

УДК 615.035.4

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМЕТАЛЬНО-ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО КУМИРНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРНОЕ ПРИМОРЬЕ)

Ивин В.В., Медведев Е.И.

ФБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН,
Владивосток, e-mail: Cage21@mail.ru

Кумирное полиметалльно-золото-серебряное месторождение расположено в центральной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса в бассейне руч. Носырева, правого притока р. Таежной. Оно характеризуется весьма сложным геологическим строением, наличием разноориентированных разломов, крупных магматических центров, масштабных потоков рассеяния серебра, свинца, цинка, олова, меди и золота. Впервые для полиметалльного объекта проведены детальные минералого-геохимические исследования состава минералов, выявлены их особенности распределения и характер взаимоотношений, отражающий последовательность развития рудообразующих процессов. В результате проведенных исследований на месторождении установлен ряд серебросодержащих минералов, таких как акантит, пираргирит, полибазит и т.д., что позволило выделить на месторождении три основные минеральные ассоциации. Помимо этого наличие в сфалерите включений индия, а также присутствие германиевых минералов в рудах, ставит вопрос о переоценке геологического потенциала Кумирного месторождения.

Ключевые слова: золото, серебро, полиметаллы, индий, акантит, пираргирит, минеральные ассоциации

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS POLYMETAL-GOLD-SILVER DEPOSIT KUMIRNJU (NORTHERN PRIMORYE)

Ivin V.V., Medvedev E.I.

Far East Geological Institute Far East Branch Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, e-mail: Cage21@mail.ru

Kumirnoe polymetallic-gold-silver deposit located in the central part of the East Sikhote-Alin volcanic belt in the pool brook. Nosyрева, right tributary Taiga river. It has a very complex geological structure, the presence of differently oriented faults, large igneous centers, large-scale flows scattering silver, lead, zinc, tin, copper and gold. First object for mnogometallogo out detailed mineralogical and geochemical studies of minerals identified their features distribution and nature of the relationship, reflecting the sequence of development of ore-forming processes. As a result of research in the field is set a number of silver minerals such as acanthite, pyrrargyrite, polibazit etc., allowing the field to allocate three main mineral associations. Besides the presence of inclusions in sphalerite indium, germanium and the presence of minerals in the ore, raises the question of reevaluation of geological potential kumirnju field.

Keywords: Gold, silver, base metals, indium, acanthite, pyrrargyrite, mineral associations

Кумирное полиметалльно-золото-серебряное (полиметалльное) месторождение расположено в центральной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Оно было открыто сотрудниками ОАО «Приморгеология» относительно недавно, в 1992 году при проведении поисково-съёмочных работ. После 2000 года геологические работы на месторождении приостановлены на стадии предварительной разведки. Впервые для полиметалльного объекта проведены детальные минералого-геохимические исследования состава минералов, выявлены особенности их распределения и характер взаимоотношений, отражающий последовательность развития рудообразующих процессов и создания на их основе достоверной генетической модели образования месторождения. Минеральный состав руд месторождения изучался по серии образцов из разных рудных тел, отобранных в разведочных канавах и расчистках. В тех жильно-метасоматических зонах, где рудная минерализация слабо про-

явлена, проводился отбор проб-протокочек, с последующим выделением из них рудных зерен под бинокляром. Микроскопические исследования многочисленных полированных аншлифов и прозрачных шлифов проводились на микроскопе фирмы CARL ZEISS – AXIOPLAN 2. Состав сульфидных, сульфосольных, в том числе впервые установленных минералов на объекте заверялись на рентгеноспектральном микроанализаторе JXA-8100 в лаборатории рентгеновских методов исследований Аналитического центра ДВГИ ДВО РАН.

Кумирное месторождение Нижне-Таежного рудного узла расположено в бассейне руч. Носырева, правого притока р. Таежной. Узел характеризуется весьма сложным геологическим строением [1]. Геологические образования, участвующие в строении узла, принадлежат двум структурным этапам: нижнему терригенному (K_1), породы которого смяты в складки северо-восточного простирания, и верхнему – вулканогенному (K_2), включающему стратифицированные эффузивно-

пирокластические накопления приморской (турон-кампан), самаргинской (маастрихт) и богопольской (дат) толщ. Они являются ко-

магматами позднемеловых гранитоидных массивов [4], закартированных на площади узла и на сопредельных с ним участках (рис. 1).

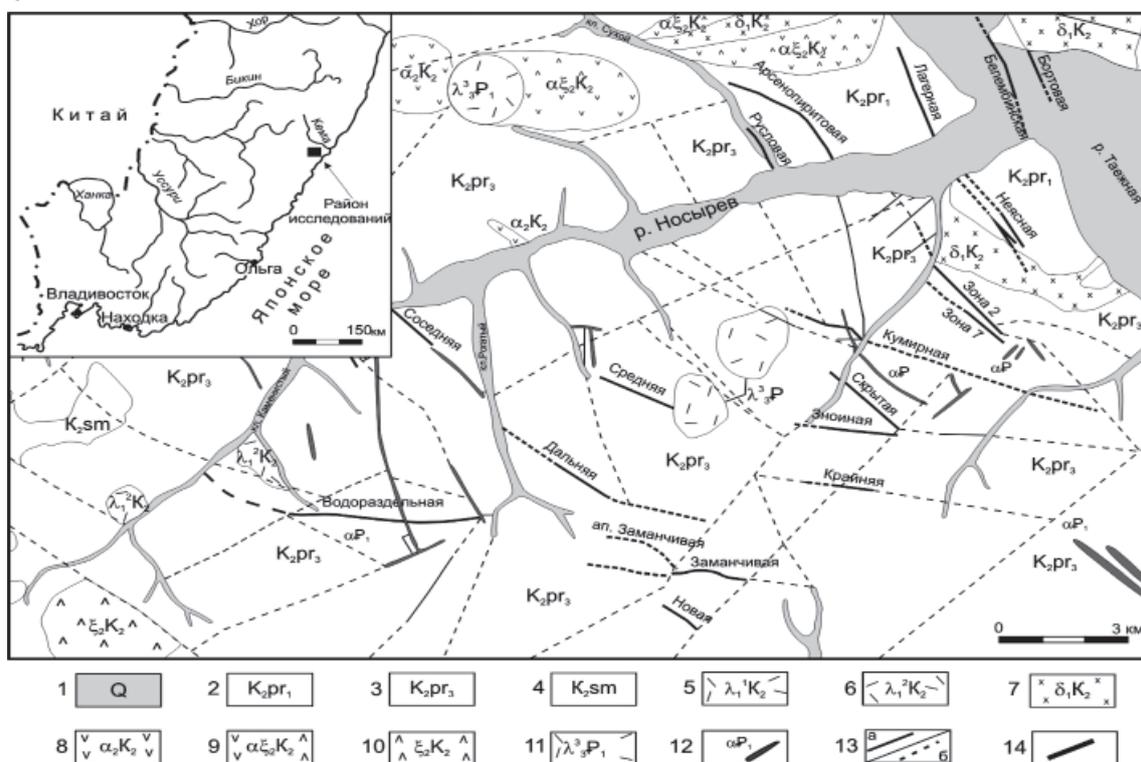


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Кумирного месторождения (по материалам ОАО «Приморгеология» с изменениями):

- 1 – четвертичные отложения нерасчлененные; 2–3 – приморская свита: 2 – первая пачка – туфы риолитов псаммитовые фельзитоподобные, лаваобразные, псефитовые туфы, реже игнимбриты; 3 – третья пачка – игнимбриты, реже туфы риолитов; 4 – самаргинская свита: туфы дацитов от алевритовых до агломератовых; 4–5 – приморский комплекс: 4 – риолиты, переходящие в гранит-порфиры; 5 – риолиты порфиоровые игнисумиты и кластолавы риолитов;
- 7–10 – самаргинский комплекс: 7 – диориты крупнозернистые, реже диорит-порфириты; 8 – андезиты; 9 – андезидациты; 10 – дациты, ридодациты, агломератовые туфы дацитов;
- 11–12 – богопольский комплекс: 11 – игнисумиты плагио-риолитов; 12 – дайки базальтов, андезибазальтов; 13 – Разрывные нарушения: а – установленные; б – предполагаемые; 14 – рудные зоны

На месторождении выделено порядка 20 минерализованных зон северо-западной (реже субширотной, субмеридиональной и редко северо-восточной) ориентировки, которые разделяются на два разобщенных в пространстве типа: убогосульфидные (собственно серебряные) и умереносульфидный (серебро-полиметаллические).

Убогосульфидные зоны (Кумирная, Заманчивая и др.) размещены преимущественно среди буровато-коричнево-серых накоплений верхней пачки приморской толщи, превращенных в кварц-серицит-гидрослюдистые метасоматиты. Мощность их составляет 3–4 м. Осевые их части обычно сложены гребенчатым кварцем брекчиевидного облика, симметрично или только с одной стороны обрамленным

жильно-прожилковыми «полосами», содержащими гнезда, просечки, вкрапленность рудных минералов.

Зоны с умереносульфидной минерализацией (Белембинская, Русловая и др.) проявлены в северо-восточной части площади среди ороговикованных вулканитов нижней пачки приморской толщи. Мощность таких зон достигает 10–12 м, протяженность до 1,5 км и более. Они представлены сложно ветвящимися крутопадающими кварц-сульфидными жилами, сопровождающимися развитием прожилково-вкрапленной минерализацией (в т.ч. кварц-флюоритовой).

Главным минералом рудных зон является кварц. В переменных количествах отмечаются гидрослюды, серицит, мусковит, эпидот, хлорит, реже монтмориллонит,

каолинит и карбонаты, для ряда зон характерен бесцветный флюорит и марганцовистый карбонат, иногда гранат и актинолит. Рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, в меньшей степени сфалеритом, галенитом, халькопиритом, касситеритом и оксидами железа. Из самородных металлов присутствуют самородное серебро и самородное золото. Основным носителем серебра в рудах является акантит и большая группа сульфосолей – пираргирит, полибазит, стефанит, фрейбергит, кераргирит и др.

Описание рудных минералов дано в соответствии с последовательностью их отложения.

Пирит в одних зонах резко преобладает над арсенопиритом, в других ему принадлежит подчиненная роль. Установлено две морфологические разновидности пирита: ранний – в виде вкрапленности кристаллов кубического габитуса и поздний, образующий гнездообразные скопления. Наиболее часто ранний пирит замещался акантитом и гидроокислами железа, из элементов примесей в нем обнаружен мышьяк (0,61 мас.%), медь (0,51 мас.%) и серебро (0,71 мас.%). Поздний пирит распространен ограниченно, встречается в виде включений субэвгдральных и скелетных зерен в серебряных минералах (рис. 2, А).

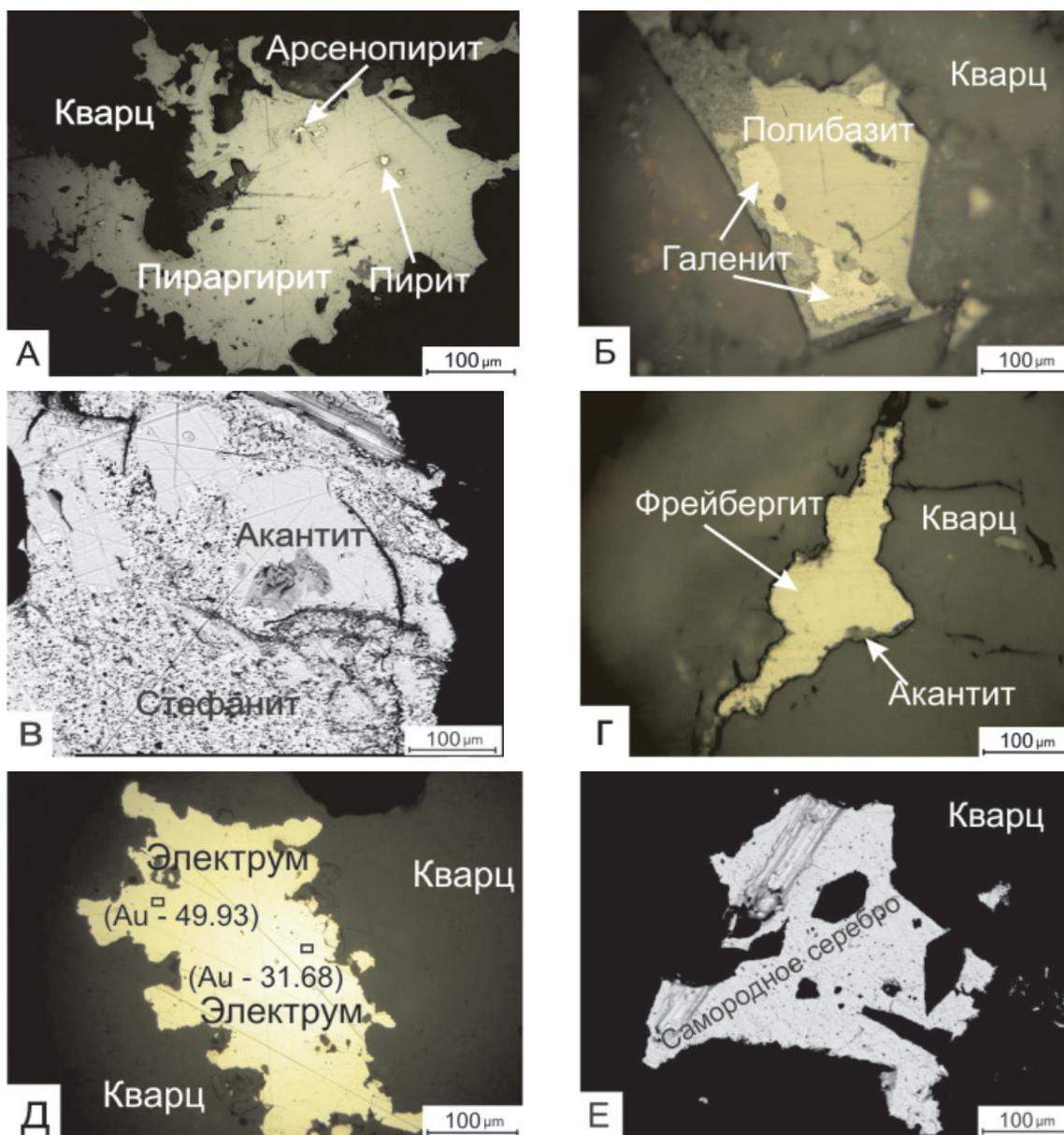


Рис. 2. Эндеогенные рудные минералы жильно-метасоматических зон Кумирного месторождения:

А – метакристаллы арсенопирита в пираргирите (Заманчивая); Б – сростания полибазита и галенита (Кумирная); В – сростания акантита со стефанитом (Дальняя);

Г – фрейбергит в кварце (Заманчивая); Д – пробность электрума (№ 2);

Е – самородное серебро в кварце (Дальняя)

Арсенопирит также представлен двумя морфологическими разновидностями. Он встречается в виде вкрапленников, или гнездообразных скоплений. Наиболее распространены кристаллы арсенопирита ромбовидного и тонкопризматического габитуса, реже встречаются сложные двойниковые сростки. Принадлежность его к числу ранних образований, следует из взаимоотношений с сульфидами Zn, Pb, Cu и минералами серебра. По арсенопириту часто развивается акантит (иногда совместно со скородитом и гидроокислами железа). Другой арсенопирит обнаружен в полифазных агрегатах серебряных минералов. Его химический состав отклоняется от теоретического, в нем установлены заметные 1,22 мас. % концентрации сурьмы. Средняя микротвердость арсенопирита несколько понижена относительно литературных данных, составляя 750 кгс/мм (10 замеров). Возможно, это обусловлено вхождением сурьмы в кристаллическую решетку.

Сфалерит образует вкрапленность мономинеральных зерен и гнездовидных агрегатов неправильной формы в кварцевом матриксе (в сростании с галенитом), нередко окаймленных минералами серебра. Его мелкие включения и прожилковидные выделения присутствуют в раннем пирите, а реликты – в более поздних минеральных агрегатах. Наиболее высокожелезистые сфалериты (с содержанием железа до 16 мас. %) установлены в зоне Кумирной, менее железистые в зоне Новой. Еще одна разновидность сфалерита выделяется в составе поздней серебряной ассоциации. В ней обнаружены ксеноморфные микровключения сфалерита (не более 1 мк) среди ранних сульфидов. Для этих включений характерен широкий спектр изоморфных примесей: Cu – 0,23 мас. %, Cd – 0,82 мас. %, Se – 0,69 мас. %, In до 4,36 мас. %, Ag. В сфалерите зоны Белембинской наиболее высокие содержания меди (до 5,41 мас. %) связаны с присутствием мельчайших включений халькопирита. В других случаях, где встречена небольшая примесь меди, возможно, ее изоморфное вхождение в состав сфалерита. Это согласуется с проведенными экспериментальными исследованиями растворимости меди (в виде CuS) в сфалерите [5].

Галенит обычно ассоциирует со сфалеритом, кристаллизуясь близодновременно или чуть позже его, образуя ксеноморфные и округлые зерна. Местами он заполняет микротрещинки в сфалерите, а иногда обрастает его зерна. Мономинеральные зерна галенита встречаются редко, но значительно чаще в сростании с другими минералами халькопиритом, сфалеритом и др. (рис. 2, Б).

Характерна подверженность галенита замещению минералами серебра. Для галенита зоны Заманчивая характерна зараженность висмутом (1,54 мас. %). В нем также обнаружены заметные концентрации серебра (0,5 мас. %), при существенно более низких селена (0,16 мас. %) и меди (0,15 мас. %).

Халькопирит представлен несколькими морфологическими разновидностями. Одна его разновидность образует эмульсиевидные микровключения (размером от 0,002 до 0,1 мм) в сфалерите. Форма их изометричная, овальная или тонко-пластинчатая (по трещинам спайности). Другая разновидность встречается в виде редкой мелкой (20–60 микрон в поперечнике) вкрапленности единичных зерен в нерудном матриксе или в ассоциации со сфалеритом и флюоритом. Еще две разновидности халькопирита входят в состав золото-акантит-сульфосольной ассоциации. Одна из них наблюдается в виде мелких пятнистых выделений в полисеребросульфосольных агрегатах, возникая при замещении фрейбергита пираргиритом. Для такой разновидности, выявленной в зоне Заманчивой, характерно присутствие примеси серебра (0,49 мас. %) и мышьяка (0,54 мас. %). Другой халькопирит замещает агрегаты зерен пираргирита, полибазита и акантита.

Касситерит обнаружен в зонах Белембинской и Бортовой, где образует самостоятельные мономинеральные вкрапления идиоморфных кристаллов в матриксе кварца в ассоциации с халькопиритом, магнетитом, сфалеритом, галенитом. В других рудных зонах касситерит встречается в виде округлых микровключений, находящихся в зернах ранних сульфидов: халькопирите, галените, пирите, арсенопирите, реже в кварцевом матриксе.

Фрейбергит установлен в зоне Заманчивой, образуя вкрапленность ксеноморфных зерен в существенно кварцевом матриксе. Часто наблюдается в совместных сростаниях с акантитом и другими сульфосолями серебра, а также в оторочках, развитых вокруг зерен сульфидов ранних генераций (рис. 2, Г). Характер сростания фрейбергита с другими минералами свидетельствует, что он является одним из наиболее ранних серебряных минералов. Обычно он замещается (с периферии) многими известными в зоне сульфосолями серебра, но особенно активно – пираргиритом и полибазитом. Важнейшей особенностью его химического состава в зоне Заманчивой является довольно высокая насыщенность серебром: от 28,98 до 34,35 мас. %. Состав изученных фрейбергитов отличается от теоретического небольшим, но постоянным дефицитом

серы. Среди других особенностей можно отметить, преобладание сурьмяных разновидностей, в которых железо лишь незначительно преобладает над цинком (таблица).

Помимо главных элементов (Cu, Ag, Fe, Zn, Sb, As и S) в одном из образцов фрейбергита обнаружены небольшие концентрации свинца и теллура.

Состав серебряных минералов (масс. %) Кумирного месторождения по данным микронзондового анализа ДВГИ (аналитик Молчанова Г.Б.)

| № п/п | Cl | Au | Ag | Zn | Ge | Se | Fe | Cu | Pb | Sn | As | Sb | Bi | S | Σ | Название минерала |
|-------|------|------|-------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------------------|
| 1 | – | – | 82,72 | – | – | – | – | 1,53 | – | – | – | – | – | 15,42 | 99,67 | Акантит |
| 2 | – | 1,89 | 59,36 | – | – | 0,13 | – | – | – | – | 0,82 | 20,5 | – | 17,23 | 99,5 | Пираргирит |
| 3 | – | – | 71,13 | – | – | – | – | 6,62 | – | – | 0,85 | 7,59 | – | 14,29 | 100,47 | Полибазит |
| 4 | – | – | 65,26 | – | – | – | – | – | – | – | 1,83 | 15,76 | – | 15,87 | 98,71 | Стефанит |
| 5 | – | – | 17,31 | 3,5 | – | – | 6,2 | 25,1 | 2,11 | – | 5,53 | 18,24 | – | 22,7 | 100,61 | Фрейбергит |
| 6 | – | – | 63,33 | – | – | – | – | – | – | 12,3 | – | – | – | 20,99 | 96,61 | Канфильдит |
| 7 | 14,7 | – | 84,7 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 99,36 | Кераргирит |
| 8 | – | – | 73,76 | – | 6,1 | – | – | – | – | 2,43 | – | – | – | 16,87 | 99,19 | Аргиродит |
| 9 | – | – | 22,88 | – | – | – | – | – | 19,6 | – | – | – | 40,37 | 14,7 | 97,54 | Матильдит |
| 10 | – | – | 98,78 | – | – | – | 0,4 | – | – | – | – | – | – | 0,33 | 99,49 | Самородное Ag |
| 11 | – | 39,9 | 58,05 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 97,9 | Электрум |
| 12 | – | 13,6 | 77,46 | 5,8 | – | – | 1,1 | – | – | – | – | 1,37 | – | – | 100,0 | Кюстелит |
| 13 | – | 98,5 | 1,24 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 99,73 | Самородное Au |
| 14 | – | 81,1 | 17,39 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 98,52 | Самородное Au |

Пираргирит наряду с акантитом является главным серебряным минералом рудных зон. Основанная масса его зерен приурочена к интерстициям и микропрожилкам в кварце (рис. 2, А). Иногда это мономинеральные зерна, нередко с двойниковым строением, но значительно чаще он встречается в сростаниях с полибазитом, образующим в нем вроски пластинчатых выделений или оторочки обрастания. Нередко пираргирит отмечается в более сложных полиминеральных агрегатах, совместно с реликовыми выделениями ранних сульфидов, фрейбергитом, халькопиритом, полибазитом, стефанитом, акантитом, электрумом. Практически для всех пираргиритов характерна незначительная примесь мышьяка от (0,34 до 0,9 мас. %). Низкое содержание As в пираргирите еще раз подтвердило выводы [3] об ограниченном изоморфизме мышьяка и сурьмы в природных пираргиритах. В зоне Заманчивой, кроме мышьяка, обнаружены небольшие содержания меди и селена, а в пираргирите зоны Кумирной – повышенные концентрации селена (0,15–0,41 мас. %), железа (3,74 мас. %), цинка (1,55 мас. %), а иногда – высокие концентрации золота – 1,89 мас. %. При замещении фрейбергита избыток железа и меди, возникающий в процессе замещения, часто фиксируется в виде тончайшей вкрапленности халькопирита. В зоне Заманчивая кристаллизация пираргирита происходила вслед за фрейбергитом, в других же зонах, где отсутствует фрейбергит, вероятно, его

кристаллизация открывала процесс массового отложения минералов серебра в жильных зонах.

Полибазит отмечается как замещающий пираргирит минерал, реже – образующий самостоятельные мономинеральные выделения таблитчатой и интерстициальной формы. Отмечаются пираргирит-полибазит-акантитовые и полибазит-акантитовые сростания, в которых полибазит является как близодновременным с пираргиритом и акантитом, так и отчетливо более ранним относительно акантита минералом. Полибазит каждой из изученных рудных зон обладает специфическими особенностями. Наиболее неустойчивые содержания серебра в нем характерны для зоны Заманчивой (71,13–73,28 мас. % Ag). Уровни содержания мышьяка в таком полибазите еще более нестабильны: 0,13–0,85 мас. %. Типоморфными элементами здесь являются свинец и теллур. Состав полибазитов зоны Кумирной характеризуется в целом – более низкой серебристостью (70,18–72,92 мас. % Ag), несколько повышенной примесью мышьяка (0,62–0,78 мас. %) и постоянным присутствием заметных концентраций селена (0,26–0,33 мас. %). Средняя микротвердость полибазита зоны Кумирной составляет 98 кгс/мм² (10 замеров), а Заманчивой – 109 кгс/мм² (15 замеров).

Акантит обрастает или замещает сульфиды ранних ассоциаций – пирит, арсенопирит и др. Наиболее часто он наблюдается в качестве компонента сложных полифаз-

ных рудных обособлений в кварцевом матриксе. В целом акантит тесно ассоциирует со всеми сульфосолями серебра, нередко выступая как более поздний минерал. Характер срastания акантита с сульфосолями серебра свидетельствует о достаточно длительном периоде его кристаллизации: отмечаются как близсинхронные с пираргиритом, полибазитом выделения, так и явно более поздние – в виде кайм, нарастающих на зерна сульфослой, нередко с признаками коррозии последних.

Стефанит развит в отдельных зонах (Кумирная, Дальняя, Знойная) в ассоциации с акантитом, фрейбергитом, пираргиритом и халькопиритом. Представлен тонкими прожилковидными выделениями, выполняющими микротрещины, пересекающие скопления пираргирита, содержащего мелкие включения фрейбергита и халькопирита. Обнаружен и в срastании с акантитом (рис. 2, В). Реже диагностируется (совместно с пираргиритом и акантитом) в оторочках, развитых вокруг зерен сульфидов ранних генераций. Эти данные свидетельствуют, что стефанит является одним из наиболее поздних минералов серебра. Типоморфными элементами-примесями в стефаните зоны Кумирной является медь, мышьяк и селен. Поскольку верхний температурный предел устойчивости стефанита равен $150 \pm 10^\circ\text{C}$, то его присутствие как минерала-геотермометра, свидетельствует о низкотемпературных условиях формирования всей ассоциации на завершающем этапе рудного процесса.

Канфильдит установлен в электруме зоны № 2, в виде микровключений неправильной формы и мелких агрегатных скоплений в срastании с акантитом, в виде мелких округлых, реже вытянутых зерен размером от 1 до 40 мк. В зоне № 7 канфильдит встречается в виде отдельных продолговатых ксеноморфных зерен. Его особенностью является присутствие примеси селена.

Аргиродит наблюдался в акантите и полибазите зоны Знойной, в виде вытянутых полоскообразных включений, реже в тесном срastании с ними. Для него характерна изменчивость состава: в одних случаях он содержит примесь олова, в других она отсутствует.

Кераргирит установлен в зоне Кумирной в ассоциации с акантитом в виде узкой каймы, замещающей ранний пирит. В зоне Новой – в виде мелких включений, также в акантите и в срastании с ним. Изученный химический состав кераргиритов отличается от теоретического переизбытком серебра и небольшим дефицитом хлора. Из элементов-примесей в нем присутствует только теллур.

Матильдит установлен в зоне Неяной в срastании с галенитом. Для зоны характерна общая зараженность галенита и серебряных минералов висмутом. В зоне № 2 матильдит наблюдается в виде мелких включений неправильной формы в электруме. По мнению [2], матильдит представляет собой до некоторой степени лишь пограничное образование, возникшее при низких температурах до 225°C . Выше этой точки взаимная растворимость матильдита и галенита очень велика. Другие исследователи [6] рассматривают матильдит как минеральную фазу, кристаллизующуюся одновременно с галенитом.

Самородное золото. Наиболее значительные концентрации Au установлены в зонах Новой, Заманчивой, Кумирной и № 2. Наблюдается как низкопробные (электрум, кюстелит), так и высокопробные разности даже в одной зоне. В золотоносных кварцевых прожилках оно ассоциирует с арсенопиритом, сульфосолями серебра, обладая разнообразием форм и размеров выделений. Микронзондовым анализом в самородном золоте установлено серебро, микропримеси других элементов не выявлены. Пробность золота определена в 859 мас. % (по микронзондовому анализу), а по атомной абсорбции – изменяется от 754 до 967.

Электрум выполняет трещины и заполняет промежутки между зернами раннего арсенопирита и пирита в жильной кварцевой массе. Изредка он отмечается в составе полифазных сростков с сульфосолями серебра. В нем отмечаются мелкие ксеноморфные микровключения матильдита, полибазита, акантита, галенита, халькопирита, кюстелита и др. Еще одной особенностью электрума является изменение его состава в пределах одного зерна (рис. 2, Д). Каких-либо микропримесей в электруме не обнаружено (таблица).

Самородное серебро в рудных зонах фиксируется постоянно, но при крайне неравномерном распределении. Чаще всего образует мелкую рассеянную вкрапленность в интерстициях и кавернах кварцевого агрегата (рис. 2, Е), реже отмечается в виде скоплений зерен. Преобладающий размер выделений серебра – от 4 до 10 мк, более крупных – до 30 мк в поперечнике. Микронзондовый анализ самородного серебра зоны Заманчивой показал присутствие в нем примесей серы, железа, магния.

В результате проведенных исследований на месторождении выделяется три основные минеральные ассоциации:

- 1) кварц-пирит-арсенопиритовая;
- 2) полиметаллическая;
- 3) золото-акантит-сульфосольная.

С первой из них связано образование основной массы кварцевого выполнения, формирование сквозной вкрапленности пирита и крупнозернистого арсенопирита. Вторая характеризуется присутствием таких минералов, как сфалерит, галенит, пирит, халькопирит. Последняя представлена акантитом, пираргиритом, полибазитом, фрейбергитом, стефанитом, аргиродитом, а также индий содержащим сфалеритом. Присутствие стефанита и матильдита в золото-акантит-сульфосолевой ассоциации свидетельствует о низкотемпературных условиях образования минералов серебра на завершающем этапе рудного процесса, а наличие в сфалерите включений индия, а также присутствие германиевых минералов в рудах, ставит вопрос о переоценке геологического потенциала Кумирного месторождения.

Анализ взаимоотношений между минеральными ассоциациями показал, отсутствие четких признаков стадийного развития минералообразования, столь характерного для эпitherмальных месторождений вулканических поясов. Такое заключение подтверждается не проявленностью внутрирудного дробления в рудных зонах и отсутствием пересечений жильно-прожилковой минерализации разного состава и возраста. Взаимоотношения между минералами устанавливались главным образом, по коррозионным каемкам, а это свидетельствует в пользу формирования многометалльного оруденения в течение единого этапа.

Список литературы

1. Ивин В.В., Родионов А.Н., Хомич В.Г., Симаненко Л.Ф., Борискина Н.Г. Геологическое строение и типы эндогенной минерализации Нижнетаежного рудного узла (Приморье) // Тихоокеанская геология. – 2006. – Т. 25. – № 3. – С. 81–87.

2. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. – М., 1962. – С. 1132.

3. Свешникова О.Л., Ракчеев А.Д. К вопросу о составе и свойствах прустита и пираргирита. – М.: Труды Мин. Музея АН СССР, 1971. – Вып. 20. – С. 133

4. Хомич В.Г., Ивин В.В., Борискина Н.Г. Новые определения возраста (K-Ar метод) интрузивных образований Нижнетаежного рудного узла (Северное Приморье) // Вестник ТГУ. – 2010. – № 331. – С. 214–218.

5. Kojima, S.; Sugaki, A. Phase relations in the Cu-Fe-Zn-S system between 500 and 300°C under hydrothermal conditions // Economic Geology. – 1985. – Vol. 80. – P. 158–171.

6. Shin Dongbok, Park Hee-In, Lee Insung et al. Hydrothermal As-Bi mineralization in the Nakdong deposits, South Korea: insight from fluid inclusions and stable isotopes // Canad. Miner. – 2004. – Vol. 42, № 5. – P. 1465–1481.

References

1. Ivin V.V., Rodionov A.N., Khomich V.G. Simanenko L.F., Boriskina N.G. *Geological structure and types of endogenous mineralization Nizhnetaezhnogo ore node (Primorye)* Pacific Geology, 2006. Vol. 25. no. 3. pp. 81–87.

2. Ramdor P. *Rudnye mineraly i ih srastaniya*. [Ore minerals and their intergrowths]. Moscow, 1962. 1132.

3. Sveshnikov O.L., Rakcheyev A.D. *K voprosu o sostave i svoystvakh prustita i pirargirita*. [On the question of the composition and properties and proustite pyrrargyrite, vol. 20: New data on the minerals of the USSR. Proceedings Mineneralog Museum]. Moscow: Nauka, 1971. 133 p.

4. Khomych V.G., Ivin V.V., Boriskina N.G. New definitions of age (K-Ar method) intrusive formations Nizhnetaezhnogo ore unit (Northern Primorye) // Vestnik TSU, 2010. no. 331. pp. 214–218.

5. Kojima S., Sugaki A. 1985. Phase relations in the Cu-Fe-Zn-S system between 500 and 300°C under hydrothermal conditions. Economic Geology, Vol. 80, pp. 158–171.

6. Shin Dongbok, Park Hee-In, Lee Insung et al. Hydrothermal As-Bi mineralization in the Nakdong deposits, South Korea: insight from fluid inclusions and stable isotopes // Canad. Miner. 2004. Vol. 42, no. 5. pp. 1465–1481.

Рецензенты:

Кемкин И.В., д.г.-м.н., профессор, зав. лабораторией, ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток;
Хомич В.Г., д.г.-м.н., зав. лабораторией, ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 02.06.2014.