

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧУЛЬБАТКАН, НИЖНЕЕ ПРИАМУРЬЕ, ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ

Рассматривается минеральный состав руд месторождения Чульбаткан (Нижнее Приамурье, Хабаровский край). Самый распространённый рудный минерал – пирит I, который по отношению к продуктивной стадии является дорудным. Главный полезный компонент руд – золото – преимущественно встречается в виде самородного, реже в соединении с теллуридами. Минералы-спутники самородного золота – сфалерит, галенит, пирит II, халькопирит, тетраэдрит, самородное серебро, а также теллуриды золота и серебра. Золото высокопробное – 912–934‰.

Ключевые слова: золото, месторождение, Чульбаткан, Нижнее Приамурье.

Месторождение Чульбаткан располагается в золоторудном районе Нижнего Приамурья (Чульбат-Почельский рудно-россыпной узел), но в отличие от типичных жильных золото-кварцевых и золото-кварц-сульфидных месторождений плутоногенных формаций района относится к редкому типу золоторудных месторождений в восстановленных гранитоидах (reduced intrusion related gold deposits, по [3]) [1]. Одним из ключевых моментов понимания природы и стадийности образования данного объекта является изучение минерального состава его руд.

Месторождение Чульбаткан локализовано в Баджало-Горинской структурно-формационной зоне Сихотэ-Алиньской складчатой системы, в пределах которой терригенные породы мелового, реже юрского возрастов смяты в сложные складки, нарушены разломами, прорваны меловыми интрузиями среднего и кислого составов. Встречаются маломощные дайки основного и среднего составов мел-палеогенового возраста [2].

Центральная часть Чульбатканского месторождения приурочена к сдвиговой зоне эндоконтакта Чульбатской интрузии плагиогранитов и ороговикованных песчаников и алевролитов (рис. 1). Гранитоиды нижнеамурского позднемелового гранодиоритового комплекса слагают крупный полифазный Чульбатский массив, окружённый широким (до 2 км) ореолом ороговикования. Породы ранней фазы – кварцевые диориты и диорит-порфириты – образуют маломощные интрузивные тела и дайки в экзоконтактной части массива и отмечаются крайне редко. Основная часть (95%) массива представлена биотитсодержащими тоналит-трондьемит-гранодиоритами (плагиогранитами) второй фазы. Завершает формирование массива внедрение маломощных даек аплитовидных лейкократовых трондьемит-гранодиоритов. Возраст гранитоидов, определённый K-Ar методом, соответствует позднему мелу (91–75 млн лет, по В.А.Кайдалову



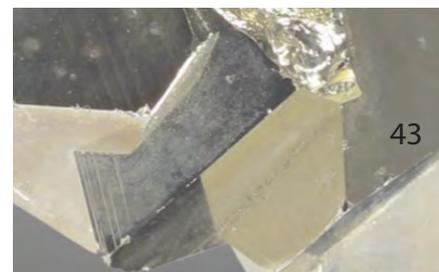
**Алексеев
Антон Сергеевич**

аспирант
aleksrybinsk@gmail.com

**Шишакова
Людмила Николаевна**

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
shishakova@geol.msu.com

Московский государственный университет
им. М.В.Ломоносова,
г. Москва



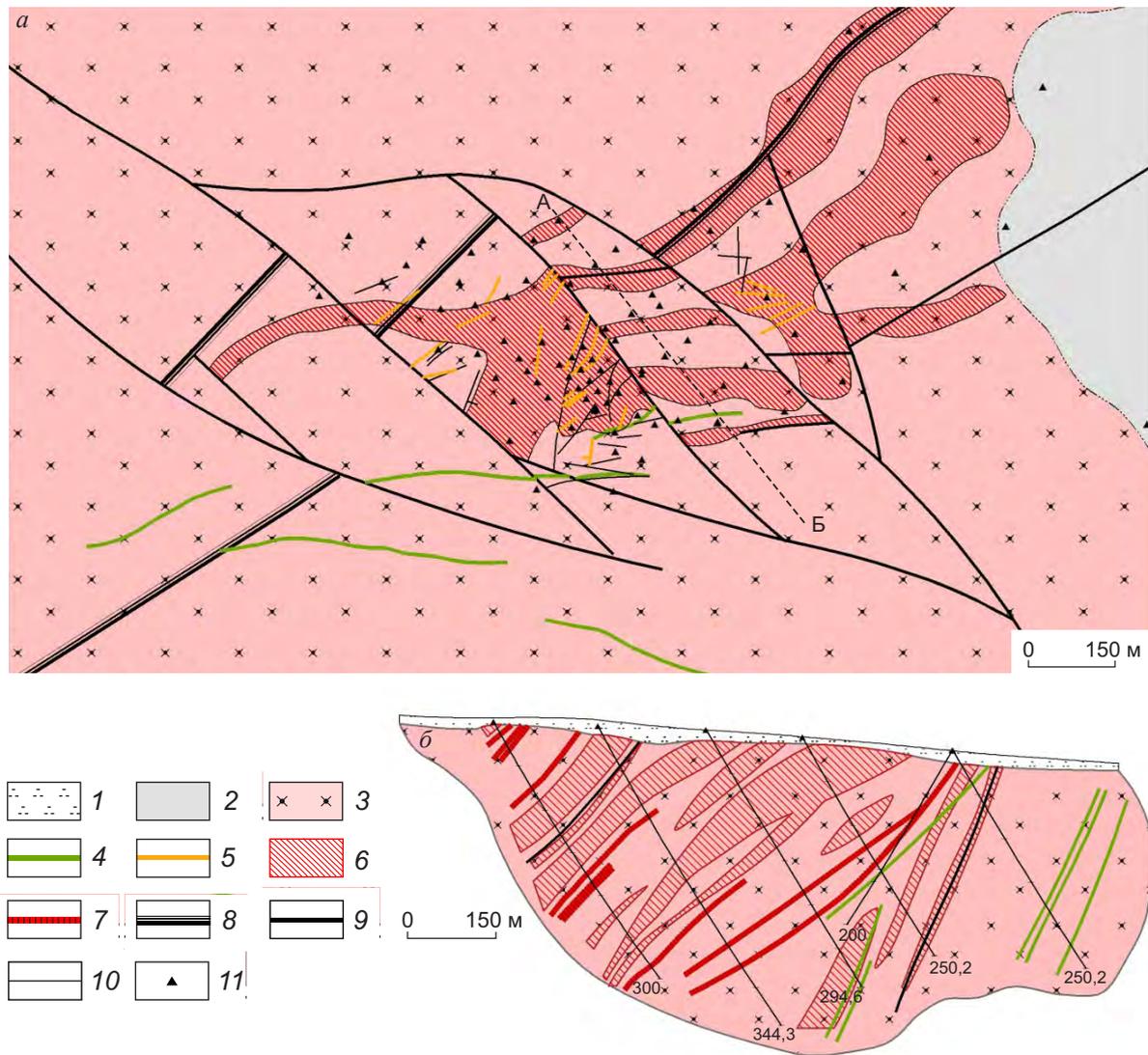


Рис. 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА (а) И ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ (б) ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧУЛЬБАТКАН:

1 – пролювиально-делювиальные отложения; 2 – алевролиты и песчаники (меловые отложения); 3 – плагиограниты с дайками аплитов (нижнеамурский комплекс); 4 – дайки андезитов и дацитов; 5 – дайки аплитов и пегматитов; 6 – рудные тела; 7 – маломощные рудные тела; разломы: 8 – Чутьбатканский, 9 – первого порядка, 10 – второго порядка; 11 – скважины

и др., 1986 г.). Реже распространены субвулканические палеоценовые (?) дайки андезитов и дацитов, прорывающие меловые осадочные и интрузивные породы. Основные акцессорные минералы интрузивных пород нижнеамурского комплекса Чутьбатского массива – ильменит и рутил (рис. 2, а), магнетит встречается очень редко.

Оруденение контролируется разломами восток–северо-восточного простирания, оперяющимися основной рудоподводящий разлом северо-восточного простирания, который ограничивает

распространение минерализации на северо-запад и юго-восток. На глубине оно обрывается дайками андезитов и дацитов.

На месторождении выделены три основные формации метасоматитов: березиты, кварциты, карбонатиты. Березитизации более всего подвержены кварцевые диорит-порфиры первой фазы и плагиограниты второй. Наложенное на березиты окварцевание проявлено теньвыми зонами метасоматического замещения с реликтами первичной структуры, а также жилами замещения с

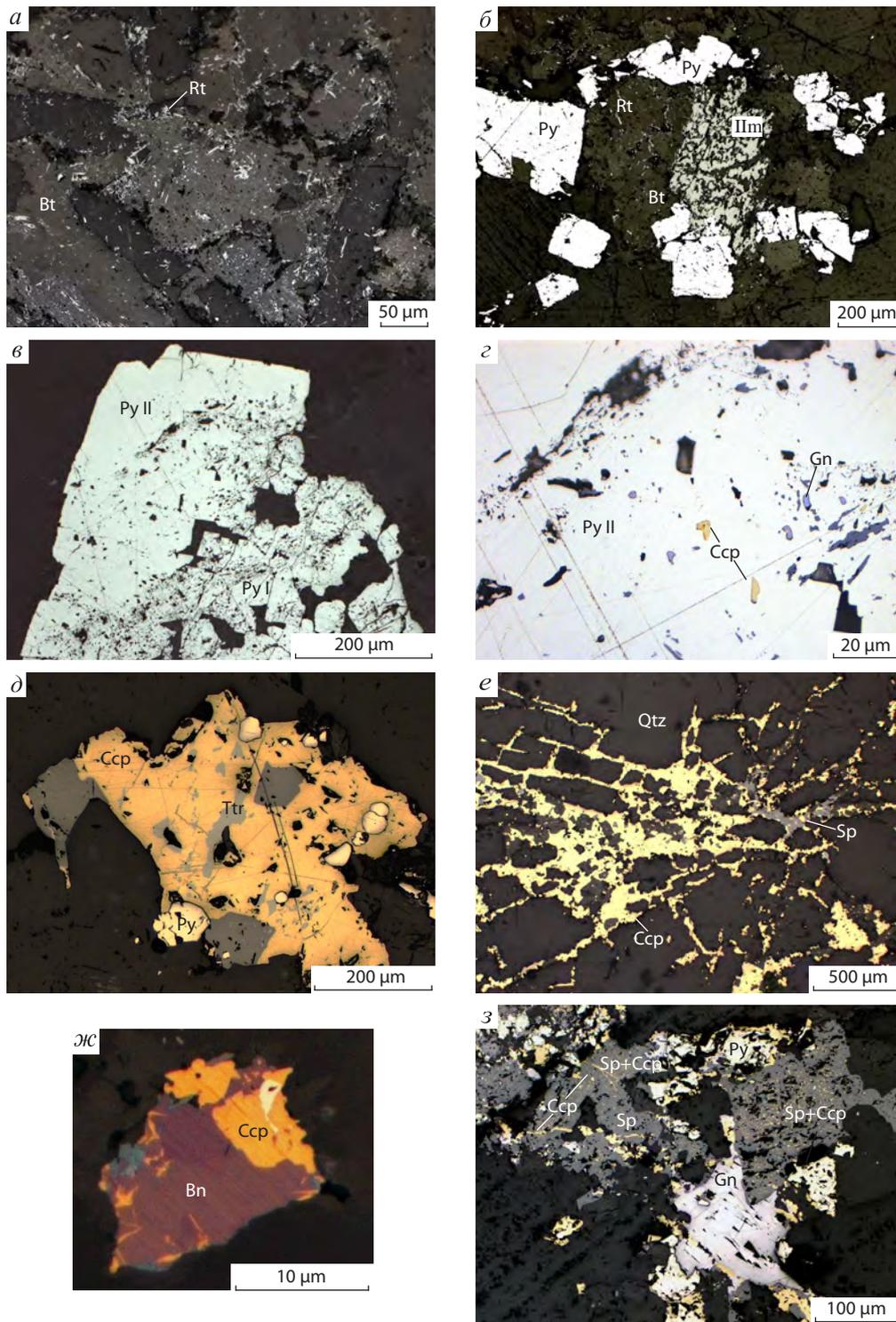


Рис. 2. МИКРОФОТОГРАФИИ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ:

а – кристаллы ильменита и рутила в биотите; *б* – псевдоморфозы пирита по ильмениту и рутилу; *в* – взаимоотношение пирита I и пирита II; *г* – включения халькопирита и галенита в пирите II; *д* – сростки халькопирита и тетраэдрита цементируют сфалерит и пирит; *е* – развитие халькопирита по трещинам спайности; *ж* – сросток халькопирита с борнитом; *з* – эмульсионная вкрапленность халькопирита в сфалерите, халькопирит по трещинам цементирует сфалерит и галенит, ув. x10

распльвчатыми неровными краями. Поздней карбонатизации подвержены все породы. Карбонаты активно замещают в породах кристаллы плагиоклаза и биотита и фиксируются в виде разноориентированных микропрожилков [2].

Обильная трещиноватость и интенсивная гидротермально-метасоматическая переработка интрузива благоприятствовали размещению золото-рудной минерализации. Месторождение Чульбаткан является штокверком с неравномерно распределённой гнездово-прожилково-вкрапленной рудной минерализацией. Рудные тела оконтурены по данным опробования и часто контролируются более интенсивным окварцеванием. Морфологически рудные тела представляют собой удлинённые, вытянутые в северо-восточном направлении плито- и линзообразные зоны мощностью до 100 м, довольно круто (40–70°) падающие к северо-западу (см. рис. 1). В пределах штокверка прослежены маломощные жилы и прожилки кварцевого, пирит-кварцевого, сульфидно-кварцевого, пирит-карбонатного и карбонатного составов. В рудных телах широко развиты брекчиевые текстуры, цементом служит тонкозернистый тёмно-серый кварц или поздний карбонат. Рудные минералы присутствуют как в породе, так и в прожилках и цементе брекчий.

По результатам анализов (пробирный анализ на золото с атомно-абсорбционным окончанием в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей», г. Москва) среднее содержание Au в рудах 1–2 г/т (в единичных пробах >100 г/т). Промышленных рудных концентраций других полезных компонентов не обнаружено, золото-серебряное отношение в рудах в среднем составляет 2:1.

Самый распространённый рудный минерал – пирит. Неравномерно развиты халькопирит, галенит, сфалерит, блеклая руда (тетраэдрит), алтаит и самородное золото. В виде редких выделений зафиксирован вольфрамит, единичных – самородное серебро, гессит, борнит, теллуриды висмута, золота, серебра. Количество рудных минералов не превышает 2%. Руды – убогосульфидные.

Содержание *пирита* в штокверке варьирует от 1 до 10% (преимущественно <3%). Он образует вкрапленники, гнёзда, гнездообразные и прожилковидные скопления, иногда наблюдается в сростании с другими рудными минералами. Для него характерны кристаллографические очертания. Микрорентгеноспектральным анализом установ-

лено, что в пирите имеются примеси никеля, мышьяка, иногда серебра и золота. Различают три разновидности пирита.

Пирит I в виде псевдоморфоз по ильмениту фиксируется в биотите, в нём всегда присутствуют реликты Ti-содержащих минералов и включения нерудных минералов (см. рис. 2, б). В отдельных гнёздах при его травлении концентрированной азотной кислотой проявляются реликтовые чешуйки биотита. Пирит катаклазирован и корродирован.

Пирит II встречается в кварце и полево шпате в окварцованной породе, а также в карбонат-кварцевых и кварцевых прожилках. Отмечено нарастание пирита II на пирит I. Для пирита в породе характерно наличие большого количества ксенолитов нерудных минералов – кристаллов кварца, полевого шпата, акцессорных минералов, а также включений халькопирита, сфалерита, реже галенита и тетраэдрита. Он также образует сростания с халькопиритом, галенитом, сфалеритом и тетраэдритом (см. рис. 2, в). Изредка наблюдаются включения самородного золота. При травлении пирита II в нём выявляются мелкозернистые индивиды, крайне редко краевые зоны роста.

Мелкие выделения пирита III (?) размером не более 0,2–0,5 мм кристаллографической формы постоянно фиксируются в поздних прожилках карбоната (см. рис. 2, г). Третья разновидность пирита, возможно, возникла в связи с перекристаллизацией пирита I и пирита II*.

Халькопирит распространён неравномерно. Он слагает мелкие гнёзда часто в сростании со сфалеритом, галенитом, тетраэдритом, наблюдается в виде вкрапленности, прожилковидных и гнездообразных скоплений, включений в пирите и эмульсионной вкрапленности в сфалерите (см. рис. 2, д, з). Кроме того, в породе встречаются сетчатые образования халькопирита, которые, вероятно, находятся вдоль спайности полевого шпата и биотита (см. рис. 2, е). Участками отмечается сильно катаклазированный халькопирит, который подвергается коррозии чёрным тонкозернистым материалом, как по периферии, так и по трещинам. Халькопирит цементирует пирит и заполняет трещины катаклаза в нём. Особенно часто с ним ассоциируют сфалерит, галенит, алтаит, теллуриды и самородное золото (рис. 3, а). Изредка на халькопирит нарастает борнит (см. рис. 2, ж).

* Для уточнения этой информации требуются дополнительные исследования.

Сфалерит слагает самостоятельные выделения и образует сростания с халькопиритом, галенитом и блеклой рудой. Присутствует в виде включений в пирите, изредка содержит эмульсионную вкрапленность халькопирита (см. рис. 2, з). В кварцевых прожилках иногда устанавливаются его тесные сростания с галенитом. Сфалерит маложелезистый с примесями кадмия и меди.

Галенит и *тетраэдрит* встречаются эпизодически в сростании со сфалеритом и халькопиритом

(см. рис. 2, д, з) соответственно. Для тетраэдрита характерно присутствие примеси цинка до 7% (табл. 1), галенита – ассоциация с алтаитом, гесситом и теллуридом висмута (см. рис. 3, б).

Алтаит образует (см. рис. 3, в) сростания с халькопиритом, галенитом, тетраэдритом, теллуридами, самородным золотом. Размер его выделений варьирует от сотых долей миллиметра до 0,2–0,4 мм. Иногда он совместно с галенитом и халькопиритом заполняет трещины катаклаза в

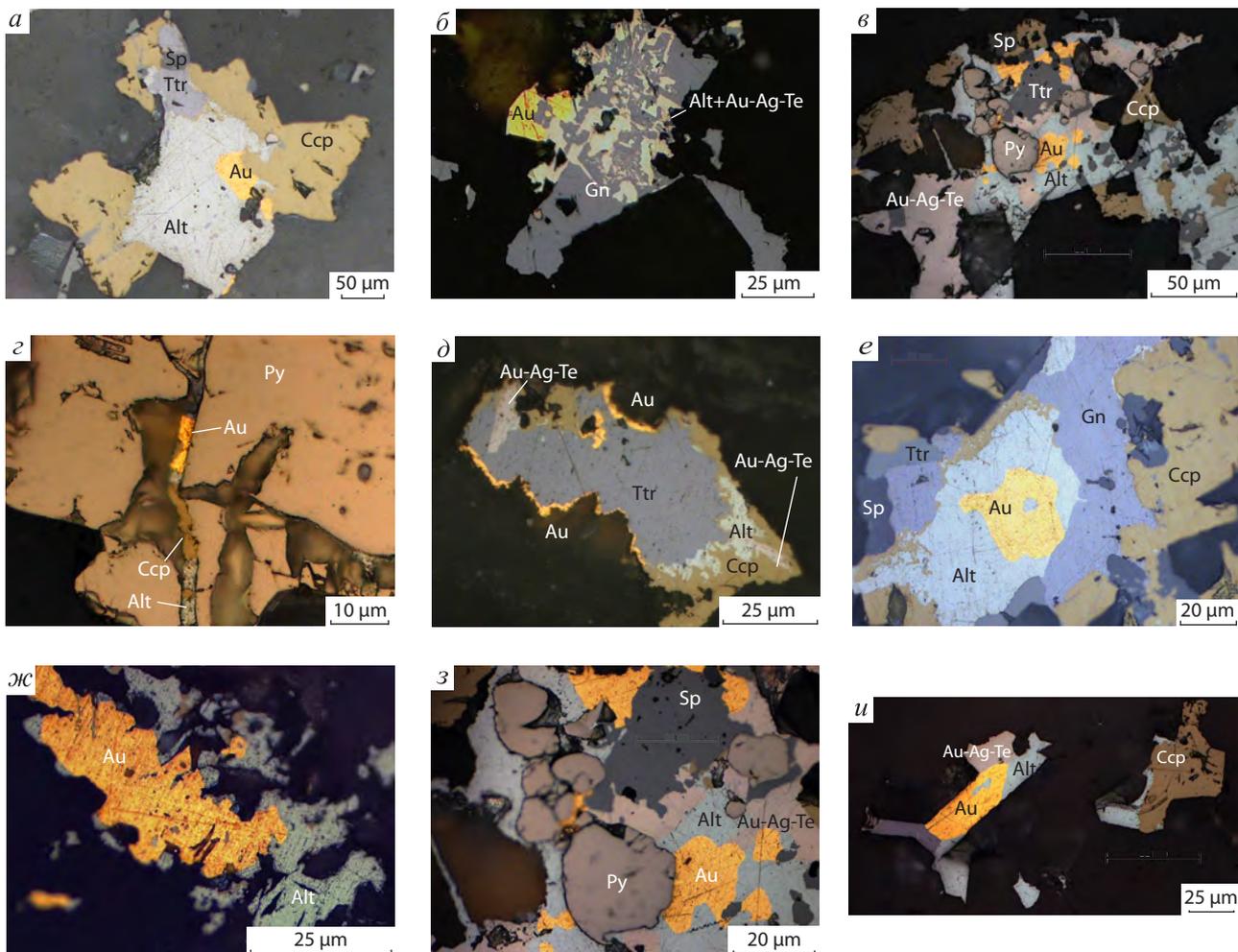


Рис. 3. МИКРОФОТОГРАФИИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА И ЕГО МИНЕРАЛОВ-СПУТНИКОВ:

а – золото с алтаитом, цементируемым халькопиритом; *б* – сростки галенита, алтаита и теллуридов золота и серебра с самородным золотом; *в* – самородное золото в сростании с алтаитом, халькопиритом и теллуридами золота и серебра цементируют пирит и сфалерит; *з* – самородное золото в сростании с халькопиритом и алтаитом в трещине катаклаза в пирите; *д* – узкая кайма самородного золота вокруг тетраэдрита, ассоциирующего с алтаитом, халькопиритом, галенитом; *е* – сросток алтаита, галенита, халькопирита, тетраэдрита, самородного золота; *ж* – гнездо алтаита и самородного золота; *з* – сростания самородного золота, алтаита и теллурида золота и серебра, цементирующие пирит и сфалерит; *и* – сросток самородного золота, алтаита, галенита и теллурида золота и серебра

1. РЕЗУЛЬТАТЫ МИКРОЗОНДОВОГО АНАЛИЗА ТЕТРАЭДРИТА И АЛТАИТА, масс. %

Минералы	Au	Ag	Fe	Cu	Zn	Pb	Sb	Te	Se	Bi	S	Σ
Тетраэдрит	0	0	0,53	38,21	7,46	0	25,05	0	0	0	25,34	96,59
	0	0,01	0,46	37,12	7,64	0	28,39	0	0,01	0,17	25,56	98,36
	0,22	0,06	0,16	37,88	7,42	0	22,69	0,1	0,06	0	24,33	98,10
Алтаит	0,05	0,20	0,11	0,11	0,04	62,60	0,23	37,19	0,1	0,36	0	100,99
	0,50	0,17	0,06	0,08	0,06	61,80	0,23	36,86	0	0,41	0	101,13
	0	0,24	0,03	0,14	0,02	61,36	0,20	36,64	0,22	0,30	0	99,19
	0	0,16	0	0	0,09	61,09	0,23	36,64	0	0,20	0	98,41

Примечание. Анализы выполнены И.А.Брызгаловым на микрозондовом анализаторе «Сатеса 5Х-50» (МГУ).

пирите (см. рис. 3, з). Изучение химического состава алтаита (см. табл. 1) показало наличие в нём примеси висмута, сурьмы, серебра и золота.

Теллуриды присутствуют в виде единичных вкрапленников, а также сростков с алтаитом и самородным золотом (см. рис. 3, б, в, д, з, и). Размеры выделений не превышают 0,1 мм. Для уточнения минерального состава требуются дополнительные исследования, вероятнее всего это теллурид золота и серебра.

Алтаит и теллуриды золота и серебра встречаются преимущественно только в ассоциации с золотом, в отличие от других сульфидов, что, вероятно, свидетельствует о принадлежности их к общей минеральной ассоциации и может быть хорошим поисковым признаком. На это указывает и сильная положительная корреляция теллура и золота в рудах.

Самородное золото распространено крайне неравномерно. Большая часть его обнаружена в

виде гнёзд (см. рис. 3, е–и) как в породе, так и в метасоматическом кварце преимущественно в сростании с алтаитом, халькопиритом, галенитом и теллуридами золота и серебра, реже с тетраэдритом и сфалеритом. Золотины часто совместно с халькопиритом и тетраэдритом заполняют трещины катаклаза в пирите (см. рис. 3, з). Изредка отмечаются узкие каймы самородного золота в ассоциации с алтаитом вокруг тетраэдрита (см. рис. 3, д). Для золотин характерна изометрическая или удлинённая форма. Размеры их, как правило, микроскопические, изредка попадаются более крупные золотины – до 0,4 мм. Самородное золото высокопробное (912–934‰). В нём зафиксированы примеси меди и ртути (микрозондовые исследования).

Достаточно редки вкрапленники самородного серебра (рис. 4). Размер выделений не превышает 0,01 мм. Самородное серебро обнаружено в виде сростков с халькопиритом, тетраэдритом и галенитом, но оно не встречено в ассоциации с самородным золотом.

К редким минералам относится *вольфрамит*, присутствующий в породе в виде индивидов таблитчатой формы. Размер его варьирует от сотых долей миллиметра до 0,8 мм. В крупных выделениях вольфрамит просматривается сетчатая структура, говорящая о том, что он, вероятно, образовался при замещении шеелита.

На месторождении проявлена зона окисления, которая может распространяться на глубину до 100 м. В приповерхностных условиях пирит и халькопирит замещаются гидроксидами железа, иногда замещение зональное. Халькопирит и тетраэдрит замещаются преимущественно ковеллитом (рис. 5), а галенит – церусситом.

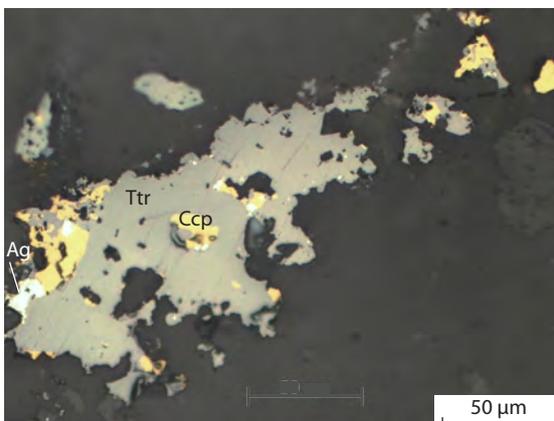


Рис. 4. ВКРАПЛЕННИКИ САМОРОДНОГО СЕРЕБРА В СРСТАНИИ С ХАЛЬКОПИРИТОМ И ТЕТРАЭДРИТОМ

Основными нерудными минералами, участвующими в формировании руд месторождения, являются *кварц* и *карбонат*. Различают кварц: магматический, участвующий в образовании гранитоидов; жильный крупнозернистый, слагающий редкие дорудные жилы; метасоматический тонкозернистый, слагающий маломощные жилы с диффузионными контактами или теньевые зоны с реликтами первичной структуры породы, а также формирующий цемент брекчий; образующий прожилки, иногда совместно с карбонатом и рудными минералами.

Флюидные включения удалось изучить только в дорудном жильном кварце со следами лимонитизации (В.Ю.Прокофьев, ИГЕМ РАН, 2015 г.). Температуры гомогенизации первичных флюидных включений составляют 325–330°C, концентрация солей в растворе 5,4 мас. % экв. NaCl. Концентрация углекислоты в рудообразующем флюиде 2,5 моль/кг раствора, метана 0,6 моль/кг раствора. Плотность углекислотно-водного флюида 0,87 г/см³. Судя по температуре эвтектики (-32°C), в рудообразующих флюидах среди солей преобладали хлориды натрия, железа и магния. Давление флюида, оценённое для ассоциаций углекислотно-водных и газовых флюидных включений в кварце, захваченных в периоды гетерогенизации флюида, составляет 440 бар при температуре 330°C.

Карбонат обычно встречается в виде поздних прожилков, а также замещает породу по массе. Карбонаты представлены кальцитом, анкеритом

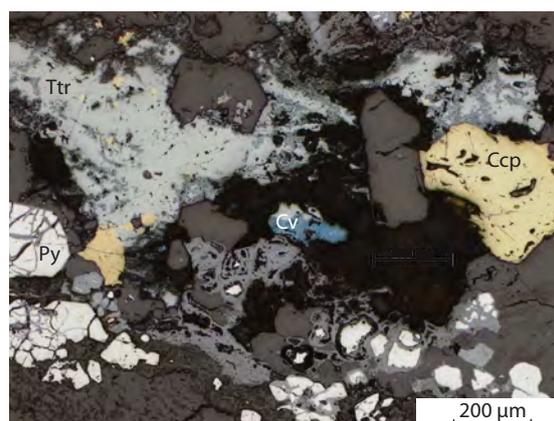


Рис. 5. ЗАМЕЩЕНИЕ ГИДРОКСИДАМИ ЖЕЛЕЗА ПИРИТА И ХАЛЬКОПИРИТА, КОВЕЛЛИНОМ ТЕТРАЭДРИТА И ХАЛЬКОПИРИТА В ЗОНЕ ОКИСЛЕНИЯ (30 м от поверхности)

(с незначительной примесью сидерита) и доломитом (по данным исследований ФГУП ЦНИГРИ и лаборатории ООО «СЖС Восток Лимитед» в г. Чита, 2014–2015 гг.). Обычно с сильно карбонатизированными породами не связаны значительные содержания золота в пробах.

Сложная история формирования месторождения затрудняет определение стадийности минералообразования. Предполагается, что в ранний этап кристаллизовались Ti-содержащие минералы, шеелит и вольфрамит, в более поздний период березитизации – пирит, с окварцеванием связано формирование ассоциации рудных минералов (сфалерит, галенит, халькопирит, тетраэдрит, са-

2. ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧУЛЬБАТКАН

Магматический этап (стадия)	Гидротермально-метасоматический этап					Гипергенный этап (стадия)
	Дорудная стадия	Рудная стадия			Пострудная стадия	
	Серицит-хлорит-пиритовая (березитовая)	Сфалерит-галенитовая	Халькопирит-тетраэдритовая	Благородно-металльная с теллуридами	Карбонатная	
Плагиоклаз, кварц, биотит, КПШ, рутил, ильменит, вольфрамит	Пирит, серицит, хлорит, карбонат, кварц	Кварц, сфалерит, галенит, халькопирит, пирит	Кварц, халькопирит, блеклая руда (тетраэдрит), сфалерит, галенит	Кварц, алтаит, самородное золото, самородное серебро, теллуриды золота и серебра (?)	Карбонат, пирит (?)	Гидроксиды железа, церуссит, ковеллин, каолин

морозное золото и серебро, алтаит, теллуриды, пирит). Предполагаемые стадийность и минеральные ассоциации приведены в табл. 2.

Таким образом, на основе изучения минерального состава руд, можно сделать вывод о том, что месторождение Чульбаткан относится к кварц-золоторудной убогосульфидной формации гидротермальных месторождений в восстановленных гранитах [3, 4]. Для него характерен один главный рудный минерал – пирит, который является дорудным по отношению к золоторудной минерализации. Остальные рудные минералы, генетически и пространственно связанные с золотом (халькопирит, галенит и др.), встречаются гораздо реже и лишь изредка видны невооружённым глазом, поэтому в полевых условиях достаточно сложно выявить рудные интервалы. Для установления пространственной границы рудных тел приходится прибегать к помощи других сопутствующих признаков, таких как метасоматическая зональность.

Немаловажным остаётся изучение минерального состава руд данного месторождения (пока единственного такого типа в Сихотэ-Алине) для понимания эволюции его образования. Большин-

ство вопросов, касающихся стадийности и минеральных ассоциаций, а также собственно химического состава рудных минералов, остаются открытыми и требуют дальнейшего рассмотрения.

Авторы выражают благодарность за проведённые микрозондовые исследования и изучение флюидных включений И.А.Брызгалову и В.Ю.Прокофьеву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.С. О генетическом типе Чульбатканского проявления (Бичи-Амгуньское междуречье, Хабаровский край) // Мат-лы 4-й Российской молодежной школы с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования», 1–5 декабря 2014 г. М., 2014. С. 42.
2. Алексеев А.С., Старостин В.И. Новое месторождение золота в Нижнем Приамурье – Чульбаткан (Хабаровский край) // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. 2017. Вып. 1. С. 33–38.
3. *Intrusion related gold deposits associated with tungsten-tin provinces* / J.F.H.Thompson, R.H.Sillitoe, T.Baker et al. // *Miner. Deposit.* 1999. Vol. 34. P. 323–334.
4. *Takagi T., Tsukimura K. Genesis of oxidized- and reduced-type granites* // *Econ. Geol.* 1997. Vol. 92. P. 81–86.

MINERAL COMPOSITION OF ORES FROM CHULBATKAN GOLD DEPOSIT, LOWER AMUR REGION, KHABAROVSK TERRITORY

A.S.Alekseev, L.N.Shishakova

Mineral composition of ores from Chulbatkan deposit (Lower Amur region, Khabarovsk territory) is reviewed. The most common ore mineral is pyrite I which is pre-ore in relation to the productive stage. Gold is the main valuable component of ores, it primarily occurs as native gold, more seldom it combines with tellurides. Native gold is associated with sphalerite, galena, pyrite II, chalcopyrite, tetrahedrite, native silver, as well as gold and silver tellurides. Gold has high fineness – 912–934‰.

Keywords: gold, deposit, Chulbatkan, Lower Amur region.

