

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ
МИНЕРАЛОГИИ РУД ПОКРОВСКОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(ПРИАМУРЬЕ)**

Н.С. Остапенко¹, О.Н. Нерода¹, П.П. Сафронов²

¹ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, пер. Релочный 1, г. Благовещенск, 675000; e-mail: ostapenko_ns@mail.ru

²ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр. 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: psafronov@mail.ru

Поступила в редакцию 21 июня 2011 г.

Покровское золото-серебряное месторождение разведано буровыми скважинами. По результатам опробования керна выделены и отрабатываются открытым способом пологозалегающие рудные тела (залежи). Считалось, что они состоят из кварцевых жил и жильно-прожилковых зон также пологого залегания. Проведенное изучение уступов эксплуатационных карьеров позволило скорректировать существующие на сегодняшний день представления. Показано, что в строении этих залежей доминируют жилы и жильно-прожилковые зоны крутого залегания. Простираются они в центральной части месторождения и на западном фланге северо-восточное, а на восточном – преимущественно северо-западное. Обосновано важное значение для размещения и формирования рудных тел различных слабопроницаемых для флюидов геологических экранов. Установлены основные факторы рудолокализации в экранированной гидротермальной системе. Дана оценка роли теплового воздействия силла дацита на формирование рудовмещающих полостей и минералоотложение. Электронно-микроскопическими исследованиями руд значительно расширен спектр рудных минералов ранее не известными на месторождении, в том числе золотосодержащими (медистое золото и сложные его интерметаллиды). Исходя из доминирующей роли микрометровых размеров всех рудных минералов и разобщенности их в кварцевой матрице, сделан вывод о неравновесных условиях процессов продуктивного минералоотложения.

Ключевые слова: золото-серебряное месторождение, залегание и строение рудных тел, факторы рудолокализации, условия минералоотложения, минералы руд, Приамурье.

ВВЕДЕНИЕ

Покровское малоглубинное золото-серебряное месторождение разведывалось в 80–90-х годах прошлого века. Сглаженность и заболоченность его территории, перекрытость выходов коренных пород мощным (до 5–8 м) делювиальным чехлом и на значительной территории дополнительно аллювиально-озерными отложениями четвертичного и неогенового возраста, а также предполагаемое пологое залегание кварцевых жил предопределили вариант его разведки вертикальными буровыми скважинами.

По материалам разведки месторождения за последние 15 лет появился ряд публикаций, отражающих сложившиеся представления об его геологическом строении, в которых постулируется пологое залегание жильно-прожилковых зон [1–3, 14]. С начала

этого века месторождение активно отрабатывается тремя карьерами ОАО Покровский рудник УК Петропавловск. За 12 лет эксплуатации этого месторождения было добыто около 50 т золота. Появилась возможность уточнить некоторые не вполне ясные черты геологии этого месторождения, в частности, такие, как условия залегания, строение рудных залежей, факторы рудолокализации и генезиса минерализации.

В процессе геологического изучения устойчивых фрагментов уступов карьеров в 2005–2008 годах нами было установлено доминирование на этом месторождении крутозалегающих жильных тел и жильно-прожилковых зон и положительная роль в рудолокализации различных экранов. Последующими исследованиями расширен спектр рудных минералов, обоснованы главные факторы рудолокализации и этапы формирования месторождения. Полученные дополнитель-

ные сведения по геологии и условиям формирования Покровского месторождения полезны в плане обоснования закономерностей локализации минерализации этого неординарного объекта и, как следствие, уточнения направлений его доразведки. Также эти сведения могут быть использованы при оценке рудопроявлений на прилегающих территориях.

Ниже дается краткая характеристика сложившихся традиционных представлений предшественников по вопросам геологии месторождения и рудо-локализации.

По имеющимся данным, Покровское месторождение размещается в северной части Амурского микроконтинента на западном фланге Тыгда-Улунгинской вулканоструктуры, в зоне ее сочленения с Сергеевским гранитоидным массивом раннемелового верхнеамурского интрузивного комплекса. Месторождение располагается непосредственно вблизи жерла палеовулкана [1–3, 14]. По результатам разведочных работ и геологических исследований предшественников (Н.И. Бараков, Н.Г. Власов, Б.В. Воронов, А.И. Деметриенко, Ю.В. Кошков, С.Г. Лопатинский, Л.О. Сахьянов, В.Г. Хомич и др.), рудное поле сложено упомянутыми гранитоидами, прорывающими верхнеюрскую алевро-песчаниковую толщу аякской свиты. В центральной и южной частях рудного поля развит раннемеловой вулканогенный комплекс пород умеренно-кислого состава покровной и субвулканической фаций. Покровные и экструзивные дациты и риодациты представлены лавами, псефитовыми и псаммитовыми туфами, а также туфо- и лавобрекчиями, наиболее широко распространенными в его восточной части. В южной части рудного поля расположено жерло палеовулкана воронкообразной формы диаметром 600 м, заполненное крупнопорфировыми дацитами и гранодиорит-порфирами [14]. Максимальная остаточная мощность покровных вулканических накоплений в рудном поле (до 175 м) характерна для кальдеры, примыкающей к жерлу палеовулкана. На удалении 1 км и более от жерла покровные вулканы сохранились от эрозии фрагментарно, лишь в понижениях гранитоидного фундамента и имеют максимальную мощность от первых до нескольких десятков метров.

Субвулканическая фация представлена пологозалегающими телами диоритовых порфиритов, дацитов и риодацитов, размещающимися в верхней части гранитного тела, предположительно субпараллельно его кровле [2, 3, 14]. В тектоническом отношении месторождение и палеовулкан размещаются на пересечении зон глубинных разломов северо-западной и восток-северо-восточной ориентировок [3, 14]. Глу-

бинный разлом северо-западного простирания трассируется на поверхности Сергеевской разломной зоной.

По итогам опробования керн скважин на месторождении было выделено пять пологих промышленных тел с жильно-прожилковыми и вкрапленными рудами – Главное, Зейское, Новое, Озерное в его центральной части и Молодежное на западном фланге. Их мощность – до нескольких десятков метров, средние содержания золота – 2–7 и серебра – 5–15 г/т. Все они размещаются вблизи поверхности в относительно тонкой по мощности (10–160 м) пологой блок-пластине гранитоидов, располагающейся между sillом дацитов и подошвой вулканитов [1–3, 14]. Лишь на восточном фланге оно захватывает низы вулканогенной толщи, сложенной здесь туфо- и лавобрекчиями дацитов.

Подсеченные в их пределах скважинами кварцевые тела (жилы) интерпретировались предшественниками, в основном, как пологие и горизонтальные. Лишь рудное тело Зейское, вскрытое также и канавами на поверхности, представлялось как мульдообразная залежь северо-западной ориентировки. Выходящие на поверхность жильные тела этой залежи имеют встречное падение – под углами 20–30° в западном и 40–65° в северо-западном-субмеридиональном ее крыльях. По мнению исследователей, месторождение приурочено к скрытой купольной структуре гранитоидов [14], а рудные тела контролируются пологими межформационными срывами и надвигами [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И СТРОЕНИЯ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

С 2005 г., по мере разработки карьеров, авторы статьи проводили последовательное изучение месторождения Покровское с целью уточнения условий залегания, строения оконтуренных промышленных рудных тел и основных факторов их рудо-локализации. Проводились детальные геологические наблюдения на уступах карьеров, дополнительно анализировалась документация керн, оценивалась роль геологических экранов, изучались особенности минералогии руд с привлечением обычной и электронной микроскопии.

В контурах всех промышленных тел и на их периферии нами было установлено большое количество крутопадающих кварцевых жил и жильно-прожилковых зон (рис. 1, 2) при почти полном отсутствии пологих, если не брать во внимание маломощные непротяженные апофизы крутозалегающих жил. Полученные данные позволяют скорректировать сло-

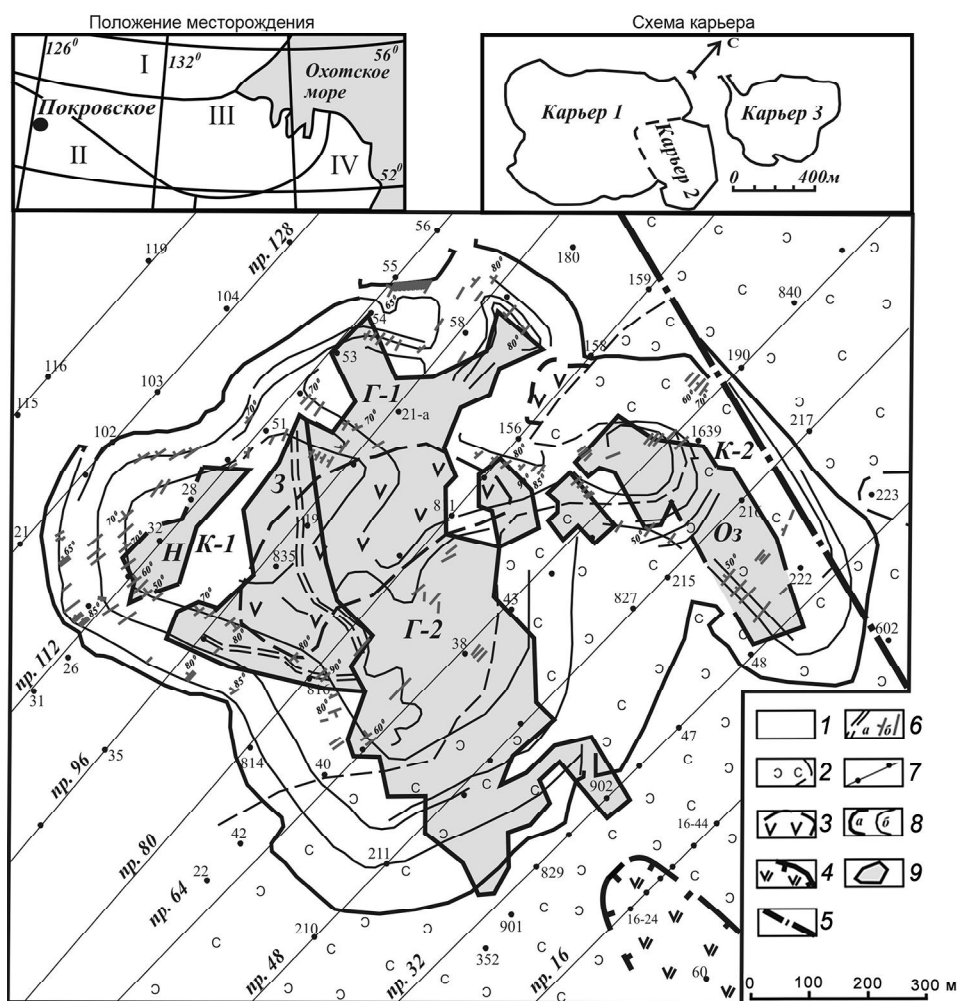


Рис. 1. Положение, схема эксплуатационных карьеров месторождения Покровское и совмещенный геологический план карьеров 1 и 2 месторождения Покровское с проекцией контуров разведанных промышленных тел (серый фон) и выходами крутозалегающих жильно-прожилковых зон, обнаруженных на уступах.

1 – гранитоиды; 2 – туфы, туфобрекчии и лавобрекчии дацитов; 3 – выходы силла дацита в карьере; 4 – жерло вулкана; 5 – Сергеевский разлом; 6 – ветви Зейского рудного тела на поверхности (а), крутозалегающие жильные и жильно-прожилковые зоны с направлениями падения (б); 7 – расположение некоторых разведочных профилей (линии) и вертикальных скважин (точки); 8 – объединенный контур карьеров (а) и линии изученных уступов (б), К-1, К-2 – номера карьеров; 9 – проекции рудных тел на поверхность: Н – Новое, З – Зейское, Оз – Озерное, Г – Главное с Северным (Г-1) и Южным (Г-2) участками. Геологические структуры: I – Алдано-Становой кратон, II – Амурский микроконтинент, III – Монголо-Охотская складчатая система, IV – Сихотэ-Алинский ороген.

жившиеся представления о залегании и строении промышленных рудных тел, выделенных по результатам опробования керна. Рассмотрим их в порядке от западного к восточному флангу месторождения.

Рудное тело Новое было выделено как пологое по опробованию керна скважин в районе профиля 112 (рис. 1) на отметках 290–320 м. В плане оно вытянуто в северо-восточном направлении. На средних уступах северо-западной стенки карьера № 1, отвечающих положению этого тела, нами зафиксирована серия крутозалегающих кварцевых тел северо-вос-

точного простирания (аз. пад. 310–330°, углы 65–80°). Мощности встреченных на уступах сближенных кварцевых жил составляют от 0.1–1.0 до 2–3 м. Маломощные (1–20 см) жилы следуют через 1–2.5 м субпараллельно более мощным. В висячих боках мощных жил располагаются наращивающие их или обособленные линейные прожилковые зоны с аналогичным залеганием. Общая мощность каждой зоны сближенных жил и прожилковой минерализации в этой части карьера составляет 10–30 м. Расстояния между соседними зонами имеют тот же порядок.

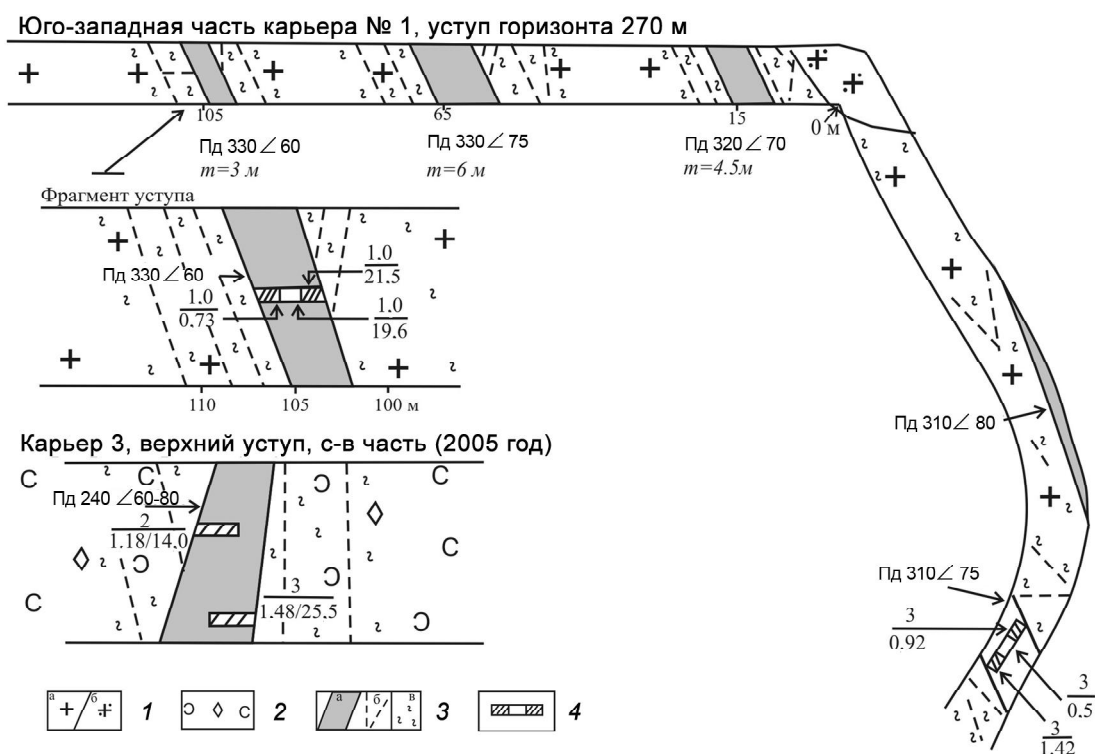


Рис. 2. Крутозалегающие кварцевые жилы и жильно-прожилковые зоны в уступах карьеров № 1 и № 3. Месторождение Покровское.

1 – граниты (а) и гранит-порфиры (б); 2 – вулканические брекчии; 3 – кварцевые жилы (а) с указанием на зарисовке мощности (m) в метрах и элементов залегания; сопутствующие маломощные (1–5 см) жилки аналогичного залегания и апофизы (б) в ореоле прожилков (в); 4 – места отбора проб с указанием на зарисовке длины опробованного интервала в метрах (числитель) и содержания золота и серебра в г/т (знаменатель).

На юго-западном продолжении зоны Новой (после разворота западных уступов карьера на юг и юго-восток) на нижних уступах зафиксированы мощные кварцевые жилы с содержаниями золота 1.5–21.5 г/т. Азимуты их простирания – 30° и 70° с падением на северо-запад под углами, близкими к 60–80° (рис. 2). На верхних уступах юго-западной части карьера эти жильно-прожилковые зоны продолжают и выходят на поверхность. Пологих кварцевых жил в этой части карьера вообще не выявлено. Все эти факты доказывают крутое залегание рудной зоны Новой (рис. 3, разрез) и возможное существование других аналогичных крутозалегающих жильно-прожилковых зон западнее этой.

Рудные тела Главное и Зейское. Эти разведанные скважинами основные промышленные тела (залёжи) вскрыты карьером № 1 в интервале глубин до 80 м от поверхности между разведочными профилями 64 и 104 (рис. 1). Граница между телами весьма условная. В их объединенном контуре на уступах северной и северо-западной стенок карьера установлена серия крутозалегающих кварцевых жил и зон раз-

личной мощности северо-восточного простирания (рис. 1, 3). Падение их северо-западное (углы 60–80°), мощности от 0.1–1.0 м до 3–5 м. Такие же крутопадающие кварцевые жилы аналогичной мощности зафиксированы на их продолжении на ряде уступов юго-западной стенки карьера в полосе шириной не менее 400 м. Крутозалегающие жилы установлены и на фрагментах нижних уступов южной части карьера № 1. Они находятся непосредственно над кровлей силла, гребневидное возвышение которого располагается между разведочными линиями 96 и 80 (рис. 1). На плане карьера № 1, по данным разведки, нанесены линии выхода на поверхность мульдообразного тела Зейского. Крутозалегающие кварцевые тела северо-восточного простирания встречены на уступах с обеих сторон выхода на поверхность пологой южной субширотной ветви Зейского рудного тела. Можно лишь предполагать сопряжение вскрытого на поверхности пологого крыла Зейской залежи запад-северо-западного простирания с этими крутозалегающими кварцевыми телами и жильно-прожилковыми зонами северо-восточного простирания, для

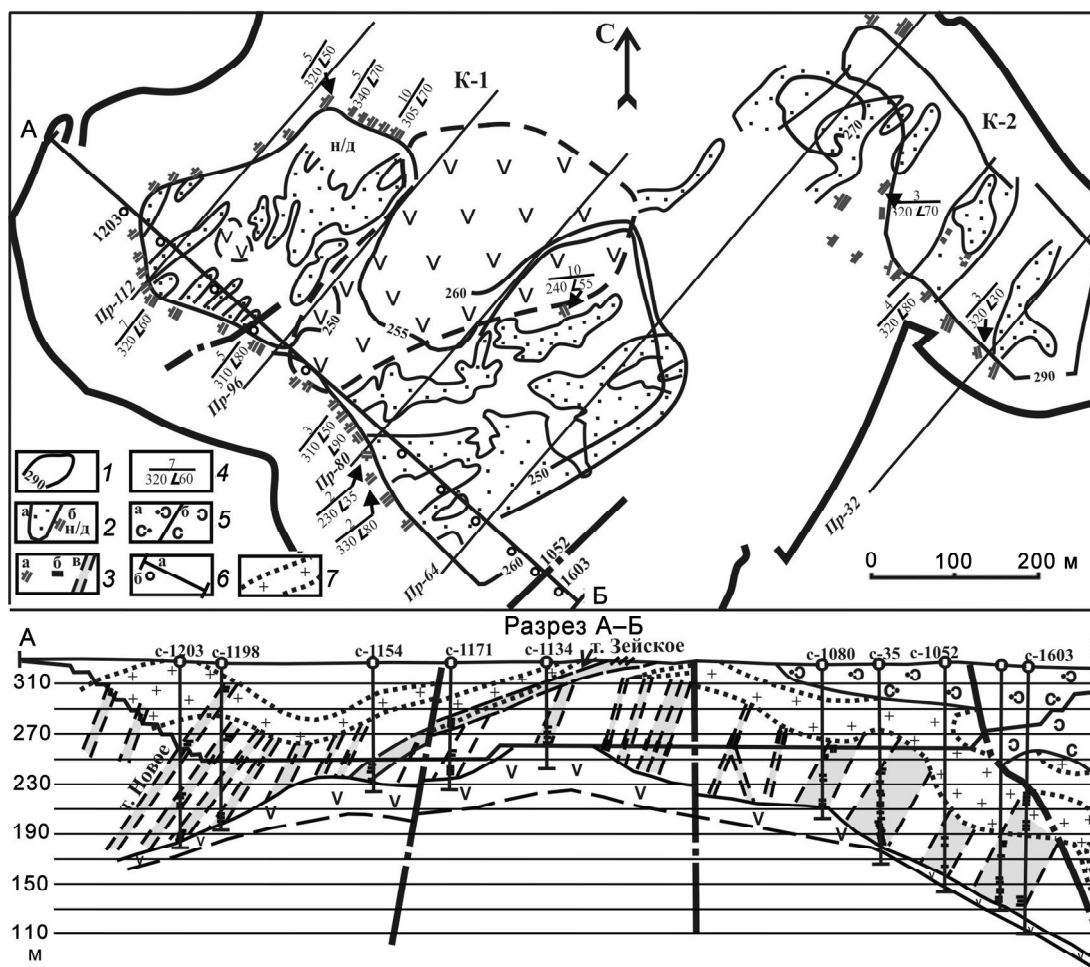


Рис. 3. Золотоносность пород дниц карьеров № 1 и № 2 и положение крутозалегающих жильных и жильно-прожилковых зон на плане и в разрезе А-Б.

1 – нижние уступы карьеров; 2 – содержания золота в породах более 1 г/т (а), нет данных опробования (б); 3 – жильные зоны в уступах карьеров на плане (а), в скважинах (б) и в разрезе (в); 4 – мощность в м (числитель), азимуты и углы падения (знаменатель); 5 – туфы дацита в выработанном пространстве карьера (а) и в уступах (б) на разрезе; 6 – разведочные профили, линия разреза А-Б (а) и положение буровых скважин (б); 7 – положение тела гранит-порфиров в разрезе. Остальные обозначения показаны на рис. 1.

которых оно, очевидно, являлось тектоническим экраном (рис. 3, разрез). Однако проверить это предположение не представляется возможным, так как это пространство уже полностью выработано.

На нижних уступах юго-восточной части карьера в гранитах и гранодиоритах над погруженной поверхностью восточного крыла силла также встречены выходы серии крутозалегающих жильных тел мощностью около 0.5–1.5 м аналогичного простирания, располагающихся на расстояниях 20–30 м одно от другого. Падение их крутое северо-западное, и лишь единичных – юго-восточное. Такие же жилы встречены и на северо-восточных уступах, в районе стыка карьеров № 1 и № 2, а также несколько южнее. Таким образом, эта восточная полоса крутозалегающих

жил шириной более 150 м прослеживается в зоне разведочного профиля 64 на северо-восток от южной части карьера № 1 через западную часть карьера № 2 до Сергеевского разлома, перед которым они выклиниваются. Восточнее этой полосы жил рудомещающие граниты перекрыты экранирующей, горизонтально залегающей безрудной пачкой переслаивающихся туфов и лавобрекчий.

Жилы в гранитах выполняют трещины разрыва, поэтому имеют переменные мощности и углы падения, сопровождаются пологими апофизами. Видимо, каждая жильно-прожилковая зона (рис. 2) представляла собой единую взаимосвязанную систему трещин. Мощные кварцевые тела имеют в основном брекчиевое строение (остроугольные обломки каоли-

низированного гранита сцементированы тонкозернистым кварцем одной или нескольких генераций). Внутренние зоны некоторых из жил сложены более поздними генерациями кварца и имеют массивное или полосчатое строение. По латерали (в стороны) они сменяются гидротермально измененными породами с прожилками кварца. В карьере № 1 нами достоверно наблюдались лишь три непротяженных пологих кварцевых тела. Одно мощностью около 0.7 м встречено в северо-восточной части карьера на его верхнем уступе, второе мощностью 1.2 м – в его центральной части, третье жильное пологое тело мощностью до 2 м и протяженностью не более 20 м – на втором снизу уступе в южной части карьера над гребнем силла дацита. Выходы крутозалегающих жильных зон на нижних уступах карьера коррелируются с местонахождением зон повышенной (более 1 г/т) золотоносности пород северо-восточной ориентировки в днище карьера (рис. 3), выявленных по опробованию шлама скважин, пройденных для взрывных работ.

Рудное тело Озерное вскрыто карьером № 2 (рис. 1). К 2005 г. оно считалось, в основном, отработанным в контуре разведанных запасов, поэтому северная часть карьера была засыпана пустой породой. Для наблюдений были доступны лишь некоторые более устойчивые фрагменты уступов южного и восточного его бортов. На нижних и средних уступах в гранитах и вулканитах здесь также были зафиксированы выходы серий крутозалегающих кварцевых тел различной мощности с преобладающим северо-восточным до субмеридиональным простиранием. Наблюдались также отдельные жилы северо-западного простирания. Более сложное (разнообразное) залегание здесь кварцевых тел, видимо, обусловлено расположением этого рудоносного блока вблизи Сергеевского разлома.

К 2008 г. карьер № 2 был расширен на восток и юго-восток (правая часть рис. 3). На этих уступах нами также были установлены крутозалегающие кварцевые тела. Обычно они представлены зонами брекчированных гранитов и вулканитов, сцементированных кварцем либо пронизанных прожилками кварца. Часто это сближенные кварцевые тела различной мощности (0.1–1.0 и более метров каждое) и протяженности, контролируемые трещинами отрыва. По результатам опробования полотна этой части карьера (шлама скважин, пройденных по сетке 6×7 м для рыхления пород взрывом) выявляются полосы золотосодержащих (более 1 г/т) пород северо-восточного простирания, пространственно коррелирующиеся с выходами обнаруженных в бортах уступов крутозалегающих кварцевых тел.

Таким образом, для всей центральной и западной (юго-западной) части Покровского месторождения характерны сближенные крутопадающие жильно-прожилковые зоны преимущественно северо-восточного простирания (их азимут 30–50°) с преобладающим северо-западным падением (углы 65–80°). Близкую ориентировку имели и линии проходки вертикальных разведочных скважин (азимут около 43°). В связи с этим, фактически, скважины каждой буровой линии вскрывали различные крутозалегающие жильные тела одной или соседних жильно-прожилковых зон, либо скважины попадали в разделявшие их неминерализованные породы. Вследствие этого, промышленные контуры выделенной “пологой залежи” часто неожиданно обрывались и иногда также неожиданно возобновлялись (например, восточная часть тела Главного, профиль 80 на рис. 1). Это привело к усложнению выделенных по опробованию керна контуров рудных тел и, очевидно, к неполноте разведки составляющих их продуктивных крутозалегающих зон по простиранию и глубине. С приближением к Сергеевскому разлому все крутопадающие жильно-прожилковые зоны этой части месторождения выклиниваются.

В свете изложенных данных, золоторудные тела (залежи) Новое, Зейское, Главное и Озерное Покровского месторождения сложены, в основном, не пологими, как считалось по интерпретации данных буровой разведки, а сближенными крутозалегающими кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами преимущественно северо-восточного простирания (рис. 1), разделенными неминерализованными гранитоидами. Это также подтверждается ориентировкой зон золотоносных пород в забоях обоих карьеров (рис. 3). Пологое залегание интегральной рудной залежи обусловлено морфологией рудовмещающей блок-пластины гранитоидов, размещающейся между пологим экраном толщи вулканитов и подстилающим силлом дацита. Размещение кварцевых тел контролировалось серией протяженных сближенных крутозалегающих разломно-трещинных зон северо-восточного простирания довулканического заложения, протягивающихся субпараллельно гребню рудоконтролирующего силла дацитов (рис. 1).

По геологическим критериям рудные залежи месторождения целесообразно было бы разделять на две группы:

- 1) северо-западную (тела Новое, Зейское, Главное-1), сформировавшуюся над северо-западным крылом силла на максимальном удалении от жерла вулкана – основного источника рудоносных флюидов;

2) юго-восточную (тела Главное-2 и все участки Озерного), сформировавшуюся над юго-восточным крылом силла вблизи жерла палеовулкана. Это следует учитывать при анализе минералого-геохимической зональности месторождения.

Рудное тело Молодежное северо-восточного фланга месторождения обрабатывалось карьером № 3 (рис. 1, схема). Оконтуренная по результатам опробования керна субгоризонтальная рудная залежь имеет сложную форму и контролируется контактом гранитов и перекрывающих их вулканитов [3, 11]. В отличие от западного фланга месторождения, здесь промышленное золотое оруденение сосредоточено главным образом в основании вулканогенной толщи и почти не распространяется в подстилающие граниты, хотя крутопадающие кварцевые тела продолжают до кровли силла. Считалось, что в пределах промышленного контура каждая разведочная скважина пересекает 1–3 пологих жильных тела разной мощности. Иногда одно кварцевое тело занимало до 1/3–2/3 длины керна скважины. Однако на соседних скважинах (пройденных на разведочных линиях северо-восточной ориентировки с интервалом в 20 м) картина резко отличается – несопоставимы число пересеченных жил и их мощности, либо жилы вовсе отсутствуют.

Геологическое изучение устойчивых и доступных фрагментов уступов карьера № 3 показало, что и на этом фланге месторождения преобладающая часть кварцевых жил различной мощности (0.1–10 м) имеют крутое залегание (стенка карьера 3 на рис. 2). Однако простирание их здесь преимущественно северо-западное с преобладающим падением на юго-запад (углы 65–80°). Такое залегание они имеют в вулканитах (восточная часть карьера) и в подстилающих гранитах (юго-западная и северо-западная части карьера). Часть маломощных жил прослеживается в северо-восточном направлении. Крутопадающие жилы имеют пологие апофизы, отходящие чаще от висячих боков. Как и у жил, вскрытых в карьере № 1, мощность апофиз с удалением от основного тела на 5–10 м резко снижается. В центральной части карьера № 3 таких сближенных крутозалегающих ствольных жил и жильно-прожилковых зон сосредоточено больше, поэтому продуктивность этой части Молодежного рудного тела выше. В северной стенке карьера, в зоне контакта гранитоидов и перекрывающих их вулканитов, в последних нами наблюдались единичные линзовидной формы пологие кварцевые тела, обычно малой мощности (0.3–0.5 м) длиной около 10–20 м. С висячего бока они имеют крутозалегающие ответвления-апофизы. В общей массе кварцевых тел доля

пологих жил и зон в этой части месторождения также невысока.

Морфология круто- и пологозалегающих кварцевых тел, изученных во всех трех карьерах, и их минеральный состав идентичны. Невыдержанность мощности жил и зон по падению и простиранию, сложная форма апофиз, часто с коленообразными изгибами, единство минерального выполнения тех и других жил, зон и апофиз свидетельствуют о неоднократном раскрытии полостей и одновременном отложении одних и тех же генераций кварца и минеральных ассоциаций в разноориентированных трещинах. Зоны брекчиевого строения возникали, предположительно, на участках рассредоточенного и менее значительного раздвижения массы мелких фрагментов трещиноватых пород и цементации их кварцем. По мощности такие тела, как и жилы, наращивались зонами прожилковой минерализации. Содержания золота в пробах из пологих и крутозалегающих кварцевых жил и зон широко варьируют от долей до нескольких десятков г/т, в зависимости от распространения продуктивных минеральных ассоциаций. По морфологии, строению и условиям залегания жилы и жильно-прожилковые зоны имеют много общего с телами Балейского месторождения [13].

Основные геологические факторы рудолокализации. Исследования показали, что формирование месторождения было обусловлено пространственно-временным сочетанием следующих пяти благоприятных геологических факторов: наличием экранированной положительной рудовмещающей структуры с пористо-трещиноватым гранитоидным коллектором флюида (рис. 3, разрез); ее пространственной сопряженностью с жерлом палеовулкана – основным каналом поступления металлоносных гидротерм (рис. 1); размещением рудного поля и палеовулкана в узле пересечения зон дорудных глубинных разломов северо-восточного и северо-западного простирания; повышенной компетентностью и реакционной способностью гранитоидов и вулканических брекчий основания вулканических накоплений по сравнению с песчаниками и алевролитами терригенной толщи верхней юры; наличием в основании рудолокализирующей структуры пологозалегающего рудоконтролирующего силла дацитов, ограничивающего оруденение снизу. Как было установлено в процессе буровой разведки, все накопления руд произошли в относительно узком по высоте (10–160 м) пологозалегающем блоке гранитоидов, расположенном между силлом дацита и подошвой покровных вулканитов, с частичным захватом вулканических брекчий нижней части этой толщи на восточном фланге месторождения (рудные залежи Озерная и Молодежная). Об экранирующей

роли толщи вулканических туфов свидетельствуют следующие факты: 1 – установлены лишь незначительные гидротермальные изменения и пиритизация налегающих на граниты вулканитов (наши наблюдения в восточной стенке карьера № 1 и наблюдения В.Г. Хомича с коллегой [14] при документации керна ряда скважин этого же участка); 2 – отсутствие на этом участке гидротермальной пропарки вулканитов основания толщи (данные С.К. Сиротина 1982 г. по декрепитации вмещающих пород) и затухание в них первичных ореолов рассеяния золота и комплекса сопутствующих рудных элементов (данные Л.О. Сахьянова и др. 1985 г.).

Дополнительный анализ разведочных материалов позволил сделать однозначный вывод – для западного фланга месторождения верхняя часть пологозалегающего блока гранитов с пологими телами гранит-порфиров являлась не рудовмещающей, а слабопроницаемой экранирующей, с рассеянной (ореольной) минерализацией. Таким образом, рудные тела восточного фланга Покровского месторождения формировались под экраном вулканических пород, а западного – под двойным экраном гранит-порфиров и вулканитов.

Рудообразующая гидротермальная система в пологитермальной экранированной структуре, очевидно, начала формироваться с момента появления достаточно мощного вулканического экрана, а жильные тела – лишь после внедрения силла дацитов, так как под ним золото-кварцевых жил разведкой не обнаружено.

Формирование силла имело несколько важных следствий. Внедрение расплава в пологую трещинную зону оказало давление на вмещающие породы, вследствие чего активизировались (подновились) ранее заложенные трещинные зоны [10], особенно крутого залегания, субпараллельные ориентировкам гребневидных поднятий силла.

Дополнительное тепловое воздействие силла на флюид привело к возрастанию под экраном давления гидротермальных растворов до литостатического и выше. Это явилось причиной начала одновременных гидравлических раскрытий разноранговых и разноориентированных систем трещин в гранитоидах фундамента вулканоструктуры, появления дополнительных оперяющих трещин гидроразрыва и стадийного минералоотложения в полостях, возникающих и развивающихся в режиме широких вариаций флюидного давления [7, 8, 10]. В экранированной гидротермальной системе максимальные гидравлические раскрытия полостей чаще происходили по крутозалегающим тектоническим трещинам, в связи с более низкими энергозатратами на раздвижение их стенок, по

сравнению с раскрытием литостатически более нагруженных пологих трещин. Это подтверждается установленным (рис. 1) количественным преобладанием крутозалегающих кварцевых тел повышенной мощности и малой мощностью и быстрым выклиниванием их пологих апофиз.

По этой же причине над кристаллизующимся силлом в порово-трещинном пространстве возникла конвективная динамика флюида, приведшая к концентрации золота в рудных телах по периферии гребневидных поднятий силла [11]. Еще одним следствием теплового влияния силла на формирование золоторудной минерализации является ее вертикальная текстурная зональность. Вблизи кровли силла распространены преимущественно брекчиевые текстуры, а на удалении – массивные, полосчатые и фестончатые.

СТАДИЙНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ РУД, ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА

Золоторудная минерализация месторождения относится к гидрослюдисто-адуляр-золото-кварцевому минеральному типу убогосульфидной золото-кварцевой формации. Руды штокверковых зон и кварцевых жил, по данным предшественников (Барков Н.И., Дементенко А.И., Кошков Ю.В., Новиков В.П., Сахьянов Л.О., Сиротин С.К. и др.), формировались в 4 или 5 стадий. Парагенезисы большинства стадий обычно совмещены (телескопированы) в единых жильно-прожилковых зонах или зональных жильных телах. Краткая характеристика стадий минерализации приводится по [3, 6] с учетом данных (Н.И. Барков, Ю.В. Кошков 1980 г., Л.О. Сахьянов с коллегами 1985 г.) и наших наблюдений.

Первая – кварц-гематитовая стадия включает кварц-хлоритовую, кварц-хлорит-гематитовую и кварц-карбонат-пиритовую минеральные ассоциации, наблюдающиеся в породах разрозненно в виде тонких (от 1 мм до 1–3 см) ветвящихся прожилков, а иногда в виде отдельных их фрагментов в агрегатах более поздних генераций кварца (рис. 4). Красно-бурая окраска части этого кварца обусловлена распыленным гематитом. Объем парагенезиса в рудах невелик. Золото связано с тонкорассеянным в кварце ранним пиритом с размерами кристаллов 0.1–1.0 мм. В выделенном гематит-пиритовом концентрате содержания золота не превышают 0.75–1.0 г/т, серебра – 1.2–2.2 г/т. **Вторая** – карбонат-кварцевая стадия на месторождении распространена наиболее широко. Этим парагенезисом сложен основной объем жильных тел выполнения. Кварц-2 этой стадии халцедоновидный, тонко- или мелкозернистый темно-серой, серой или молочно-белой расцветок. К центральным

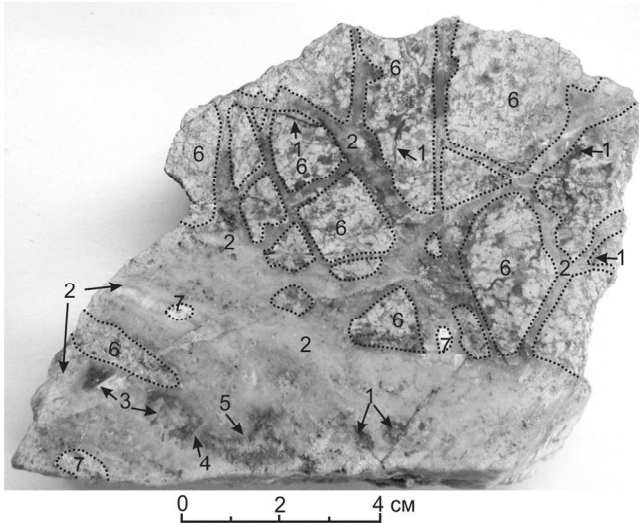


Рис. 4. Фрагмент призальбандовой части кварцевой жилы сложного строения в граните (штуф П-2).

1 – “сургучный” кварц-1 с пиритом; 2–5 – разновидности кварца второй стадии: мелко- и тонкозернистый массивно-полосчатый светлый (2), аметистовидный (3), пластинчатый (4), друзовый (5); 6 – измененный (окварцованный) гранит; 7 – каолиновый матасоматит.

частям мощных жил он иногда переходит в аметистовидный или более зернистый каркасно-пластинчатый (рис. 4). В последнем случае карбонат представлен крупными тонкопластинчатыми выделениями до 6–10 мм в поперечнике, а кварц – мелкозернистый. В составе парагенезиса присутствуют пирит и тонкое золото. Минеральный комплекс **третьей** – золото-адуляр-кварцевой стадии в виде секущих прожилков накладывается в пределах жил на оба предыдущих парагенезиса, либо образует обособленные прожилки, чаще в висячем боку кварцевых жил. Он определяет повышенную золотоносность кварцевых жил и прилегающих метасоматитов. Рудные минералы этой стадии представлены пиритом, халькопиритом и очень редко встречающимися золотом, галенитом, сфалеритом, фрейбергитом, аргентитом, полибазитом, теннантитом. **Четвертая** – кварц-карбонат-сульфидная стадия локализуется в виде прожилков простого или сложного, иногда существенно сульфидного, состава по большей части за пределами ствольных кварцевых жил. Прожилки маломощные, имеют кварц-пиритовый, кварц-галенит-сфалеритовый, кварц-карбонат-полисульфидный, кварц-антимонитовый и монопиритный состав. В кварц-полисульфидных прожилках устанавливается халькопирит, иногда арсенопирит, айкинит, теннатит, тетраэдрит, фрейбергит, энаргит. Все эти минералы содержат примеси золота, иногда в прожилках встречается

свободное золото, ассоциирующее с пираргиритом. Не исключено, что часть этих прожилков относится к предыдущим стадиям (2 и 3). **Пятая**, послерудная стадия, представлена прожилками кварца, или кварца с карбонатным ядром, либо только карбоната (доломита или кальцита). Кварц в таких прожилках мелкогребенчатый, шестоватый или средне-крупнозернистый массивный.

Особенности минерального состава руд. Жилы и прожилки сложены преимущественно кварцем, отчасти адуляром и карбонатами. Количество рудных минералов в жильном кварце варьирует от 0.1 до 0.5 %. Они указаны выше. К их перечню следует добавить встреченные в некоторых прожилках антимонит и обнаруженную в протолочках киноварь. Из сульфидов в рудах наиболее распространен пирит. Он образует микро- и макрокристаллы, присутствующие как в гидротермально измененных вмещающих породах, так и в жильном кварце. Вкрапленность пирита наблюдается в пропилитизированных, аргиллизированных, окварцованных и карбонатизированных боковых породах совместно с прожилками кварца или без них. В породах повышенной основности (обогащенных железом диоритах и диорит-порфиритах) содержание пирита, как правило, выше и в локальных участках превышает 2–3 %. Пирит присутствует в нескольких разновременных ассоциациях минералов и, по сути, является сквозным. Наиболее ранний пирит-1 образует вкрапленники в измененных вмещающих породах и в обломках метасоматитов, включенных в жильном кварце, и имеет размеры 0.1–2 мм. Форма его кубическая. Пирит-2 ассоциирует с ранними жильными кварц-гематитовой и кварц-хлоритовой ассоциациями, встречающимися в виде маломощных прожилков (1–5 мм) в породах, а также в обломках пород в кварцевых телах. Размеры его выделений не более 1 мм. Пирит-3 наблюдается в зальбандах прожилков и жил серого и белого кварца-2. Крупность его не более 0.1 мм. Он ассоциирует здесь с другими сульфидами. Пирит-4 наблюдался при электронно-микроскопических исследованиях в виде мельчайших (около 1 мкм) изолированных округлых выделений, установленных в массе тонкозернистого белого массивного и полосчатого кварца из внутренних участков жил. В таком пирите включений золота не обнаружено. Пирит-5 – наиболее поздний, относится к четвертой стадии. Он значительно крупнее (10–100 мкм), чем пирит-4, и образует поперечные или кососекущие полосчатость жил мономинеральные прожилки и просечки шириной 1–5 мм. Менее мощные (1–2 мм) просечки тонкозернистого пирита наблюдались и во вмещающих породах.

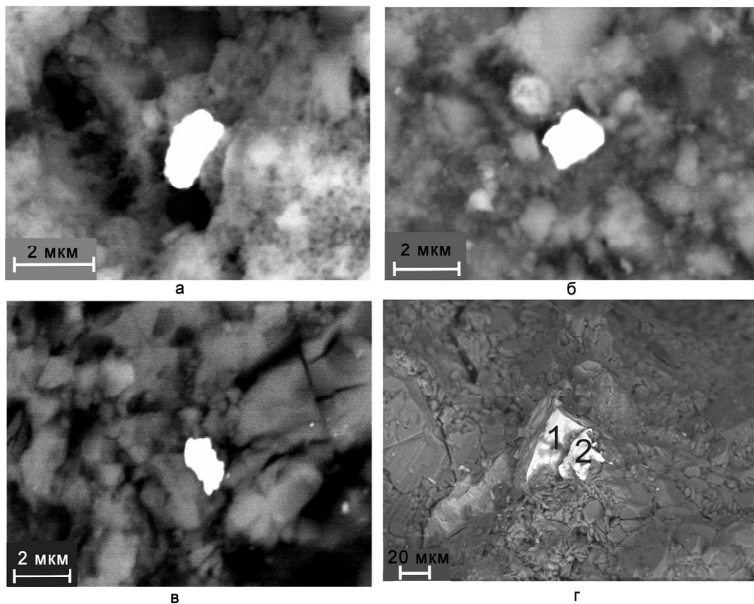


Рис. 5. Рудные минералы в продуктивных тонкозернистых и микрозернистых кварцах Покровского месторождения.

а – электрум (Au 59.27, Ag 40.73 мас. %), обр. 14036, препарат 1; б – интерметаллид $Cu_5Au_4Ag_1$ (Au 63.03, Cu 28.06, Ag 8.9 мас. %) обр. 14036, препарат 1; в – высокопробное медистое золото (Au 91.51, Ag 3.97, Cu 4.53 мас. %) обр. 14468; г – пирит (1) и высокоребристый (Ag 17.6 мас. %) фрейбергит (2), разделенные тонкозернистым кварцем и совместно изолированные в его массе – обр. 14037.

С целью выяснения размерности и особенностей распределения рудных минералов в жильной массе нами были проведены электронно-микроскопические исследования срезов, сколов и полированных фрагментов штуфов продуктивных кварцев месторождения, показавших по пробирным анализам содержания золота 1–20 г/т. Электронно-микроскопические исследования выполнялись в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН главным образом на сканирующем электронном микроскопе ZEISS EVO 50XVP, оснащенный системой энергодисперсного рентгеновского анализа INCA Energy-350, а также на JEOL JXA-8100 при увеличениях до 1000–15000 крат. В убогосульфидных рудах присутствует широкий спектр минералов, содержащих золото и другие металлы, установленные в них спектральным и ICP-MS методами анализа. Помимо минералов, обнаруженных в рудах предшественниками [3, 6], нами [5] в кварцевой матрице исследовательских препаратов, изготовленных из штуфов различных жил, дополнительно выявлены гипогенные минералы из групп оксидов (WO_2 , SnO_2 , Fe_2O_3), сульфатов (барит), фосфатов (редкоземельный апатит), теллуридов (гессит), различных интерметаллидов на основе Au, Cu, Zn, Sn, Fe, а также минералов самородных элементов (серебро, железо). Характеристики состава и размеров рудных минералов и вмещающих их матриц приведены в таблице.

В полированном образце Н-14036 окварцованной туфобрекчии из карьера № 3 пирит сосредоточен в основном в раннем темно-сером кварце-1. В более позднем кварце-2 редкие зерна пирита обнаружены вблизи его контактов с обломками включений вме-

щающих пород и кварца-1. На различных участках кварца-2 обнаружены электрум (593 ‰, рис. 5 а), изолированные золотины размером 1×3 и 0.5 мкм с пробой 723 и 764 ‰, изометричные индивиды интерметаллида состава $Cu_5Au_4Ag_1$ (рис. 5 б) с содержанием в нем меди 28.06 мас.% и соотношением Au/(Au+Ag) 873 ‰, касситерит (~1 мкм), самородное железо (2×4 мкм), сфалерит (10 и 40 мкм) с массовой долей примесного железа (0.8 ‰). В реликтах метасоматита установлены микроиндивиды оксида вольфрама (~1 мкм), столбчатый кристалл арсенопирита (1.2×2 мкм) и интерметаллид состава $(Cu,Zn)_1(Au,Ag)_1$ с соотношением Au/(Au+Ag) 818 ‰ и содержанием меди 21.76 и цинка 5.55 мас. %.

В срезе образца Н-14468 из кварцевой жилы в гранитах (дно карьера № 1 в его южной части) на различных участках препарата в кварце-2 установлены обособленные субизометричные выделения самородного золота (0.9×1.2 мкм) 800 пробы без меди, лишь с незначительной примесью железа, высокопробного медистого золота (рис. 5 в), медистого золота состава $Au_{12}AgCu_2$ с соотношением Au/(Au+Ag) 958.4 ‰ и $Au_8Cu_1Ag_1$ с соотношениями Au/(Au+Ag) от 941.5 до 953 ‰, а также пирита (0.9×1.5 мкм), гессита с примесями серы (1.24 мас.%) и урана (4.47 мас.%). Такое же разнообразие составов минералов зафиксировано и в других образцах руд. В изучавшемся препарате из среза образца руды Н-14062 среди тонкопластинчатого кварца, помимо прочих рудных минералов, установлен интерметаллид состава оловянистой бронзы.

В сколе образца мелкозернистого жильного кварца-2 Н-14037 (рис. 5 г) обнаружены близко рас-

положенные относительно крупные зерна пирита и блеклой руды (20×50 и 20×30 мкм, соответственно), отвечающей по составу фрейбергиту с примесями железа (1.6 мас.%) и цинка (6.0 мас. %). В этом же образце рентгеновским картированием контакта алюмосиликатной матрицы и кварца установлен сросток призматического зерна фрейбергита с интерметаллидом меди и цинка. Во фрейбергите установлено присутствие урана (рис. 6).

В редких случаях при определениях элементных составов рудных минералов установлено присутствие урана. Уран обнаружен на зернах гессита (обр. Н-14468, табл.) и фрейбергита (обр. Н-14037, рис. 6 и табл.). В последнем случае он рассредоточен относительно равномерно по всей поверхности кристалла и поэтому визуальнo коррелируется с распределением серебра, меди, сурьмы и серы. В данном случае мы имеем дело с хорошо отпрепарированным кристаллом фрейбергита на сколе кварца с почти полностью сохранившейся его поверхностью. Очевидно, на ней имеется пленочно-точечное покрытие с урансодержащей фазой неустановленного состава. Она также зафиксирована и в точке-2 на соседнем зерне интерметаллида и отсутствует в точке-1, видимо, на более глубоком уровне скола кристалла фрейбергита (рис. 6). Во внутренних частях выделений фрейбергита в срезах других образцов уран не зафиксирован. Предполагается аналогичное точечно-пленочное отложение урансодержащей фазы и на поверхности гессита.

Источник урана для флюида был местным. Об этом свидетельствует различие естественной радиоактивности неизменных гранитов и околорудных метасоматитов по ним (в среднем 14 и 5 мкР/час, по Н.И. Баракову, Ю.В. Кошкову, 1980 г.) при соотношениях U:Th, близких к 1. Присутствие урана лишь на поверхности кристаллов некоторых минералов свидетельствует о сорбционном механизме его накопления на завершающем этапе формирования руд.

Все приведенные в таблице рудные минералы кварцевых жил и прожилков имеют преимущественно микрометровые (от <1 до 3 мкм) размеры, чаще округло-изометричные формы выделений (рис. 5 а, в) и размещаются в близкой им по размеру зерен кварцевой матрице, содержащей местами включения алюмосиликатов, представленных адуляром, серицитом, иллитом, каолинитом, хлоритом.

Особенностью распределения рудных минералов в кварцевой матрице является обычная их рассредоточенность и обособленность друг от друга (рис. 5). Вытекающая из данных таблицы примерная соразмерность индивидов вкрапленных рудных ми-

нералов и минералов жильной матрицы позволяет высказать предположение о формировании их в условиях резких спадов давления флюида при раскрытиях полостей и высоких пересыщениях растворов кремнием (кремнекислотой) при гетерогенизации. Это приводило к одновременному зарождению множества центров кристаллизации кварца. Бурная кристаллизация кварца со спонтанным нарастанием числа возникающих его индивидов в пересыщенных кремнием растворах обеспечивала быструю изоляцию в кварцевой матрице возникающих микрометровых зарождений рудных минералов. В редких случаях нами наблюдались микроассоциации двух родственных по составу рудных минералов (рис. 5 г и рис. 6). Такие ассоциации имеют несколько повышенную крупность (до 40–50 мкм, рис. 5 г), как и индивиды матрицы.

Из отмеченного рассредоточенного распределения рудных минералов в жильной матрице и их малых количеств (в сумме не более 0.5 %) следует вывод о низких содержаниях в гидротермах растворимых соединений Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba, Sb, Bi, Te, W, Sn, Mo и U. Гетерогенизация таких растворов не обеспечивала концентрированное выпадение рудных минералов. Полагаем, что отгонка во вмещающие породы газовой фазы (в том числе H₂S) при гетерогенизации флюида могла способствовать связыванию в полостях рудонакопления серебра с теллуром (гессит) или образованию интерметаллидов Ag, Cu, Pb, Zn и самородных минералов Fe и Ag. Сходство строения атомов и известная близость кристаллохимических и геохимических свойств золота, серебра и меди [4] в таких случаях способствовали формированию сложных интерметаллидов золота с серебром, медью и иногда с цинком с переменным количеством примесного серебра. Отражением этого является широкая вариация соотношения Au/(Au+Ag) в минералах (таблица, колонка 4). Дефицит серы в растворах способствовал появлению также интерметаллида меди с оловом (образец Н-14062).

Таким образом, невысокие концентрации комплексов металлов и неоднократная гетерогенизация флюидов обусловили преимущественно малые размеры индивидов отлагавшихся рудных минералов, их большое разнообразие и неоднородность состава. Это фиксируется при электронно-микроскопическом исследовании даже в пределах небольших фрагментов штуфов (исследовательских препаратов). Такие особенности, видимо, свойственны рудам многих убогосульфидных месторождений с тонкозернистыми и халцедоновидными кварцами, формировавшимся в малоглубинных условиях при неустойчивом ре-

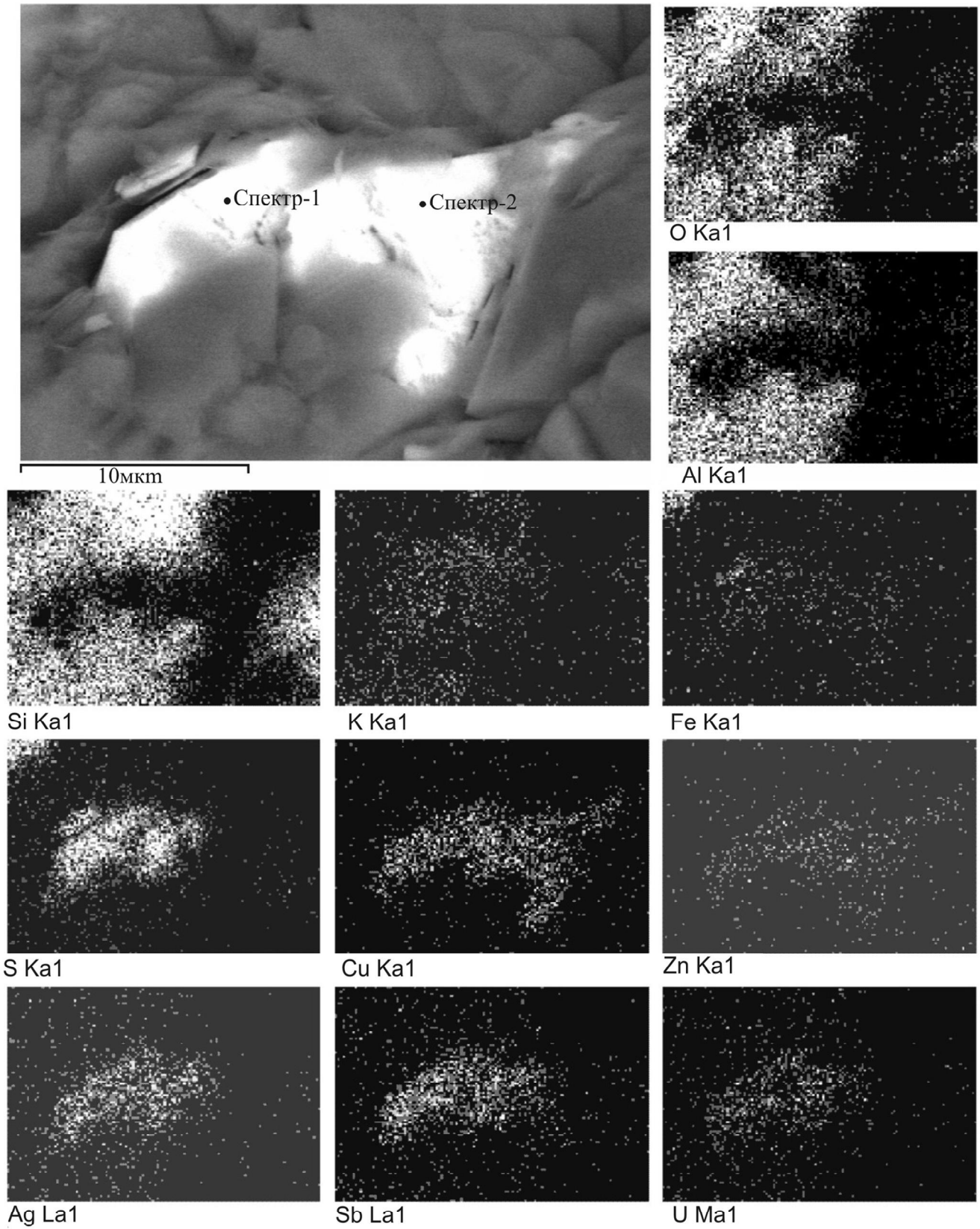


Рис. 6. Рентгеновская картограмма срастания фрейбергита с интерметаллидом Cu и Zn (правая часть сrostка) в алюмо-кремниво-калиевом метасоматите на границе с кварцем.

Таблица. Результаты электронно-микроскопических минералогических исследований руд Покровского месторождения.

Участок препарата, минерал	Состав, атом. %	Формула	Соотношение Au/(Au+Ag), %	Примеси, мас. %	Размеры рудных минералов, мкм	Матрица, (размеры зерен, мкм)
1	2	3	4	5	6	7
Образец Н-14036 – полированный срез жильного кварца						
Уч.1 Касситерит*	Sn 31.76, O 65.72 Fe 2.52	SnO ₂	–	Fe 3.67	2×3	кварц (3×4)
Уч.2 Железо самородное	Fe 100	Fe	–	–	2×4	кварц (3×4)
Уч.3 Сфалерит	Zn 46.52; S 53.04	ZnS	–	Fe 0.81	30×40	кварц (20–50)
Уч.4 Интерметаллид	Au 37.91, Ag 9.77, Cu 52.32	~Au ₄ Ag ₁ Cu ₅	873.3	–	2	кварц (2–3)
Уч.6 Электрум	Au 43.5, Ag 55.65	~Au _{0.9} Ag _{1.1}	593	–	1×2	кварц
Уч. 7 Самородное золото	Au 58.82, Ag 41.18	~Au ₃ Ag ₂	723	–	1.5×3, 10	кварц
Самородное золото	Au 63.94, Ag 36.06	~Au ₃ Ag ₂	764	–	1; 1.5×3	кварц
Барит	Ba 15.89, S 16.33, O 67.78	Ba[SO ₄]	–	–	1.5×1.8	кварц (1–5)
Уч.8 Оксид вольфрама	W 33.73, Fe 0.98, O 65.29	~WO ₂	–	Fe 0,72	1.0	кварц (0.5–1)
Уч. 9 Арсенопирит	Fe 25.89, As 38.57, S 35.45	~FeAsS	–	–	1.5×2.5	кварц (4×5)
Уч. 10 Интерметаллид	Au 33.42, Ag 9.06, Cu 57.52	~Au ₃ AgCu ₆	870	–	1.0	кварц
Интерметаллид	Au 35.45, Ag 13.21, Cu 40.21, Zn 9.96	Au _{3.5} Ag _{1.5} Cu _{4.0} Zn ₁ или ~(Au,Ag) ₁ (Cu,Zn) ₁	818.3	–	0.8×1.2	гидрослюда
Образец Н-14037 – скол жильного кварца с включениями метасоматита						
Уч. 1 Фрейбергит	Cu 25.92, Ag 10.48, Zn 5.88, Fe 1.84, Sb 15.2, S 40.68	(Cu,Ag) ₁₀ (Fe,Zn) ₂ Sb ₄ S ₁₃	–	–	30	кварц
Пирит	Fe 32.3, S 66.87, Si 0.83	FeS ₂	–	Si	40	кварц (3–20)
Уч. 3 Фрейбергит урансодержащий	Cu 23.6, Zn 6.07, Ag 10.43, Fe 2.32, Sb 14.89, S 42.67	(Cu,Ag) ₁₀ (Fe,Zn) ₂ Sb ₄ S ₁₃	–	U 3.31	10	алюмосиликатная
Интерметаллид Cu-Zn в сростании с фрейбергитом	(см. рис. 6)		–	U	2.0×4.0	каолинит, кварц
Образец Н-14062 – срез жильного кварца						
Уч.1.Интерметаллид (оловянистая бронза)	Cu 90.9, Sn 9.09	~Cu ₉ Sn	–	–	5×6	кварц пластинчатый (5–6; 15)

Таблица. Продолжение.

1	2	3	4	5	6	7
Образец Н-14468 – срез жильного кварца						
Уч.1 Гессит	Ag 62.83, Te 30.67, S 4.37, U 2.13	Ag ₂ Te	–	U 4.47, S 1.24	10×12	(3–10)
Уч.2 Медистое золото	Au 81.14, Ag 6.42, Cu 12.44	~Au ₁₂ AgCu ₂	958.4	–	0.8×1.8	кварц (3)
Уч.3 Золото	Au 68.59, Ag 31.41	~Au ₂ Ag	799.5	Fe	0.9×1.2	кварц
Уч.4 Медистое золото	Au 80.59, Ag 9.14, Cu 10.28	Au ₈ AgCu	941.5	–	1.4	кварц
Пирит	Fe 33.14, S 66.86	FeS ₂	–	Na 1.03, K 0.51	0.9×1.5	кварц (2×6)
Уч.5 Медистое золото	Au 81.01, Ag 7.33, Cu 11.66	~Au ₈ AgCu	952.8	–	0.4×0.5	кварц
Кварц (матрица)	Si 33.28, O 66.72	SiO ₂	–	–	4–5	

Примечание. * – результат захвата кварцевой матрицы

жиме давления в системе. Более крупные индивиды и агрегаты рудных минералов формировались в относительно стабильных условиях и, очевидно, более длительное время, что способствовало укрупнению их выделений и ассоциирующего с ними кварца, иногда совместному отложению нескольких рудных минералов и появлению их сростков (см. рис. 5 г).

В отчете 1985 г. по разведке этого месторождения (Л.О. Сахьянов с коллегами) приведено фото аншлифа из богатого золотом участка жилы. Оно воспроизведено нами на рис. 7. На нем показано

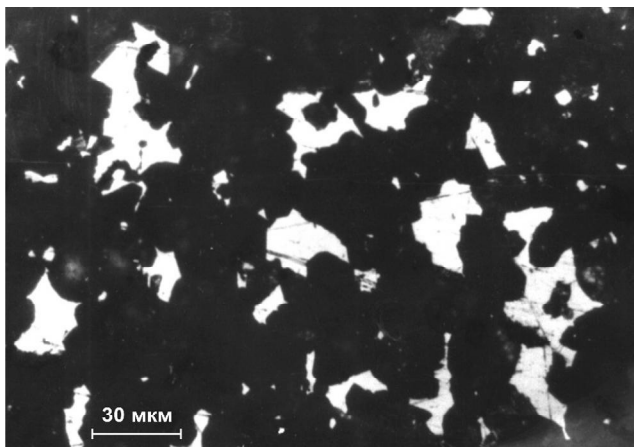


Рис. 7. Интерстициальное золото (светлое) в кристаллическом агрегате кварца (из отчета Л.О. Сахьянова и др., 1985 г.).

скопление золотин размерами от 1 до 60 мкм в кварцевой матрице. Мелкие золотины преобладают на периферии скопления, а более крупные – в его центре. В этом срезе отчетливо видны ломано-прямолинейные ограничения наиболее крупных из них. Они отвечают фрагментам шестигранных поперечных сечений призматических кристаллов кварца. Следовательно, это золото сформировалось не в наложенных трещинах, а в интерстициях кристаллов кварца. Оно отлагалось в локальной полости близко одновременно с зернистым кристаллографически оформленным кварцем, что свидетельствует о более спокойных условиях кристаллизации. Формирование таких скоплений золота происходило, возможно, с участием механизма естественной флотации, накопления и агрегирования его субиндивидов в благоприятной обстановке полостей, как это изложено нами в работе [9]. При отмеченных низких содержаниях золота (как и других металлов) в рудообразующих гидротермах, в ограниченной по размерам пустотке вряд ли могло сформироваться такое скопление золота лишь за счет “местного” пересыщения растворов золотом при их вскипании.

ВЫВОДЫ

1. Основными факторами рудолокализации на Покровском малоглубинном месторождении являются:

– экранированная гранит-порфирами и вулканитами положительная (по подошве вулканитов)

структура с гранитоидным коллектором, благоприятствовавшая накоплению флюидов;

– ее сопряжение с жерлом палеовулкана – основным каналом поступления глубинного металлоносного флюида для образования руд;

– повышенная проницаемость для флюида крутозалегающих, тектонически ослабленных зон в гранитоидах фундамента вулканоструктуры и длительное накопление флюида под экранами в объеме пор и трещин;

– тепловое воздействие на рудообразующий флюид внедрившегося в экранированную систему силла дацитов. Это явилось причиной повышения флюидного давления, гидравлического раскрытия и дораскрытия полостей в трещинных зонах, гетерогенизации, дегазации, перенасыщения гидротерм по кремнекислоте, снижения растворимости комплексов металлов и минералоотложения.

2. Золотоносность оконтуренных по результатам опробования разведочных скважин пологих рудных тел (залежей) месторождения обусловлена серией сближенных крутозалегающих жил и жильно-прожилковых зон северо-восточного и северо-западного простираний. Пологие кварцевые жилы и зоны имеют резко подчиненное значение.

3. Структурным аналогом Покровского месторождения можно считать золоторудное месторождение Хисикари (Япония). Как следует из приведенных в [12 и др.] данных, его крутопадающие жильные тела также располагаются в антиформах пород фундамента вулcano-тектонической структуры под экраном вулканитов. Лишь некоторые из них незначительно проникают в вулканиты. Различие этих месторождений состоит, главным образом, в типе рудовмещающих пород – гранитоидном для первого и терригенном для второго.

4. Минерализация круто- и пологозалегающих жил и жильно-прожилковых зон месторождения формировалась стадийно. Она идентична по составу минеральных парагенезисов, по структурам и текстурам минерального заполнения трещин и полостей, а также по содержаниям золота, серебра и сопутствующих рудных элементов.

5. Для руд характерно большое разнообразие минеральных видов, обусловленное привнесом гидротермальными растворами Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Te, Mo, W и, вероятно, перераспределением Sn, U, P, PЗЭ. Дополнительно к ранее известным минеральным формам в рудах нами были обнаружены первичные минералы из групп оксидов (WO_2 , SnO_2), сульфатов (барит), фосфатов (редкоземельный апатит), теллуридов (гессит), различных интерметаллидов (на основе Au, Ag, Fe, Zn, Cu, Sn) и самородных (Ag, Fe) металлов.

6. Кроме электрума и самородного золота средней пробы, в составе первичных руд установлены золото высокой пробы, медистое золото и интерметаллиды Cu, Au, Ag, иногда Zn. Диапазон изменения для этой группы минералов соотношения Au/(Au+Ag) широко варьирует от 593 до 958 %. Такое минеральное разнообразие убогосульфидных руд и элементного состава золотосодержащих минералов характерно не только для месторождения в целом, но и для весьма локальных фрагментов руд, что свидетельствует о неравновесности процесса рудоотложения.

7. В связи с формированием Покровского месторождения в условиях малых глубин, частых вариаций давления и неоднократных гетерогенизаций флюида, в его рудах доминируют микро- и мелкозернистые структуры кварца и микрометровая размерность выделений всех рудных минералов. Эти особенности руд, их убогосульфидность и преимущественно рассредоточенный характер распределения индивидов рудных минералов в кварцевой матрице были предопределены, прежде всего, низкими содержаниями металлов во флюидах.

8. Бурное образование микрокристалликов кварца, при неоднократных спадах давления (гетерогенизациях [7]), способствовало изоляции основной массы зарождающихся одновременно с ними рудных минералов в интерстициях его агрегатов и препятствовало формированию их крупных индивидов и сростков, в том числе и самородного золота. Все это предопределило незначительное накопление россыпного золота в аллювии ручья Сергеевского и его притоков, дренирующих рудное поле, несмотря на значительную эродированность северного и восточного его флангов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность руководству ОАО Покровский рудник УК Петропавловск за предоставленную возможность неоднократного проведения геологических исследований на территории и в карьерах Покровского месторождения, а также Р. Г. Кравцовой, Л. В. Эйришу и чл.-корр. РАН Н. А. Горячеву за конструктивные замечания, способствовавшие улучшению работы.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке ДВО РАН (грант 12-III-A-08-183)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев И. А., Капанин В. П., Ковтонюк Г. П. и др. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. Благовещенск: КИР Амур. обл., 2000. 168 с.
2. Власов Н. Г. и др. Приамурская золоторудная провинция // Золоторудные месторождения России / Отв. ред. М. М. Константинов. М.: Акварель, 2010. С. 187–195.

3. Дементьенко А.И. Геолого-структурные и геохимические особенности золотого оруденения, петрохимия рудоносных комплексов Покровского месторождения: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Благовещенск, 1997. 24 с.
4. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977. 183 с.
5. Нерода О.Н., Сафронов П.П., Остапенко Н.С. Новое в минералогии руд Покровского месторождения по результатам электронно-микроскопических исследований // Материалы Всероссийской конференции "Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований". 29-31 марта 2010 г. М.: ИГЕМ РАН, 2010. Т. 2. С. 91–93.
6. Новиков В.П. Минеральный состав руд одного из близповерхностных месторождений золота Приамурья // Минеральные типы рудных месторождений в вулканогенных поясах и зонах активизации Северо-Востока Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 170–175.
7. Остапенко Н.С. Саморазвитие экранированных гидротермальных систем и гидроразрывов в структуро- и рудообразовании (Общая модель формирования гидротермальных месторождений) // Докл. РАН. 2005. Т. 400, № 6. С. 789–792.
8. Остапенко Н.С., Нерода О.Н. Флюидное давление и гидроразрыв пород при гидротермальном рудообразовании (на примере золоторудных месторождений) // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 23, № 3. С. 89–105.
9. Остапенко Н.С., Нерода О.Н. Агрегирование самородного золота в гидротермальном процессе // Наногеохимия золота / Тр. симпоз., г. Владивосток, 2008 г. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 149–156.
10. Остапенко Н.С., Нерода О.Н. Признаки гидроразрыва пород при формировании Покровского золото-серебряного месторождения Приамурья (Россия) // Докл. РАН. 2009. Т. 424, № 5. С. 655–659.
11. Остапенко Н.С., Нерода О.Н. К обоснованию рудоформирующей роли силла дацита на Покровском золоторудном месторождении // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии / Сб. докл. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2012. С. 117–120.
12. Родионов С.М., Ханчук А.И. Месторождения типа Хискарки и перспективы их выявления на восточной окраине России // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16, № 5. С. 34–45.
13. Сержников А.И. Геолого-гидрогеологическая характеристика и палеогидрологические реконструкции Балейского золоторудного поля (Забайкалье) // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 3. С. 93–105.
14. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Инъективные структуры и золото-серебряное оруденение Покровского рудного поля (Приамурье, Россия) // Геология руд. месторождений. 2003. Т. 45, № 1. С. 24–43.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

N.S. Ostapenko, O.N. Neroda, P.P. Saphronov

Geological conditions, formation factors and ore mineralogical characteristics of the Pokrovka gold-silver deposit (Priamurye)

Pokrovka gold-silver deposit has been explored by boreholes. From the results of core testing, gently sloping ore bodies (deposits) have been revealed which are still being developed. They were thought to consist of quartz veins and vein and streak zones of the same occurrence. Examination of operating open-cast mines' terraces allowed correcting existing concepts. It was shown that steeply dipping veins and vein-streak zones are dominant in their structure. In the central and western parts of the deposit they are north-eastward-directed while in the eastern flank they are chiefly of the north-western orientation. The importance of different low-permeable for geological screens fluids is substantiated for localization and formation of ore bodies.

The main factors of ore localization in screened hydrothermal systems have been established. The role of dacite sill thermal action in the formation of ore-enclosing cavities and mineral deposition is evaluated. Ore minerals spectrum including gold-bearing (copper gold and its compound intermetallids), earlier being unknown in the deposits, has been determined by electronic-microscopic ore studies. Based on the part played by all ore minerals micrometric sizes and their separation in quartz matrix, one can draw inference about non-equilibrium conditions of productive mineral deposition processes.

Keywords: gold-ore deposit, occurrence and structure of ore bodies, ore localization factors, conditions for mineral deposition, ore minerals.