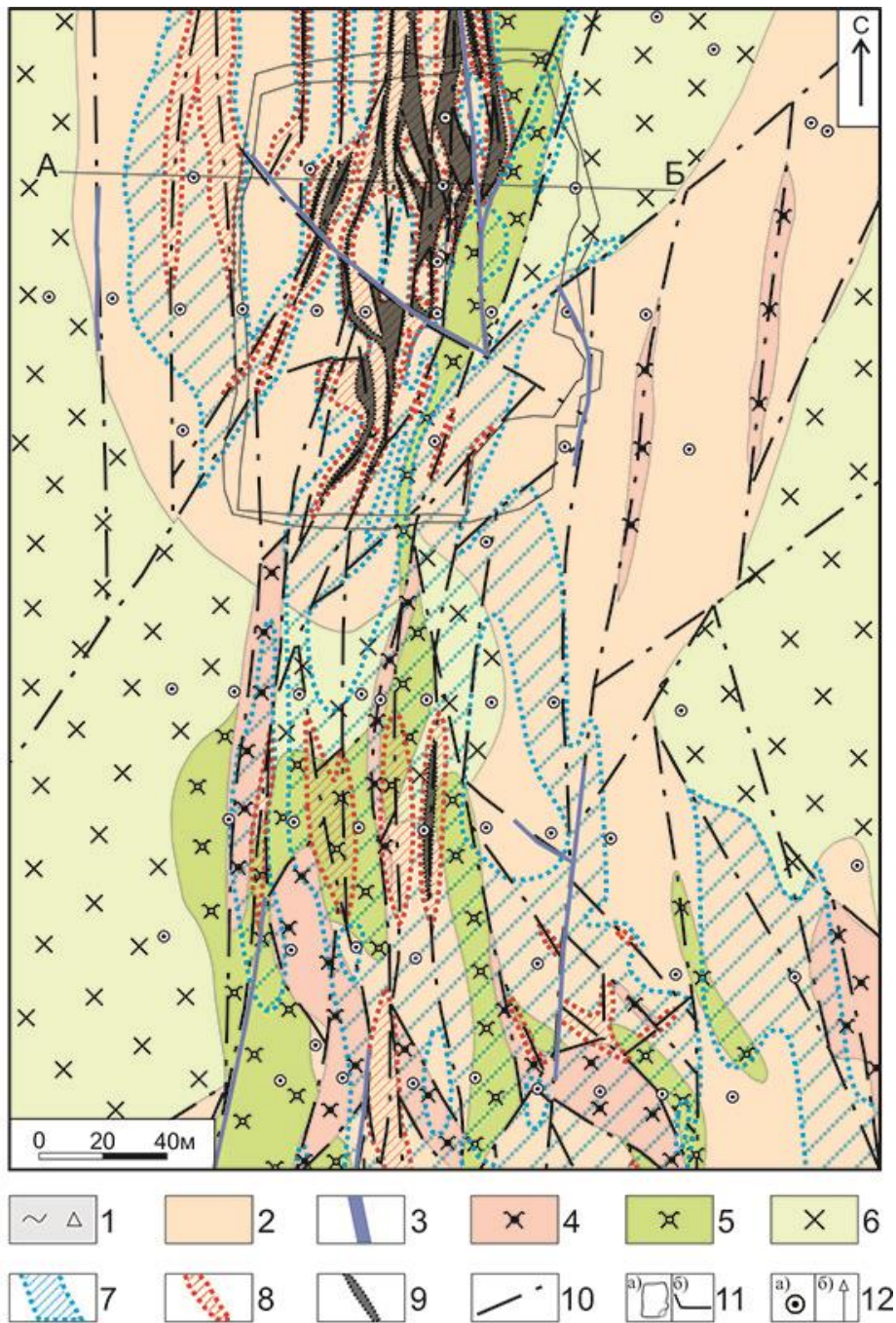


Рис. 3. Геолого-структурная схема с распределением концентраций золота центральной части Петропавловского золоторудного месторождения: 1–2 – стратифицированные образования: 1 – четвертичные отложения, 2 – известняки; 3–5 – тоунгольская толща (S2-D1тр); 3–6 – интрузивные образования: 3 – малоханмейский габбро-долеритовый комплекс (D3-Tm): дайки долеритов, долеритовых порфиритов; 4–6 – собский габбро-диорит-плагиогранодиоритовый комплекс (D1-2s): 4–3-я фаза внедрения: кварцевые диоритовые порфириты; 5–6 – 2-я фаза внедрения: 5 – кварцевые диориты порфиroidные, 6 – диориты мелко-среднезернистые; 7–9 – золоторудная минерализация: 7 – минерализованные зоны, 8 – рудные тела, 9 – «стержневые» зоны наиболее высоких концентраций золота; 10 – разрывные нарушения; 11 – контур карьера-расчистки Т-309: а) на плане, б) на разрезе; 12 – скважины колонкового бурения: а) на плане, б) на разрезе

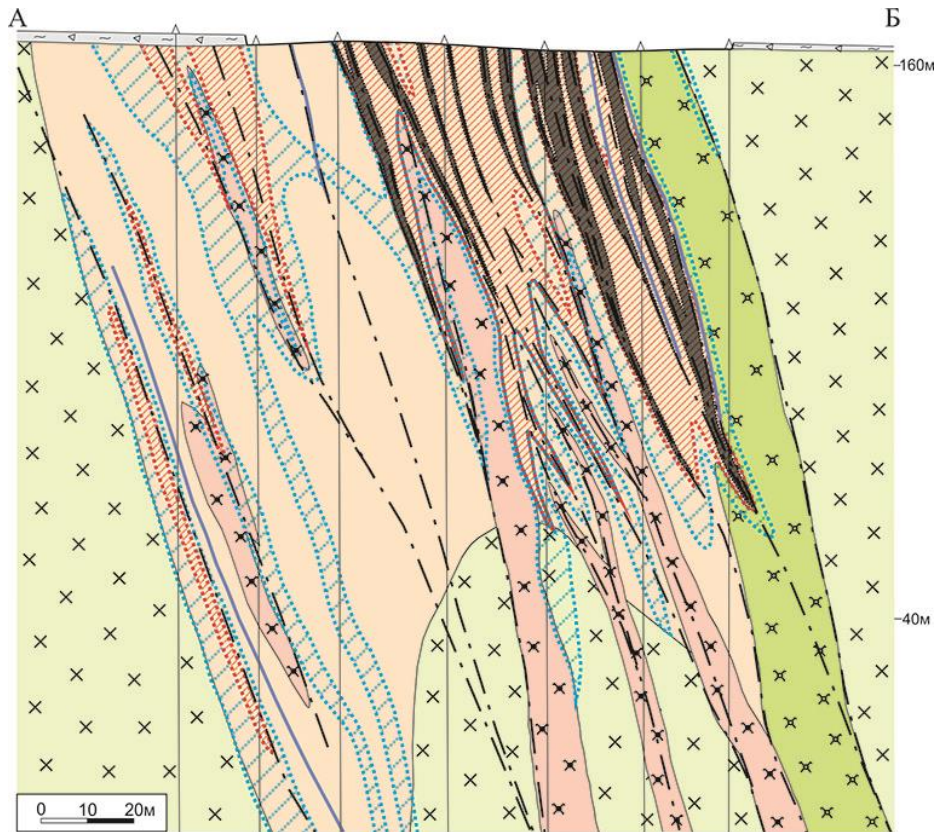


Рис. 4. Геологический разрез с распределением концентраций золота по линии А–Б; условные обозначения см. на рис. 3

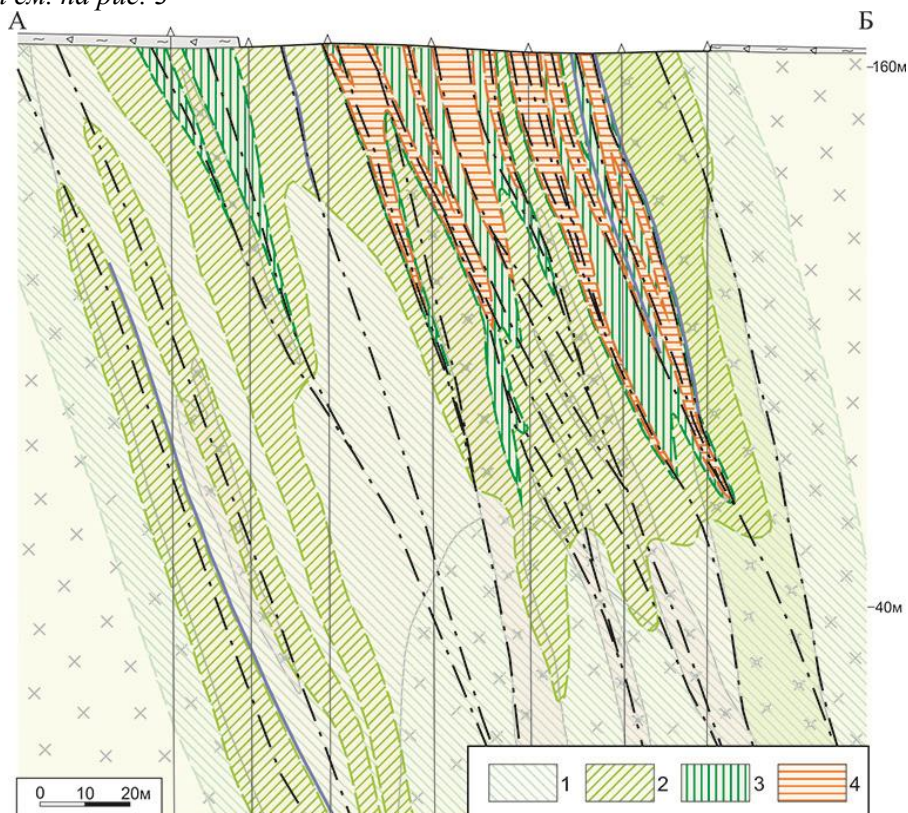


Рис. 5. Схема зональности гидротермально-метасоматических образований по разрезу по линии А–Б; условные обозначения см. на рис. 3

го метасоматоза (70 об.% новообразованного альбита и более), сопровождающегося, как правило, интенсивно проявленной сульфидизацией (10-15 об.%, участками достигает 40-45 об.%) (рис. 6). Визуально руды пирит-альбитового состава часто имеют массивный облик, свойственный колчеданным рудам (рис. 7).

Пирит-серицит-кварцевые метасоматиты являются наиболее поздними продуктивными образованиями, формирующими золотоносные жилы и жильно-прожилковые зоны месторождения. Эти метасоматиты образуют линейные тела субмеридиональной ориентировки жильно-прожилковой минерализации с наиболее высокими содержаниями золота,

накладываясь как на пирит-(хлорит)-альбитовые изменения, так и на пропилиты. Мощность тел варьирует, как правило, от десятков см до 3-5 м и более, протяженность достигает десятков метров [21]. Таким образом, по минералогическим характеристикам, по структурно-морфологическим особенностям локализации на месторождении выделяются два типа золотоносных образований:

1) прожилково-вкрапленные **золото-сульфидные руды** в пирит-(хлорит)-альбитовых метасоматитах;

2) жильно-прожилковые **золото-мало-сульфидно-кварцевые руды** в пирит-серицит-кварцевых метасоматитах.

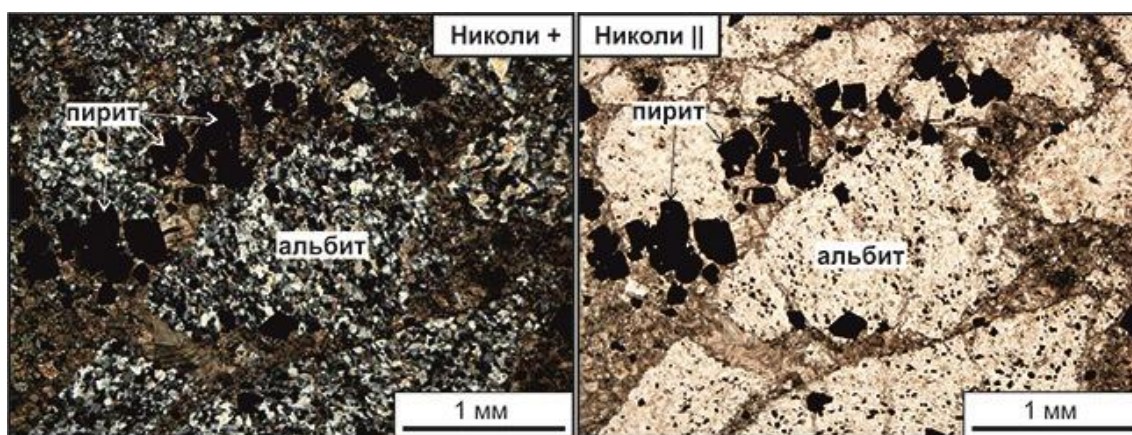


Рис. 6. Пирит-альбитовые метасоматиты по вулканогенно-осадочным породам тоугульской толщи (фотография прозрачного шлифа)



Рис. 7. Прожилково-вкрапленная пиритовая минерализация

Главным рудным минералом золото-сульфидных руд является пирит. Его содержание в рудных интервалах варьирует от 3–5 до 15–20 об.% и более. Пирит представлен рассеянной вкрапленностью, просечками, гнездами и маломощными прожилками (рис. 8). По результатам ICP-MS установлено, что содержания золота в прожилково-вкрапленном пирите составляют в среднем 25–30 г/т. Помимо пирита среди рудных минералов присутствуют

халькопирит, пирротин, самородное золото в виде микровключений в пирите. Среднее содержание золота в золото-сульфидных рудах обычно не превышает 1,5–2,0 г/т.

Золото-малосульфидно-кварцевые руды представлены секущими крутопадающими зонами линзовидных малосульфидных кварцевых жил и прожилков в поздне-продуктивных пирит-серицит-кварцевых метасоматитах.

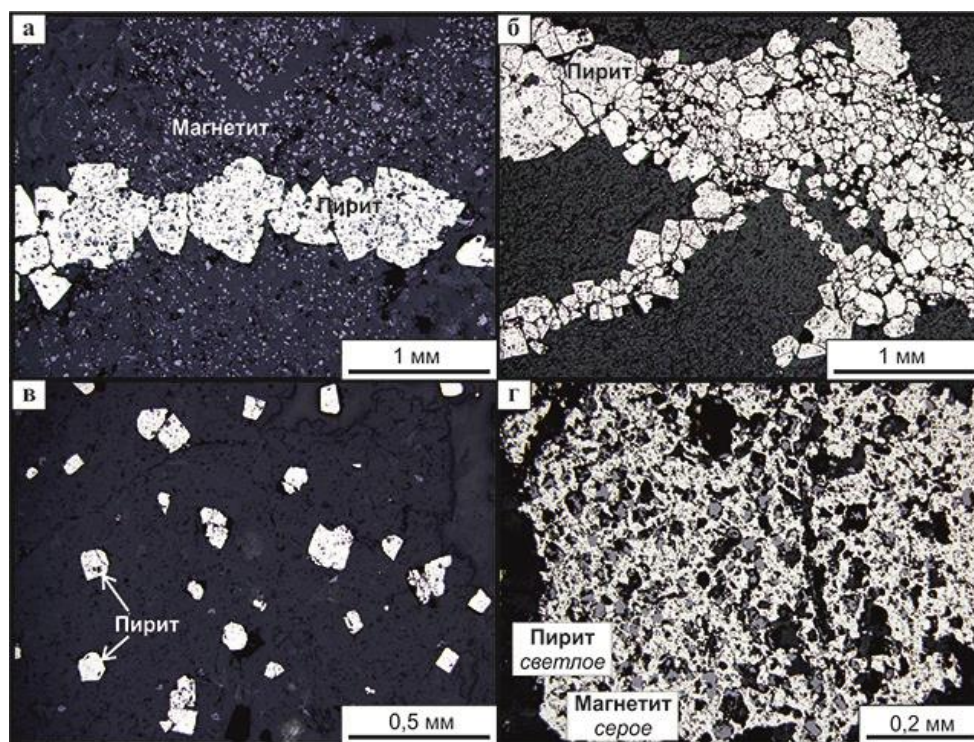


Рис. 8. *Формы проявления пиритовой прожилково-вкрапленной минерализации (фотографии шлифов): а) прожилковая, б) гнездово-прожилковая, в) вкрапленная, г) крупнообломочная (с использованием данных С.Г. Кряжева, ФГУП ЦНИГРИ)*

Количество рудных минералов в жильно-прожилковых зонах, как правило, не превышает 1–1,5 об.%. Основным рудным минералом является пирит, в резко подчиненном количестве присутствуют галенит, халькопирит, теллуриды золота и серебра, самородное золото (рис. 9). Жильно-прожилковые образования, накладываясь на более ранние продуктивные изменения, характеризуются достаточно высокими (около 5–10 г/т) средними содержаниями золота, образуя зоны наиболее богатых руд.

Минералого-геохимические исследования показали, что перечисленные типы золоторудной минерализации являются продуктами развития единой «долгоживущей» рудно-магматической системы. По результатам изотопно-геохимических исследований, выполненных С.Г. Кряжевым (ФГУП ЦНИГРИ), установлено, что рудоотложение происходило на фоне снижения температуры от 300–400 (золото-сульфидные руды) до 150°C (золото-(сульфидно)-кварцевые руды).

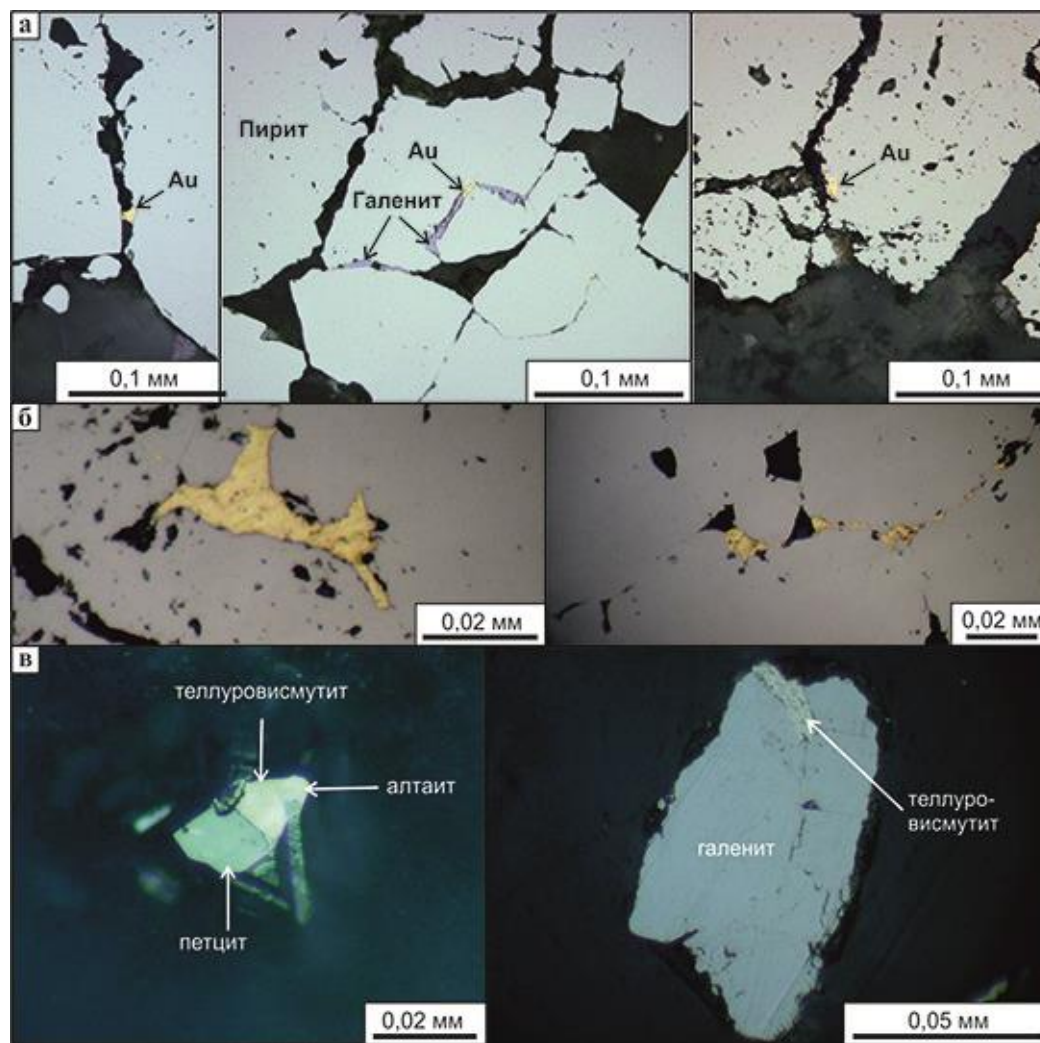


Рис. 9. Золото-малосульфидно-кварцевые руды (фотографии анилифов): а) золото-сульфидно-кварцевая минерализация, б) характер выделений самородного золота в пирите, в) теллуридные минералы (с использованием данных С.Г. Кряжева, ФГУП ЦНИГРИ)

Строение золоторудных минерализованных зон

Документация горных выработок, выполнявшаяся автором в ходе поисково-разведочных работ на Петропавловском месторождении (ОАО «Ямальская горная компания», ОАО «Ямалзолото»), позволила достаточно детально изучить геолого-структурные особенности и условия локализации минерализованных зон и рудных тел. Оно осуществлялось автором на основе увязки рудных пересечений по серии разрезов по сети разведочных буровых скважин (20 x 40 м), а также детально исследованного карьера-расчистки Т-309

(100 x 60 м), вскрывшего золоторудную минерализацию в северной части месторождения. Увязка разрезов позволила составить план поверхности, погоризонтные планы и продольный разрез месторождения масштаба 1:2 000 с распределением концентраций золота (рис. 10). Кроме того, была составлена 3D объемная модель минерализованных зон и рудных тел.

В результате анализа массива составленных графических материалов с учетом проведенных минералого-геохимических исследований автором были сделаны следующие выводы о морфологии и строении минерализованных зон и рудных тел месторождения [23].

1. Золоторудная минерализация локализуется в экзо-эндоконтактовой области штокообразного выступа массива диоритов собского комплекса, над участками пологого погружения его кровли, осложненной серией субмеридиональных и субширотных гребневидных выступов, сопровождающихся флексуобразными

приразломными складками вмещающей толщи. Минерализованные зоны и рудные тела месторождения пространственно ассоциируют с поясами дайкообразных тел порфиroidных диоритов и кварцевых диоритовых порфиритов, прорывающих тектонически дислоцированные участки рамы (рис. 3, 4).

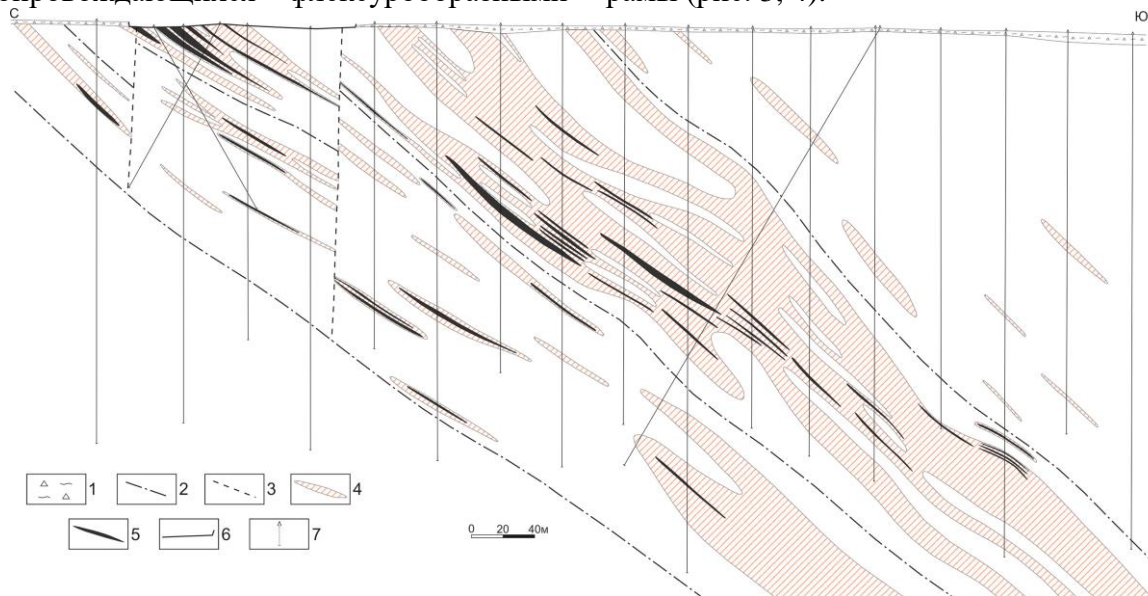


Рис. 10. Строение золоторудных тел Петропавловского месторождения в продольном разрезе: 1 – четвертичные отложения; 2–3 – разрывные нарушения: 2 – рудоконтролирующие, 3 – пострудные; 4–5 – рудные тела, оконтуренные по содержаниям золота (по данным кернового и бороздowego опробования ОАО «Ямальская горная компания», ОАО «Ямалзолото»): 4 – штокверкоподобное линейно-концентрическое строение прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд, 5 – линейные «стержневые» зоны жильно-прожилковых золото-малосульфидно-кварцевых руд; 6 – контур карьера-расчистки Т-309; 7 – скважины колонкового бурения

2. В центральной части месторождения главная минерализованная зона имеет линзовидную в поперечном разрезе форму и представляет серию слившихся кулис. Зона прослежена по простирацию в субмеридиональном направлении на расстояние более 650 м при мощности от первых десятков метров до 150-200 м, имеет крутое падение ($60-70^\circ$) в восточных румбах. По результатам построения трехмерной объемной модели и продольного разреза Петропавловского месторождения установлено, что минерализованная зона характеризуется сложным линейно-концентрическим штокверкоподобным строением, выходит на поверхность в северной части месторождения и

относительно полого ($\sim 45^\circ$) погружается в южном направлении (рис. 10).

3. Минерализация приурочена главным образом к вулканогенно-осадочной толще, а точнее к пространству между пластинообразными телами порфиroidных диоритов и кварцевых диоритовых порфиритов, захватывая лишь эндоконтактовые части этих тел на глубину до первых десятков метров.

4. Золоторудные тела отвечают области развития пирит-альбитовых метасоматитов с наиболее интенсивной прожилково-вкрапленной пиритизацией и наложенными на них поздних продуктивных пирит-серицит-кварцевых метасоматитов. Содержания золотоносного пирита в руд-

ных телах варьируют от 10–15 до 25–35 об.%. Рудные тела тяготеют к экзоконтактовым частям дайкообразных тел порфиroidных диоритов и кварцевых диоритовых порфириров. Мощность рудных тел достигает первых десятков метров, протяженность по падению – от первых десятков до первых сотен метров. Падение рудных тел в целом аналогично падению контактов интрузивных тел и составляет 50–70° на восток. Установлено, что разобщенные рудные тела в центральной части месторождения образуют «ядро» суммарной мощностью до 100 м и длиной по падению 100–130 м и более.

5. Маломощные «стержневые» зоны с наиболее высокими содержаниями золота в пределах рудных тел локализуются главным образом в лежащем боку последних. Мощность этих зон составляет 1–2 м, реже 3–5 м, протяженность – от первых метров до первых десятков метров. Интервалы высоких концентраций золота сопряжены, как правило, с зонами развития наложенной золото-малосульфидно-кварцевой жильно-прожилковой минерализации в пирит-серицит-кварцевых метасоматитах.

Установлены основные параметры минерализованных зон и рудных тел.

1. Главная минерализованная зона (центральная часть месторождения): мощность – от 40 до 140 м, прослежена по простиранию в субмеридиональном направлении более чем на 650 м. Падение крутое (60–70°) в восточных румбах. Глубина по падению до 320 м и более. Зона выходит на дневную поверхность в северной части месторождения и полого погружается в южном направлении.

2. Рудные тела: мощность от 10–30 до 60 м, протяженность по простиранию отдельных тел составляет 60–160 м, центрального «ядра» – 350–400 м. По падению прослеживаются на 80–120 м и более. Часто образуют серию сближенных продольных кулис (2–4 параллельные кулисы), конформных минерализованной зоне (рис. 10).

Установленные в ходе исследований морфологические и параметрические характеристики выявленных минерализованных зон и рудных тел Петропавловского месторождения могут быть применены в качестве одного из критериев при оценке новых золоторудных объектов со сходными геолого-структурными условиями локализации и типами руд.

Петропавловское месторождение четко фиксируется в аномальных геохимических полях. По данным Н.А. Юшко и др. (ФГУП ИМГРЭ), контур месторождения отвечает ореолу крупной комплексной аномалии Au (2–300 мг/т) и его элементов-спутников – Cu (50–100 мг/т), Mo (1500–4000 мг/т), Ag (60–1000 мг/т), Hg (40–97 мг/т), а также В, Pb, W, Ba и других элементов. Аномальные концентрации Au образуют крупный ореол в осевой части данной комплексной аномалии и серию мелких сателлитных ореолов и точечных аномалий на его флангах и периферии. Основными элементами-спутниками золота в первичных ореолах и рудах являются Ag, W, Mo, Cu, Zn, Pb, Ti, Y, Sn, Zr. Элементы выноса и перераспределения представлены Ni, Cr, Sr, V, Sc [37].

В геофизических полях месторождение выделяется по сочетанию ряда признаков: область совмещения аномалий вызванной поляризации (ВП) и магнитного поля, поля относительно пониженных удельных электрических сопротивлений, область пересечения широких полосовидных зон повышенных относительно фона значений ВП восток-северо-восточного и запад-северо-западного направлений [23].

Обсуждение результатов исследований

Выявленные на Петропавловском месторождении минерализованные зоны представляют собой крупнообъемные линейно-штокверкоподобные тела прожилково-вкрапленных руд. В осевых частях последних локализуются стержневые линейные жильно-прожилковые рудные тела. Руды Петропавловского месторождения в совокупности могут быть отнесены

к золото-кварц-сульфидному рудно-формационному (геолого-промышленному) типу. Однако, для месторождения устанавливается ряд элементов, характерных для объектов «порфирирового типа». К этим элементам можно отнести следующие [1, 4, 10–12, 17–19, 45, 46]:

1) пространственная ассоциация рудных тел с телами порфирировых интрузивных фаз;

2) штокверковый характер золоторудной минерализации;

3) рудно-метасоматическая зональность с телескопированием ранних относительно высокотемпературных (эпидот)-карбонат-хлоритовых и пирит-хлорит-альбитовых и наложенных кварц-серичитовых метасоматитов;

4) объемный характер рудно-метасоматической зональности и рисунка распределения рудных концентраций, определяющийся пространственным совмещением серии отдельных линейных кулисообразных зон;

5) присутствие жильной золото-полиметалльно-кварцевой минерализации на флангах рудоносных штокверков.

В качестве золоторудных объектов-аналогов Петропавловского месторождения, с учетом рекомендаций ряда специалистов, автором рассматриваются месторождения золото-порфирирового типа [12, 19]. По классификации золоторудных месторождений ФГУП ЦНИГРИ такие объекты относятся к золото-порфирировой субформации золото-сульфидно-кварцевой формации [1]. Крупнообъемные месторождения золото-порфирирового типа, характеризующиеся относительно невысокими содержаниями золота, в последние десятилетия стали объектом промышленной эксплуатации как за рубежом, так и в России. Известные месторождения данного типа представлены золотоносными штокверками в гранитоидных штоках (Васильковское (Казахстан), Форт-Нокс (США)), жилами и линейными зонами прожилкования в апикальных зонах гранитоидных штоков (Юбилейное (Казахстан), Березняковское (Челябинская обл.),

Школьное (Магаданская обл.)), а также в надинтрузивной зоне (Бревери Крик (Канада), Пого, Райан Лод (США)) [18, 30, 35]. Некоторые выявленные геологические элементы Петропавловского золоторудного месторождения сопоставимы с рядом известных золоторудных месторождений. При этом выявлен ряд как сходных, так и отличных особенностей.

Как и Петропавловское месторождение, Форт-Нокс (рудный район Фербенкс золоторудной провинции Тинтина) характеризуется пространственной связью оруденения с поздними фазами внедрения гранитоидов, многократной тектонической проработкой рудной зоны, наличием крупнообъемного штокверка прожилково-вкрапленных руд, невысокими средними содержаниями золота в рудах, а также наличием стержневых кварцево-жильных зон с высокими содержаниями золота [16, 42]. Однако более основной состав интрузивных образований, а также натровая специфика рудно-метасоматической зональности являются отличительными признаками Петропавловского месторождения.

Васильковское месторождение (Кокчетавский срединный массив) имеет ряд сходных с Петропавловским геолого-поисковых признаков, среди которых следует выделить полифазное развитие гранодиоритового интрузива, локализацию месторождения в тектонически осложненной зоне в области пересечения разрывных нарушений нескольких направлений, многостадийный характер рудной минерализации, а также наличие крупнообъемного штокверка прожилково-вкрапленных и жильно-прожилковых руд с невысокими средними содержаниями золота [1, 24, 29]. При этом отсутствие таких признаков, как локализация золоторуденения в образованиях вулканогенно-осадочной толщи в приконтактной зоне основного интрузива, осложненной внедрением поздних порфирировых фаз, а также некоторые отличия в рудно-метасоматической зональности не позво-

ляют считать Васильковское месторождение полным аналогом Петропавловского.

Наиболее близким аналогом Петропавловскому по ряду геолого-поисковых признаков может служить Юбилейное месторождение (Южные Мугоджары). Сходными признаками являются близкий состав интрузивных полифазных комплексов, пространственная ассоциация золотой минерализации с телами порфирировых фаз гранитоидов, штокверковый и прожилково-вкрапленный тип минерализации, конформность рудных тел порфирировым интрузивам, локализация месторождения в тектонически осложненной зоне в области пересечения разрывных нарушений нескольких направлений, а также некоторые элементы рудно-метасоматической зональности (золото-сульфидный тип оруденения, наличие стержневых линейных кварцево-жильных зон и др.) [6, 26, 32, 36, 44].

Сравнительный анализ Петропавловского месторождения с рядом известных золото-порфирировых объектов не позволяет выделить «однозначного» аналога, но обнаруживает сходство его многих геологических элементов с эталонными. Таким образом, по ряду основных прямых геологических признаков золоторудная минерализация Петропавловского месторождения может быть отнесена к порфирировому типу.

Заключение

Наиболее важным научно-практическим значением выполненных исследований является установление основных геологических признаков прогнозно-поисковой модели Петропавловского месторождения, которые могут быть использованы при поисковых и оценочных работах на сходных типах потенциально золоторудных объектов. Тенденция к развитию северных регионов РФ, растущие потребности в полезных ископаемых, стабильные мировые цены позволяют рассчитывать на возобновление геологоразведочных работ в ближайшем бу-

дущем, направленных на поиски и разведку золоторудных объектов подобного типа в рассматриваемом регионе. Следует подчеркнуть, что Петропавловское месторождение является примером крупнообъемного золото-порфирирового промышленного объекта с невысокими средними содержаниями золота, не имеющего аналога на Полярном Урале. На сегодняшний день в регионе известно лишь несколько рудопроявлений порфирирового типа (Лекин-Тыльбейское молибден-медно-порфирировое, Харбейское молибден-порфирировое и др.) [11–13].

Библиографический список

1. Беневольский Б.И., Блинова Е.В., Бражник А.В., Вартанян С.С., Кривцов А.И., Крытня Е.Е., Лобач В.И., Михайлова М.С., Мызенкова Л.Ф., Новиков В.П., Стороженко А.А., Чанышев И.С. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. «Золото» / ФГУП ЦНИГРИ, М., 2002. 182 с.
2. Викентьев И.В., Мансуров Р.Х., Трофимов А.П. Золото-сульфидное оруденение Полярного Урала: условия образования и связь с гранитоидным магматизмом // Гранитоиды: условия формирования и рудоносность: сб. тез. докл. конф. / Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины. Киев, 2013. С. 33–35.
3. Волчков А.Г., Гирфанов М.М., Новиков В.П. Перспективы развития минерально-сырьевой базы золота Полярного Урала (ЯНАО) // Проблемы освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых на Полярном Урале: сб. тез. докл. конф. Салехард, 2007. С. 188–190.
4. Гирфанов М.М. Особенности рудно-метасоматической зональности как критерий масштаба медно-порфирирового оруденения // Труды ЦНИГРИ. 1989. Вып. 230. С. 39–43.
5. Гирфанов М.М., Андреев А.В., Зеликсон Б.С., Мансуров Р.Х., Сапожников В.Г. Перспективы развития минерально-сырьевой базы золота Полярного Урала (ЯНАО) // Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений – дости-

- жения и перспективы: сб. тез. докл. науч.-практ. конф. М.: ЦНИГРИ, 2008. С. 55–56.
6. *Грабежьев А.И., Белгородский Е.А.* Продуктивные гранитоиды и метасоматиты медно-порфировых месторождений / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 1992. 199 с.
 7. *Григорьев В.В., Мартыанова Е.В.* Полиформационность метасоматитов месторождения Новогоднее-Монто (Ямало-Ненецкий автономный округ) и их отношение к золотому оруденению // Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез, полезные ископаемые: сб. тез. докл. науч. конф. Екатеринбург, 2003. С. 164–166.
 8. *Диденко А.Н., Куренков С.А., Руженцев С.В.* Тектоническая история Полярного Урала. М.: Наука, 2001. 191 с.
 9. *Душин В.А.* Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
 10. *Дьяконов В.В.* Медно-порфировые месторождения – условия локализации и поиска / РУДН. М., 2010. 217 с.
 11. *Дьяконов В.В.* Фанерозойские палеовулканические сооружения и рудная минерализация медно-молибден-порфирового типа: автореф. дис. ... докт геол.-мин. наук. М., 2011. 50 с.
 12. *Дьяконов В.В., Котельников А.Е., Котельников Е.Е.* Золото-порфировое оруденение и его связь с палеовулканическими структурами // Вестник Российского университета Дружбы народов. Сер. Инженерные исследования. 2011. № 1. С. 62–66.
 13. *Золоев К.К.* Современное состояние металлогении подвижных поясов: механизм формирования, особенности рудообразования // Геология и металлогения Урала: сб. тез. докл. науч. конф. / ОАО УГЭСЭ. Екатеринбург, 1998. С. 61–68.
 14. *Карелина Е.В.* Минералого-геохимические особенности золоторудного месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. / РУДН. М., 2002. 21 с.
 15. *Кениг В.В., Бутаков К.В.* Месторождения рудного золота Новогоднее-Монто и Петропавловское – новый золоторудный район на Полярном Урале // Разведка и охрана недр. 2013. № 11. С. 22–24.
 16. *Константинов М.М.* Нетрадиционные типы золоторудных месторождений – ресурсы новых открытий // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2005. № 3. С. 88–93.
 17. *Кривцов А.И.* Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. М.: Недра, 1983. 256 с.
 18. *Кривцов А.И., Гирфанов М.М., Шишаков В.Б.* Комплексные модели месторождений порфирового типа цветных и благородных металлов / ЦНИГРИ. М., 1995. 156 с.
 19. *Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В.* Медно-порфировые месторождения / ЦНИГРИ. М., 2001. 232 с. (Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов).
 20. *Лючкин В.А., Толоконников А.В., Водоватов О.В. и др.* Золоторудные месторождения Новогодненского рудного поля на Полярном Урале // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: сб. тез. докл. науч. конф. Сыктывкар, 2006. С. 186–189.
 21. *Мансуров Р.Х.* Геологическое строение Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал) // Руды и металлы. 2009. № 5. С. 70–74.
 22. *Мансуров Р.Х.* Морфологическая модель Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал) // Вестник Российского университета Дружбы народов. Сер. Инженерные исследования. 2011. № 1. С. 74–78.
 23. *Мансуров Р.Х.* Геолого-структурные условия локализации Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2013. 22 с.
 24. *Миляев С.А., Чекваидзе В.Б., Исаакович И.З.* Количественная модель минералого-геохимических ореолов Васильковского золоторудного месторождения // Отечественная геология. 1994. № 7. С. 36–42.
 25. *Минина О.В.* Ауэрбаховская комплексная рудно-магматическая система на Среднем Урале // Отечественная геология. 1994. № 7. С. 17–23.
 26. *Овчинников Л.Н.* Полезные ископаемые и металлогения Урала. М.: Геоинформмарк, 1998. 412 с.
 27. *Охотников В.Н.* Геология рудных образований Полярного Урала. Л.: Наука, 1975. 175 с.
 28. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тек-

- тоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
29. Рафаилович М. С., Лось В. Л. Васильковское штокверковое месторождение золота: геологическая и структурная позиции, прогнозно-поисковая модель // Руды и металлы. 2007. № 4. С. 26–36.
30. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала / УГГГА. Екатеринбург, 1999. 570 с.
31. Силаев В.И. Коренная золотоносность Полярноуральского региона // Руды и металлы. 1998. № 5. С. 5–17.
32. Серавкин И. Б., Минабаева К. В., Родичева З. И. Медно-порфировое оруденение Южного Урала (обзор) // Геологический сборник. 2011. № 9. С. 186–200.
33. Силаев В.И., Сокерин М.Ю. Геология и рудоносность Тоупугольского палеовулкана на Полярном Урале // Труды ИГ КНЦ УрО РАН. 2003. № 19. С. 114–122.
34. Силаев В.И., Хазов А.Ф., Сокерин М.Ю. Золоторудное месторождение Новогоднее-Монто на Полярном Урале. Петрология и минералогия севера Урала и Тимана // Труды Института геологии Коми-научного центра УрО РАН. 2003. Вып. 113. С. 159–172.
35. Соловьев С.Г. Железооксидно-золото-медные и родственные месторождения. М.: Научный мир, 2011. 472 с.
36. Стороженко А.А. Юбилейное месторождение // Геология золоторудных месторождений СССР. 1984. Т. I. С. 180–186.
37. Трофимов А.П., Фунтиков Б.В., Лючкин В.А. и др. Прогнозно-геохимическая оценка золотоносности Новогодненской перспективной площади на Полярном Урале // Руды и металлы. 2006. № 5. С. 13–18.
38. Удортатина О.В., Кузнецов Н.Б. Собский плагиогранитоидный комплекс Полярного Урала // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 2007. Т. 82, вып. 3. С. 49–59.
39. Черемисин А.А., Злотник-Хоткевич А.Г. Воронцовское золоторудное месторождение // Руды и металлы. 1997. № 1. С. 59–70.
40. Черемисин А.А., Гирфанов М.М., Гаврилов А.М. и др. Золотоносность рудного поля медно-железо-скарнового месторождения Новогоднее-Монто на Полярном Урале // Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала: матер. регион. конф. Екатеринбург, 2000. С. 188–190.
41. Черняев Е.В., Черняева Е.И., Седельникова А.Ю. Геология золото-скарнового месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) // Скарны, их генезис и рудоносность (Fe, Cu, Au, W, Sn, ...): матер. науч. конф. / ИГиГ УрО РАН. Екатеринбург, 2005. С. 131–137.
42. Bakke A., Morrell B., Odden J., Bergstrom T., Woodman J. Kinross gold USA's activities in the Fairbanks mining district, K2K // The Tintina gold belt: concepts, exploration and discoveries. 2000. Vol. 2. P. 89–98.
43. Girfanov M, Volchkov A, Kryazhev S, Novikov V. Gold-iron-oxide-bearing ore-magmatic system of the Auerbakh-Novogodnee volcanoplutonic belt, the Polar Urals // 33-rd International Geological Congress. 2008. Abstract CDROM. P. 1.
44. Shatov V.V., Seltmann R., Moon C.J. The Yubilenoe porphyry Au(-Cu) deposit, the south Urals: Geology and alteration controls of mineralization, in Eliopoulos, D.G., ed., Mineral exploration and sustainable Development: Proceedings of 7th Biennial Society for Geology Applied to Mineral Deposits Meeting. Athens, Greece, 2003. P. 379–382.
45. Sillitoe R. H. Gold-Rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery // Gold in 2000. SEG Reviews. 2000. Vol. 13. P. 315–345.
46. Sillitoe R. H. Porphyry Copper Systems // Economic Geology. 2010. Vol. 105. P. 3–41.
47. Soloviev S.G., Kryazhev S.G., Dvurechenskaya S.S. Geology, mineralization, stable isotope geochemistry, and fluid inclusion characteristics of the Novogodnee-Monto oxidized Au(-Cu) skarn and porphyry deposit, Polar Ural // Mineralium Deposita. 2012. Vol. 47. P. 1–25.

Structure of Mineralized Zones of the Petropavlovskoe Gold-Porphyry Deposit (Polar Urals)

R.Kh. Mansurov

FSUE Central Research Institute of Geological Prospecting for Non-Ferrous and Precious Metals, 129 bld.1 Varshavskoe Shosse, Moscow 117545, Russia.

E-mail: rinman81@bk.ru

In article, the geological and structural features, structure and morphology of mineralized ore zones and ore bodies of the Petropavlovskoe lode gold deposit are discussed. This deposit is located within the Toupugol-Hanmeyshorskiy ore region at the Polar Urals (Yamal-Nenets Autonomous District). Two types of ore occurred in the area: gold-sulfide (the most important for gold ore mineralization) and gold-low-sulfide-quartz. Structural and morphological, mineralogical and geochemical features of the Petropavlovskoe gold deposit including spatial association of gold mineralization with the bodies of porphyry intrusive phases, stockwork structure of gold mineralized zones and ore bodies, volumetric disposition of ore-metasomatic zoning, and the structure of allocation of ore concentrations refer the deposit to the porphyry type.

Key words: *gold ore mineralized zones, gold-sulfide ores, lode gold ore mineralization, linear-stockwork structure, gold-porphyry type.*

References

1. Benevol'skiy B.I., Blinova E.V., Brazhnik A.V., Vartanyan S.S., Krivtsov A.I., Krytnya E.E., Lobach V.I., Mikhaylova M.S., Myzenkova L.F., Novikov V.P., Storozhenko A.A., Chanyshev I.S. 2002. Metodicheskoe rukovodstvo po otsenke prognoznnykh resursovalmazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov. Vypusk «Zoloto» [Methodological guideline for the evaluation of forecast resources of diamonds, precious and non-ferrous metals. Issue "The Gold"]. FGUP TsNIGRI, Moskva, p. 182. (in Russian)
2. Vikentyev I.V., Mansurov R.Kh., Trofimov A.P. 2013. Zoloto-sulfidnoe orudnenie Polyarnogo Urala: usloviya obrazovaniya i svyaz s granitoidnym magmatizmom [The gold-sulfide mineralization of the Polar Urals: conditions of formation and relation with granitoid magmatism]. In *Granitoidy: usloviya formirovaniya i rudonosnost*. Institut geokhimii, mineralogii i rudoobrazovaniya NAN Ukrainy, Kiev, pp. 33-35. (in Russian)
3. Volchkov A.G., Girfanov M.M., Novikov V.P. 2007. Perspektivy razvitiya mineralno-syryevoy bazy zolota Polyarnogo Urala (Yamalo-Nenetskiy avtonomnyy okrug) [Prospects of development of the mineral resources base of the gold within the Polar Urals (Yamal-Nenets autonomous district)]. In *Problemy osvoeniya mineralno-syryevoy bazy tverdykh poleznykh iskopayemykh na Polyarnom Urale*. Salekhard, pp. 188-190. (in Russian)
4. Girfanov M.M. 1989. Osobennosti rudno-metasomaticheskoy zonalnosti kak kriteriy masshtabnosti mednoporfirovogo orudneniya [Features of ore-metasomatic zoning as a criterion of measure of copper-porphyry mineralization]. In *Trudy TsNIGRI*, 230:39-43. (in Russian)
5. Girfanov M.M., Andreev A.V., Zelikson B.S., Mansurov R.Kh., Sapozhnikov V.G. 2008. Perspektivy razvitiya mineralno-syryevoy bazy zolota Polyarnogo Urala (YaNAO) [Prospects of development of the mineral resources base of the gold within the Polar Urals (Yamal-Nenets autonomous district)]. In *Prognoz, poiski, otsenka rudnykh i nerudnykh mestorozhdeniy – dostizheniya i perspektivy*. TsNIGRI, Moskva, pp. 55-56. (in Russian)
6. Grabezhev A.I., Belgorodskiy E.A. 1992. Produktivnye granitoidy i metasomatity medno-

- porfirovyykh mestorozhdeniy [Productive granites and metasomatites of copper-porphyry deposits]. IGG UrO RAN, Ekaterinburg, p. 199. (in Russian)
7. *Grigoryev V.V., Martyanova E.V.* 2003. Poliformatsionnost metasomatitov mestorozhdeniya Novogodnee-Monto (Yamalo-Nenetskiy avtonomnyy okrug) i ikh otnoshenie k zolotomu orudneniyu [Metasomatic formations of the Novogodnee-Monto deposit (Yamalo-Nenets autonomous district) and their relations with its gold mineralization]. In *Evolutsiya vnutrikontinentalnykh podvizhnykh pojasov: Tektonika, magmatizm, metamorfizm, sedimentogenez, poleznye iskopaemye*. Ekaterinburg, pp. 164-166. (in Russian)
 8. *Didenko A.N., Kurenkov S.A., Ruzhentsev S.V.* 2001. Tektonicheskaya istoriya Polyarnogo Urala [Tectonic history of the Polar Urals]. Nauka, Moskva, p. 191. (in Russian)
 9. *Dushin V.A.* 1997. Magmatizm i geodinamika paleokontinental'nogo sektora severa Urala [Magmatism and geodynamics of paleocontinental segment of the Northern Urals]. Nedra, Moskva, p. 213. (in Russian)
 10. *Dyakonov V.V.* 2010. Medno-porfirovyye mestorozhdeniya – usloviya lokalizatsii i poiska [Copper-porphyry deposits - the conditions of location and prospecting]. RUDN, Moskva, p. 217. (in Russian)
 11. *Dyakonov V.V.* 2011. Fanerozoyskie paleovulkanicheskie sooruzheniya i rudnaya mineralizatsiya medno-molibden-porfirovogo tipa [Phanerozoic paleovolcanic structures and ore mineralization of copper-molybdenum-porphyry type]. Dis. Doc. geol.-min. nauk. RUDN, Moskva. (in Russian)
 12. *Dyakonov V.V., Kotelnikov A.E., Kotelnikov E.E.* 2011. Zolotoporfirovoye orudnenie i ego svyaz s paleovulkanicheskimi strukturami [Gold-porphyry mineralization and its relation to paleovolcanic structures]. In *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 1:62-66. (in Russian)
 13. *Zoloev K.K.* 1998. Sovremennoe sostoyanie metallogenii podvizhnykh pojasov: mekhanizm formirovaniya, osobennosti rudoobrazovaniya [Actual situation in metallogeny of mobile belts: formation mechanism, features of ore mineralization]. In *Geologiya i metallogeniya Urala*. OAO UGSE, Ekaterinburg, pp. 61-68. (in Russian)
 14. *Karelina E.V.* 2002. Mineralogo-geokhimicheskie osobennosti zolotorudnogo mestorozhdeniya Novogodnee-Monto (Polyarnyy Ural) [Mineralogical and geochemical features of the gold ore deposit Novogodnee-Monto (Polar Urals)]. Diss. Kand. geol.-min. nauk. RUDN, Moskva. (in Russian)
 15. *Kenig V.V., Butakov K.V.* 2013. Mestorozhdeniya rudnogo zolota Novogodnee-Monto i Petropavlovskoe – novyy zolotorudnyy rayon na Polyarnom Urale [The Novogodnee-Monto and Petropavlovskoe gold ore deposits – a new gold ore region in the Polar Urals]. *Razvedka i okhrana nedr*. 11:22-24. (in Russian)
 16. *Konstantinov M.M.* 2005. Netraditsionnye tipy zolotorudnykh mestorozhdeniy – resurs novykh otkrytiy [Unconventional types of gold ore deposits - a resource of new discoveries]. *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*. 3:88-93. (in Russian)
 17. *Krivtsov A.I.* 1983. Geologicheskie osnovy prognozirovaniya i poiskov medno-porfirovyykh mestorozhdeniy [Geological bases of forecast and prospecting for copper-porphyry deposits]. Nedra, Moskva, p. 256. (in Russian)
 18. *Krivtsov A.I., Girfanov M.M., Shishakov V.B.* 1995. Kompleksnye modeli mestorozhdeniy porfirovogo tipa tsvetnykh i blagorodnykh metallov [Complex models of porphyry deposits of non-ferrous and precious metals]. TSNIIGRI, Moskva, p. 156. (in Russian)
 19. *Krivtsov A.I., Zvezdov V.S., Migachev I.F., Minina O.V.* 2001. Mednoporfirovyye mestorozhdeniya. Seriya: Modeli mestorozhdeniy blagorodnykh i tsvetnykh metallov [Copper-porphyry deposits. Series: Models of deposits of precious and non-ferrous metals]. TSNIIGRI, Moskva, p. 232. (in Russian)
 20. *Lyuchkin V.A., Tolokonnikov A.V., Vodovatov O.V. et al.* 2006. Zolotorudnye mestorozhdeniya Novogodnenskogo rudnogo polya na Polyarnom Urale [Gold ore deposits of the Novogodnenskoe ore field within the Polar Urals]. In *Almazy i blagorodnye metally Timano-Uralskogo regiona*. Syktyvkar, pp. 186-189. (in Russian)
 21. *Mansurov R.Kh.* 2009. Geologicheskoe stroenie Petropavlovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya (Polyarnyy Ural) [Geological structure of the Petropavlovskoe gold ore deposit (Polar Urals)]. *Rudy i metally*. 5:70-74. (in Russian)

22. *Mansurov R.Kh.* 2011. Morfologicheskaya model Petropavlovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya (Polyarnyy Ural) [Morphological model of the Petropavlovskoe gold ore deposit (Polar Urals)]. Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya. 1:74-78. (in Russian)
23. *Mansurov R.Kh.* 2013. Geologo-strukturnye usloviya lokalizatsii Petropavlovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya (Polyarnyy Ural) [Geological and structural conditions of localization of the Petropavlovskoe gold ore deposit (Polar Urals)]. Dis. Kand. geol.-min. nauk. RUDN, Moskva. (in Russian)
24. *Milyaev S.A., Chekvaidze V.B., Isaakovich I.Z.* 1994. Kolichestvennaya model mineralogo-geokhimicheskikh oreolov Vasilkovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya [Quantitative model of mineralogical and geochemical halos of the Vasilkovskoe gold ore deposit]. Otechestvennaya geologiya. 7:36-42. (in Russian)
25. *Minina O.V.* 1994. Auerbakhovskaya kompleksnaya rudno-magmatische sistema na Srednem Urale [The Auerbahovskaya complex ore-magmatic system within the Middle Urals]. Otechestvennaya geologiya. 7:17-23. (in Russian)
26. *Ovchinnikov L.N.* 1998. Poleznye iskopayemye i metallogeniya Urala [Mineral resources and metallogeny of the Urals]. Geoinformmark, Moskva, p. 412. (in Russian)
27. *Okhotnikov V.N.* 1975. Geologiya rudnykh obrazovaniy Polyarnogo Urala [Geology of ore formations of the Polar Urals]. Nauka, Leningrad, p. 175. (in Russian)
28. *Puchkov V.N.* 2010. Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and Transurals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. DizaynPoligrafServis, Ufa, p. 280. (in Russian)
29. *Rafailovich M. S., Los V. L.* 2007. Vasilkovskoe shtokverkovoe mestorozhdenie zolota: geologicheskaya i strukturnaya pozitsii, prognozno-poiskovaya model [The Vasilkovskoe gold ore deposit of stockwork type: geological and structural position, forecast-prospecting model]. Rudy i metally. 4:26-36. (in Russian)
30. *Sazonov V.N., Ogorodnikov V.N., Koroteev V.A., Polenov Yu.A.* 1999. Mestorozhdeniya zolota Urala [Gold ore deposits of the Urals]. UGGGA, Ekaterinburg, p. 570. (in Russian)
31. *Silaev V.I.* 1998. Korennaya zolotonosnost Polyarnouralskogo regiona [Gold ore mineralization of Polar Urals]. Rudy i metally. 5:5-17. (in Russian)
32. *Seravkin I. B., Minibaeva K. V., Rodicheva Z. I.* 2011. Medno-porfirovoe orudnenie Yuzhnogo Urala (obzor) [Copper-porphyry mineralization of the South Urals (a review)]. Geologicheskii sbornik. 9:186-200. (in Russian)
33. *Silaev V.I., Sokerin M.Yu.* 2003. Geologiya i rudonosnost Toupugolskogo paleovulkana na Polyarnom Urale [Geology and ore mineralization of the Toupugolskiy paleovolcano within the Polar Urals]. In Trudy IG KNTs UrO RAN, 19:114-122. (in Russian)
34. *Silaev V.I., Khazov A.F., Sokerin M.Yu.* 2003. Zolotorudnoe mestorozhdenie Novogodnee-Monto na Polyarnom Urale. Petrologiya i mineralogiya severa Urala i Timana [The Novogodnee-Monto gold ore deposit within the Polar Urals. Petrology and mineralogy of the Northern Urals and The Timan]. In Trudy IG KNTs UrO RAN, 113:159-172. (in Russian)
35. *Solovyev S.G.* 2011. Zhelezooksidno-zolotomednye i rodstvennye mestorozhdeniya [Iron oxide hosted copper-gold and related deposits]. Nauchnyy mir, Moskva, p. 472. (in Russian)
36. *Storozhenko A.A.* 1984. Yubileynoe mestorozhdenie [Yubileynoe ore deposit]. Geologiya zolotorudnykh mestorozhdeniy SSSR, 1:180-186. (in Russian)
37. *Trofimov A.P., Funtikov B.V., Lyuchkin V.A. et al.* 2006. Prognozno-geokhimicheskaya otsenka zolotonosnosti Novogodnenskoy perspektivnoy ploshchadi na Polyarnom Urale [Forecast-geochemical evaluation of gold ore mineralization of the Novogodnenskaya prospective area within the Polar Urals]. Rudy i metally. 5:13-18. (in Russian)
38. *Udoratina O.V., Kuznetsov N.B.* 2007. Sobskiy plagiogranitoidnyy kompleks Polyarnogo Urala [The Sobskiy plagiogranitoid complex within the Polar Urals]. Byulleten moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. V.82. 3:49-59. (in Russian)
39. *Cheremisin A.A., Zlotnik-Khotkevich A.G.* 1997. Vorontsovskoe zolotorudnoe mestorozhdenie [The Vorontsovskoe gold ore deposit]. Rudy i metally. 1:59-70. (in Russian)

40. *Cheremisin A.A., Girfanov M.M., Gavrilov A.M. i dr.* 2000. Zolotonosnost rudnogo polya medno-zhelezoskarnovogo mestorozhdeniya Novogodnee-Monto na Polyarnom Urale [Gold ore mineralization of the ore field of the Novogodnee-Monto copper-iron-skarn deposit within the Polar Urals]. In *Geologiya i mineralno-syryevye resursy evropeyskoy territorii Rossii i Urala*. Ekaterinburg, pp. 188-190. (in Russian)
41. *Chernyaev E.V., Chernyaeva E.I., Sedelnikova A.Yu.* 2005. Geologiya zoloto-skarnovogo mestorozhdeniya Novogodnee-Monto (Polyarnyy Ural) [Geology of the Novogodnee-Monto gold-skarn deposit (Polar Urals)]. In *Skarny, ikh genesis i rudonosnost' (Fe, Cu, Au, W, Sn, ...)*. IGiG UrO RAN, Ekaterinburg, pp. 131-137. (in Russian)
42. *Bakke A., Morrell B., Odden J., Bergstrom T., Woodman J.* 2000. Kinross gold USA's activities in the Fairbanks mining district, K2K. In *The Tintina gold belt: concepts, exploration and discoveries*. 2:89-98.
43. *Girfanov M., Volchkov A., Kryazhev S., Novikov V.* 2008. Gold-iron-oxide-bearing ore-magmatic system of the Auerbakh Novogodnee volcanoplutonic belt, the Polar Urals. 33-rd International Geological Congress. 2008. Abstract CDROM.
44. *Shatov V.V., Seltmann R., Moon C.J.* 2003. The Yubilenoe porphyry Au (-Cu) deposit, the south Urals: Geology and alteration controls of mineralization. In *Eliopoulos, D.G. Ed., Mineral exploration and sustainable Development. Proceedings of 7th Biennial Society for Geology Applied to Mineral Deposits Meeting*. Athens. Greece. pp. 379-382.
45. *Sillitoe R. H.* 2000. Gold-Rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery. *Gold in 2000*. SEG Reviews. 13:315-345.
46. *Sillitoe R. H.* 2010. Porphyry Copper Systems. *Economic Geology*. 105:3-41.
47. *Soloviev S.G., Kryazhev S.G., Dvurechenskaya S.S.* 2012. Geology, mineralization, stable isotope geochemistry, and fluid inclusion characteristics of the Novogodnee-Monto oxidized Au-(Cu) skarn and porphyry deposit, Polar Urals. *Mineralium Deposit*. 47:1-25.