



МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУМРОЧ, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА

Месторождение Кумроч относится к наиболее перспективным рудным объектам Камчатского края. Оно расположено в центральной части Восточно-Камчатского вулканического пояса и относится к сложным полигенным с золото-серебряной (LS типа) и медно-порфировой минерализацией. В работе приведены первые результаты комплексных минералого-геохимических исследований золото-серебряного оруденения. На месторождении установлены три типа руд: золото-кварц-адуляровые, золото-полиметаллические и медно-порфировые. Детально изучены текстурно-структурные особенности, минеральный и химический составы, формы нахождения благородных и цветных металлов и некоторые особенности генезиса руд. С помощью современных методов локального физико-химического анализа охарактеризованы типоморфные особенности сульфидов Zn, Fe, Pb, блеклых руд и теллуридов Au, Ag. Выделены минеральные ассоциации: кварц-сфалерит-пиритовая, сфалерит-блекловорудная, сфалерит-галенитовая, кварц-пиритовая, пирит-халькопирит-блекловорудная, золото-пиритовая, золото-кварцевая. Оценены температуры и состав рудообразующих растворов.

Ключевые слова: золото-серебро-полиметаллическое месторождение Кумроч, рудообразование, Восточная Камчатка, сфалерит, пирит, блеклые руды.

Месторождение Кумроч – одно из крупнейших и наиболее перспективных в Центрально-Камчатском горнорудном районе – находится на востоке Камчатского полуострова в 350 км от г. Петропавловск-Камчатский. Балансовые запасы (C_1+C_2) – 30 т золота, 51,6 т серебра [4]. Основу геоморфологического строения Восточной Камчатки составляет ряд кулисообразно расположенных складчато-глыбовых хребтов: Ганальский (1500–2059 м) с вулканом Бакенинг (2277 м), Тумрок (1200–2092 м) с вулканом Кизимен (2485 м) и Кумроч с вулканом Шиш (2346 м) [6]. Хребет Кумроч с голоценовым вулканом Шиш (55°45' с. ш., 161°10' в. д.), в пределах которого размещается рудное поле Кумроч площадью до 30 км², прорезан широтной долиной р. Камчатка [13]. Сведения о геологии и полезных ископаемых района приведены в работах В.П.Мокроусова, Б.В.Ковалёва, Б.И.Сляднева, В.А.Ермакова, С.И.Федоренко, Б.А.Марковского, М.Е.Бояриной, Н.Н.Матюшкина, М.Н.Шапиро, Б.В.Олейника, И.В.Мелекесцева и др. [1, 2, 10].

В основу данной статьи положены результаты многолетних исследований лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН (2007–2010, 2014, 2017 гг.) и материалы, предоставленные сотрудниками ЗАО «Быстринская горная компания», ОАО «Золото Камчатки». ОАО «Золото Камчатки», входящее в группу компаний «Ренова», – ведущее золотодобывающее предприятие Камчатского края. Ему принадлежат Агинский, Асачинский, Аметистовый

Округин Виктор Михайлович

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий лабораторией
вулканогенного рудообразования¹,
доцент кафедры географии,
геологии и геофизики²
okrugin@kscnet.ru

Шишканова Ксения Олеговна¹

научный сотрудник
lvod@kscnet.ru

Философова Татьяна Михайловна¹

научный сотрудник
zond@kscnet.ru

¹ ФГБУН Институт вулканологии
и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский

² ФГБОУ ВО «Камчатский государственный
университет им. Витуса Беринга»,
г. Петропавловск-Камчатский

горно-обогатительные комбинаты. В 2020 г. планируется ввод в эксплуатацию четвёртого ГОКа «Кумроч» с годовой производительностью до 3500–4500 кг золота [15].

Методы исследования каменного материала (образцы из канав, траншей, керны буровых скважин): оптическая микроскопия, рентгенофлуоресцентный (РФА), рентгенофазовый анализы, спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП), рентгеноспектральный микроанализ, сканирующая электронная микроскопия, термобарогеохимия. Аналитические исследования проводились в лабораториях Аналитического центра Института вулканологии и сейсмологии РАН (г. Петропавловск-Камчатский), Аналитического сертификационного испытательного центра Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ, п. г. т. Черноголовка). При минералого-петрографических исследованиях применялись прецизионные автоматизированные микроскопы Axioskop 40, SteREO Discovery.V12 (Carl Zeiss), Eclipse LV 100 pol (Nikon). Количественное определение Si, Al, Fe, P, Mg, Ca, K, Na, Ti, Mn и общей серы в диапазоне концентраций от 0,01% выполнялось на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре S4 PIONEER (Bruker) [8]. Для рентгенофазового анализа использовался прибор XRD-7000 MAXima (Shimadzu). Содержания Li, B, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba в образцах определялись методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой с помощью ICP-спектрометра ICAP-61 (Thermo Jarrell Ash). Концентрации Li, Be, B, Al, P, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Nb, Ru, Rh, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th и U в пробах анализировались методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре X-7 ICP-MS (Thermo Elemental). Химический состав минералов определялся с помощью рентгеноспектрального с электронным зондом микроанализатора Camebax 244 с четырьмя волновыми и одним энергетическим (X-max с электрическим охлаждением, рабочей площадью 80 мм², Oxford Instruments) спектрометрами. Условия съёмки: тонко сфокусированный пучок электронов (1,5–5,0 мкм), ускоренных до 25 кэВ, суммарный ток 25–50 нА. Микроморфология, микроструктура, степень однородности-неоднородности минералов исследовались

на приборе Vega 3 Tescan с энергодисперсионным и волновым спектрометрами X-max с площадью кристалла 50 мм². Измерения проводились при высоком вакууме 2,9–0,9^{e-005} мбар, фокусном расстоянии 15 мм, ускоряющем напряжении 20 кВ, токе пучка 917 пА. Для анализа использовалось программное обеспечение AZtec Oxford Instruments версии 3.1. Флюидные включения в кварце и сфалерите изучались с использованием поляризационного микроскопа Eclipse LV 100 pol (Nikon) в комплекте с термокриостатом THMSG 600 (Linkam), позволяющим осуществлять измерения в интервале температур -196... +600°C.

Месторождение Кумроч расположено на левом берегу р. Быстрая (рис. 1). Вместе с рудопоявлениями Круча и Водопадное образует Кумрочское рудное поле, приуроченное к центральной части палеоцеон-миоценовой Быстринской вулканотектонической структуры Восточно-Камчатского вулканоплутонического пояса. Формирование вулканитов связано с деятельностью голоценового вулкана Шиш, сложенного лавами андезитов и андезидацитов [6].

В геологическом строении района участвуют породы двух структурных комплексов: рудовмещающего и пострудного [5, 11]. Рудовмещающий комплекс объединяет мел-палеоценовые вулканогенно-осадочные образования хапицкой свиты (лавы андезитов, крупнообломочные туфы, туффиты с прослоями мелкообломочных вулканогенно-кремнистых пород) и терригенно-осадочные отложения дроздовской, в составе которой преобладают мелко- и среднезернистые песчаники. Пострудный комплекс сложен плейстоценовыми вулканогенно-осадочными породами основного и среднего составов (базальты, андезиты, их туфы) и современными голоценовыми отложениями.

Интрузивные образования, развитые достаточно широко в пределах месторождения, представлены тремя комплексами: миоцен-плиоценовым, плиоценовым и четвертичным. По форме залегания это, прежде всего, субвулканические тела и дайки базальтов, андезитов, диоритов. В бассейнах ручьёв Прямой и Фирновый распространены тела диатремовых брекчий, которые отнесены к рудовмещающим [14].

Преобладающий миоцен-плиоценовый комплекс (Быстринский интрузивный) сложен породами нормального и субщелочного рядов – габбродиоритами, диоритами, кварцевыми диоритами.

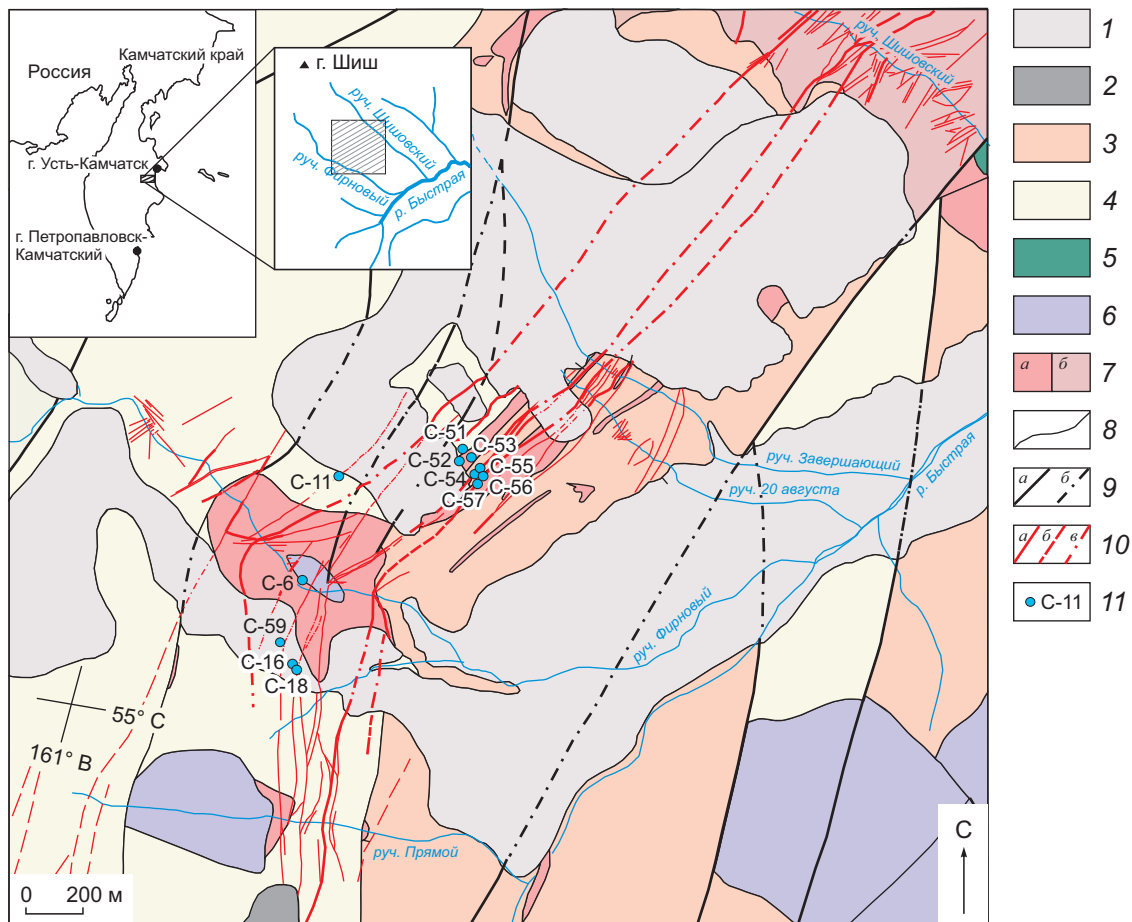


Рис. 1. ФРАГМЕНТ СХЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ РУДНОГО ПОЛЯ КУМРОЧ (по данным ЗАО «Быстринская горная компания»):

пострудный комплекс: 1 – аллювиальные галечники, пески; делювиально-пролювиальные глыбы, щебень, валунники, галечник; делювиальные глыбы, щебень, ледниковые глыбы, валуны, супеси, щебень, водно-ледниковые валунники, галечники, пески, Q_{III-IV}; 2 – базальты, туфы; андезиты, андезидациты, дациты, туфы дацитовые, андезидацитовые, Q_{I-II}; *рудовмещающий комплекс:* 3 – дроздовская свита, P_{1dr} (песчаники, туфопесчаники), 4 – хапицкая свита, K₂-P_{1hr} (туфы андезитовые, андезибазальтовые, туфопесчаники, туфоалевролиты); 5 – базальты, Q_{II}; 6 – андезиты, N₂; 7 – диоритовые порфиры, дл₁ (а), гранодиорит-порфиры, γдл₂ (б), N₁₋₂; 8 – геологические границы; 9 – разломы установленные (а), скрытые под вышележащими образованиями (б); 10 – рудоносные зоны достоверные (а), предполагаемые (б), скрытые под четвертичными образованиями (в); 11 – скважины, их номера

Кварцевые диориты наиболее распространены. Это полнокристаллические с массивной текстурой, светло-серые, лейкократовые породы (табл. 1). Главные породообразующие минералы – плагиоклазы (альбит-олигоклаз), КПШ (ортоклаз, до 7,1% Ва), кварц; второстепенные – биотит, пироксен, роговая обманка, эпидот, хлорит; аксессуарные – магнетит, ильменит, сфен, апатит (F до 3,47, Cl до 1,15%), циркон, карбонаты, барит, пирит, сфалерит (табл. 2). Выделяются ранне-среднемиоценовая, средне-позднемиоценовая, позднемиоцен-плиоценовая инт-

рузивные фазы магматизма. С проявлением последней фазы связывается формирование эпитермального оруденения [14].

Плиоценовый комплекс объединяет штокообразные тела диоритов, дайки андезитов, андезибазальтов. К четвертичному комплексу относятся мелкие экструзии, дацитовые и андезибазальтовые дайки.

Широко развиты разрывные нарушения. Выделяются четыре системы разломов: северного, восточного, северо-западного и субширотного на-

1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КВАРЦЕВЫХ ДИОРИТОВ ПО ДАННЫМ РФА

| Оксиды | Содержание, % | Элементы | Содержание, г/т |
|--------------------------------|------------------|----------|--------------------|
| SiO ₂ | 60,90 | Sc | 14,0 |
| TiO ₂ | 0,59 | V | 151,0 |
| Al ₂ O ₃ | 17,80 | Cr | 148,0 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,97 | Ni | <1,6 |
| FeO | 1,18 | Cu | 19,0 |
| MnO | 0,23 | Zn | 135,0 |
| CaO | 4,33 | As | 49,0 |
| MgO | 3,28 | Rb | 57,0 |
| Na ₂ O | 3,86 | Sr | 298,0 |
| K ₂ O | 3,37 | Y | 17,0 |
| P ₂ O ₅ | 0,13 | Zr | 74,0 |
| п.п.п. | 0,13 | Nb | <0,9 |
| Σ | 99,77 | Mo | <3,0 |
| S | 0,23 | Ba | 1439,0 |
| | | La | <4,5 |
| | | Ce | 59,0 |
| | | Pb | 5,0 |
| | | Th | <1,2 |
| | | U | <1,5 |

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом центре ИВиС ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский, аналитики Н.Ю.Курносова, В.М.Пагулина).

правлений (см. рис. 1) [14]. Важную роль в локализации оруденения играет система тектонических нарушений северного и восточного простирания.

В пределах месторождения (площадь 12 км²) выявлено >20 жил. Самая крупная рудоносная структура – прожилково-жильная линейная зона, представленная системой сближенных субпараллельных со сложной морфологией кварцевых, адуляр-кварцевых жил, протяжённостью более 3,5 км, мощностью не менее 400 м. Состав отдельных жил по простиранию резко изменяется от кварцевого до кварц-сульфидного [14]. На данной стадии геологической изученности месторождение рассматривается в качестве объекта с двумя разновидностями продуктивной минерализации: эпипермальной золото-серебряной (типа *LS – low sulphidation*) и медно-порфировой [10, 14]. Результаты проведённых геологоразведочных работ указывают на то, что в настоящее время промышленную ценность объекта определяет эпипермальная золото-серебряная минерализация.

Сведения о возрасте приводятся по результатам геолого-съёмочных работ М.Е.Бояриновой и

др. в районе хребта Кумроч [2]. Возраст палеовулкана Шиш соответствует эоплейстоцену, однако не исключается и более позднее время его формирования – поздний плейстоцен [2]. Абсолютный возраст базальтов хапицкой свиты, определённый K-Ar методом, составляет 86–68 млн лет [1], что отвечает позднему мелу.

Золото-серебряная минерализация представлена микрокварцитами с убогой вкрапленностью рудных минералов, количество которых редко превышает 2–3%. В табл. 3 приведён химический состав руд. Максимальные значения, ppm: Au (27,6), Ag (152), Cu (118 398), Zn (332 150), Pb (291 825), As (1933) зафиксированы в полисульфидных разностях.

Рудам свойственно значительное разнообразие текстур и структур. Текстуры – прожилково-сетчатая, прожилково-вкрапленная, друзовидная с элементами брекчиевидной и крустификационно-полосчатой, брекчиевая, массивная – отличаются резкой невыдержанностью рисунка даже в одном небольшом штупе (рис. 2). Прожилково-сетчатая текстура характеризуется наличием взаимно перпендикулярных прожилков кварц-галенит-сфалеритового состава с убогой вкрапленностью пирита мощностью до 2–4 мм (см. рис. 2, а). Прожилково-вкрапленная отличается сочетанием прожилковой и гнездово-вкрапленной текстур. Разноориентированные пересекающиеся кварцевые, кварц-сфалеритовые прожилки имеют мощность от одного до нескольких миллиметров среди линз и гнезд со сфалеритом, пиритом, галенитом и халькопиритом (см. рис. 2, б). Друзовидная текстура обусловлена присутствием идиоморфных прозрачных кристаллов кварца или кварц-сульфидного (преимущественно сфалеритового) агрегата, выполняющих микрополости в жильной массе. Брекчиевая текстура характеризуется наличием остроугольных обломков гидротермально изменённых пород, погружённых в кварц-адуляр-сульфидный цемент (см. рис. 2, в). Её разновидность – брекчиевидная, которая отличается более сглаженными, размытыми контурами рудовмещающих горных пород. Руды массивной текстуры имеют галенит-сфалеритовый, иногда халькопиритовый состав, общее количество рудных минералов не превышает 75% от площади жильного гидротермального цемента (см. рис. 2, д).

Наиболее распространённые структуры руд: кристаллически-зернистые – аллотриоморфно-зернистая, гипидиоморфнозернистая, пойкилито-

2. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КВАРЦЕВЫХ ДИОРИТОВ

| Главные | Второстепенные | Акцессорные |
|---|--|---|
| Плагиоклазы (альбит) $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 60% | Биотит $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$ | Магнетит Fe_3O_4 Титаномагнетит $(\text{Fe}, \text{Ti})\text{Fe}_2\text{O}_4$ |
| Калиевые полевые шпаты KAlSi_3O_8 (Ba до 7,11%) 20% | Пироксены $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ | Ильменит $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ |
| Кварц SiO_2 15% | Амфиболы $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ | Сфен $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$ |
| | Эпидот $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ | Апатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})_2$ (F до 3,47, Cl до 1,15%) |
| | Хлориты $(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Al}, \text{Si}]_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 3(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{OH})_2$ | Цирконы ZrSiO_4 |
| | | Карбонаты (кальцит) CaCO_3 |
| | | Барит BaSO_4 |
| | | Пирит FeS_2 |
| Сфалерит ZnS | | |

3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РУД ПО ДАННЫМ РФА (% ррт), ИСП (ppm)

| №№ п/п | Оксиды, элементы | Образцы | | | | | |
|-----------|-------------------------|---------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | SiO_2 | 38,80 | 38,20 | 27,80 | 74,60 | 52,60 | 24,70 |
| 2 | TiO_2 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| 3 | Al_2O_3 | 0,55 | 0,25 | 0,68 | 2,48 | 0,66 | 0,79 |
| 4 | Fe_2O_3 | 3,99 | 12,80 | 12,60 | 2,43 | 0,02 | 6,77 |
| 5 | FeO | | | 4,66 | | 1,20 | |
| 6 | MnO | 0,07 | 0,05 | 0,02 | 0,13 | 0,02 | 0,19 |
| 7 | CaO | 0,02 | 0,01 | 6,00 | 0,06 | 0,02 | 0,03 |
| 8 | MgO | 0,59 | 0,26 | 0,55 | 1,36 | 0,19 | 1,65 |
| 9 | Na_2O | 7,50 | 3,84 | 0,72 | 0,88 | 0,28 | 7,79 |
| 10 | K_2O | 0,26 | 0,13 | 0,02 | 0,91 | 0,16 | 0,05 |
| 11 | P_2O_5 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| 12 | S | 15,00 | 17,10 | 15,90 | 2,03 | 4,24 | 18,30 |
| 13 | F | 0,17 | 0,24 | 0,23 | 0,02 | 0,08 | 0,25 |
| 14 | п. п. п. | 10,20 | 7,20 | 0,21 | 2,00 | 3,01 | 12,40 |
| 15 | Σ | 77,21 | 80,14 | 69,44 | 86,95 | 62,55 | 72,98 |
| 16 | Cu | 11587 | 93355 | 118398 | 1229 | 1671 | 20863 |
| 17 | Zn | 324119 | 153296 | 150,00 | 29527 | 17596 | 332150 |
| 18 | Pb | 2102 | 1768 | 405,00 | 14132 | 291825 | 197,00 |
| 19 | As | 1933 | 652,00 | 362,00 | <0,20 | <0,20 | 164,00 |
| 20 | Ag | 32,10 | 152,00 | 36,30 | 31,30 | 124,00 | 67,60 |
| 21 | Au | 20,20 | 10,20 | 0,08 | 27,60 | 18,40 | 13,60 |

Примечание. Анализы 1–19 выполнены в Аналитическом центре ИВиС ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский, Н.И.Чеброва, А.О.Садовникова (РФА)), 20, 21 – в ИПТМ РАН (п. г. т. Черноголовка, В.К.Карандашев (ИСП)); оксиды, S, F, п. п. п. в %, остальные – в ррт; для обр. №№ 1, 2, 4, 6 – значения $\text{Fe}_{\text{общ}}$.

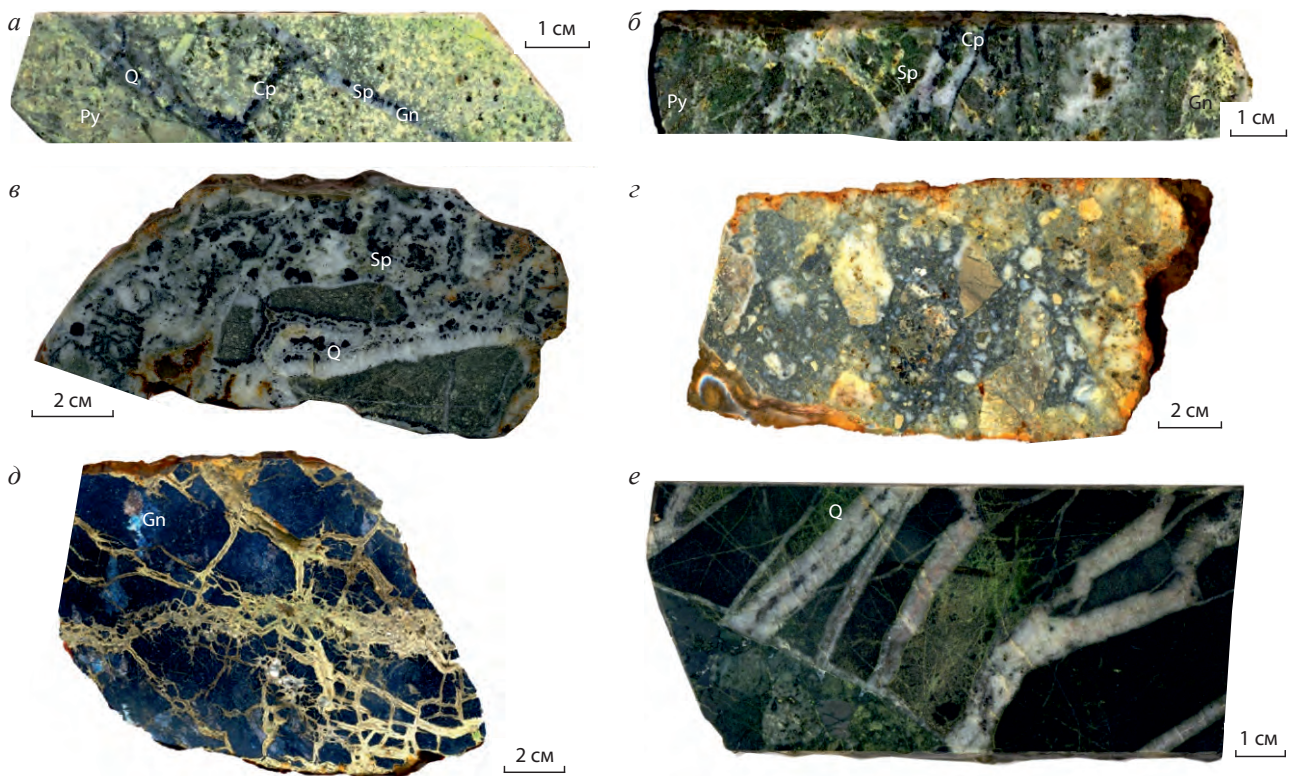


Рис. 2. КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕКСТУРЫ РУД (полированные штуфы):

a – прожилково-сетчатая (скв. 51, глубина 128,6 м); *б* – прожилково-гнездово-вкрапленная (скв. 51, глубина 143,7 м); *в* – друзовидная с элементами брекчиевидной и крустификационно-полосчатой; *г* – брекчиевая; *д* – массивная; *е* – прожилково-брекчиевая (скв. 6, глубина 10,6 м); Q – кварц, Gn – галенит, Sp – сфалерит, Py – пирит, Cp – халькопирит

вая. Степень идиоморфизма сульфидов зависит от формы, размера и характера срастания кристаллических зёрен. Встречаются эмульсионные структуры распада твёрдых растворов (микровключения халькопирита в сфалерите). Структура эндогенных краевых каёмок относится к числу редких. Зёрна сфалерита окаймлены кружевами халькозина.

Руды обладают сложным минеральным составом (табл. 4). Главные рудные минералы – сфалерит, галенит, второстепенные – пирит, халькопирит (рис. 3). К редким отнесены блеклые руды (теннантит, тетраэдрит), самородное золото, гессит, петцит, сильванит, алтаит, халькозин, борнит. Жильные минералы – кварц, карбонаты, адуляр, хлорит, серицит. Гипергенные минералы – сульфаты свинца, цинка, тенорит, хризоколла, оксиды железа.

Сульфиды (пирит, сфалерит, галенит, халькопирит) широко развиты среди рудных минералов. *Сфалерит* (см. рис. 3) образует единичные зёрна, агрегаты размером от 0,05 до 2–3 мм и гнезда 1–

2 см, прожилки и линзы мощностью от 0,1 до 2,0 см. Его цвет – тёмно-коричневый до чёрного (преимущественно марматит). В отражённом свете наблюдаются яркие внутренние рефлексии. Минералогическими, минераграфическими и методами рентгеноспектрального микроанализа обосновано выделение четырёх разновидностей сфалерита.

Сфалерит I составляет основу кварц-сфалерит-пиритовой минеральной ассоциации. Встречается в виде отдельных зёрен или образует тесные срастания с пиритом и отличается практически повсеместным развитием структуры распада твёрдых растворов. Она обусловлена наличием эмульсионной вкрапленности микрочастиц халькопирита, ориентированных по зонам роста сфалерита. Кроме халькопирита, сфалерит I содержит включения блеклых руд, пирита II, кварца. Часто по краям зёрен сфалерит обрастает халькозином.

Сфалерит II совместно с галенитом образует сфалерит-галенитовую минеральную ассоциацию. Фор-

4. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

| Минералы | Гипогенные | | Гипергенные |
|----------------|---|--|--|
| | Рудные | Жильные | |
| Главные | Сфалерит ZnS Галенит PbS | Кварц SiO ₂ | Сульфаты свинца, цинка Тенорит Хризоколла Оксиды железа |
| Второстепенные | Пирит FeS ₂ Халькопирит CuFeS ₂ | Кальцит CaCO ₃ | |
| Редкие | Блеклые руды (теннантит Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃ , тетраэдрит Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃) Самородное золото Au Гессит AgTe Петцит Ag ₃ AuTe ₂ Сильванит AuAgTe ₄ Алтаит PbTe Халькозин Cu ₂ S Борнит Cu ₅ FeS ₄ | Адуляр KAlSi ₃ O ₈ Хлорит (Mn, Al) ₈ (OH) ₈ (Si, Al) ₂ Серицит KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂ | |

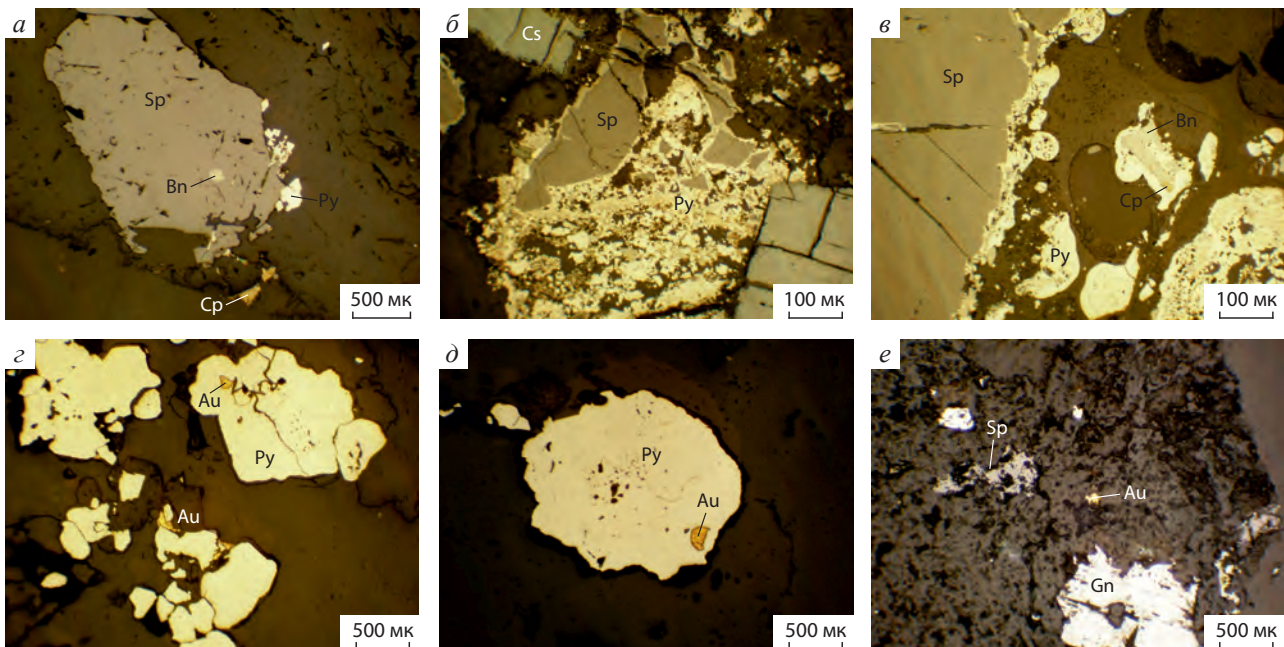


Рис. 3. МИКРОФОТОГРАФИИ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ В ОТРАЖЁННОМ СВЕТЕ:

a – скв. 56, глубина 50,8 м; *б, в* – скв. 56, глубина 51,9 м.; *г, д* – скв. 55, глубина 37,1 м; *е* – скв. 51, глубина 103,7 м; Bn – блеклые руды, Au – самородное золото, Cs – халькозин; остальные усл. обозн. см. рис. 2

ма, размер, структура выделений сфалерита схожи с таковыми первой разновидности. Для него характерны образования совместно с галенитом и кварцем. Он корродирует пирит II и разъедается кварцем, сечётся прожилками блеклых руд или халькопирита. Как правило, контакты сфалерита II и галенита ровные. Данная разновидность отличается от первой отсутствием эмульсионной вкрапленности халькопирита.

Сфалерит III ассоциирует с блеклыми рудами и представлен изометрическими зёрнами, размеры и структура которых сопоставимы с первой разновидностью. Нередко содержит включения галенита, пирита и корродируется кварцем. Отличается разнообразием сростаний с блеклыми рудами и халькопиритом. Сфалерит IV проявлен в виде отдельных изометрических зёрен, гнёзд и скоплений в кварцевом субстрате (0,1–2,0 мм).

5. ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЕ МИКРОЗОНДОВЫЕ АНАЛИЗЫ СФАЛЕРИТА, %

| №№ п/п | S | Mn | Fe | Zn | Cd | Hg | Cu | Σ | Кристаллохимические формулы | Разновидность |
|-----------|-------|------|------|-------|------|------|------|--------|--|----------------|
| 1 | 33,52 | 0,39 | 1,26 | 64,83 | 0,09 | 0,16 | н.о. | 100,25 | $(Zn_{0,96}Fe_{0,02}Mn_{0,01})_{0,99}S_{1,01}$ | Клейофан |
| 2 | 34,32 | 0,48 | 0,33 | 63,00 | н.о. | н.о. | н.о. | 98,13 | $(Zn_{0,94}Fe_{0,01}Mn_{0,01})_{0,96}S_{1,04}$ | Клейофан |
| 3 | 32,65 | н.о. | 2,00 | 66,25 | 0,40 | н.о. | н.о. | 101,30 | $(Zn_{0,98}Fe_{0,04})_{1,02}S_{0,98}$ | Маложелезистая |
| 4 | 36,27 | н.о. | 7,64 | 55,12 | 0,29 | н.о. | н.о. | 99,32 | $(Zn_{0,80}Fe_{0,13})_{0,93}S_{1,07}$ | Маложелезистая |
| 5 | 34,15 | 0,08 | 1,01 | 63,41 | н.о. | 0,30 | н.о. | 98,95 | $(Zn_{0,94}Fe_{0,02})_{0,96}S_{1,04}$ | Клейофан |
| 6 | 33,64 | 0,18 | 3,34 | 58,97 | 0,02 | 0,09 | 3,46 | 99,70 | $(Zn_{0,87}Fe_{0,06}Cu_{0,05})_{0,98}S_{1,02}$ | Маложелезистая |
| 7 | 34,88 | 0,21 | 3,54 | 59,96 | 0,24 | 0,02 | 2,90 | 101,75 | $(Zn_{0,87}Fe_{0,06}Cu_{0,04})_{0,97}S_{1,03}$ | Маложелезистая |

Примечание. н.о. – не обнаружено; здесь и в табл. 6–8 анализы выполнены в лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН (SEM Tescan Vega).

Химический состав сфалерита месторождения представлен в табл. 5. Для него характерно неоднородное строение в связи с неравномерным распределением концентраций изоморфных примесей химических элементов в пределах отдельных зёрен.

По наличию железа выделены две разновидности: безжелезистая – клейофан (Fe от 0,00–1,26%) и маложелезистая с концентрациями Fe до 7,64% (см. табл. 5). При этом для крупных выделений характерны наиболее высокие содержания железа, для мелких – низкие, центральные части более обогащены железом по сравнению с краевыми.

Вторые по распространению изоморфные примеси – кадмий и марганец, но их количество не превышает 0,40 и 0,48% соответственно (см. табл. 5). Микропримеси меди обусловлены наличием микровключений халькопирита. Обнаружение ртути – одна из редких находок для сфалеритов Восточной Камчатки. Она установлена в единичных зёрнах, и её количество не превышает 0,30%.

Пересчёт на формульные единицы результатов химических анализов минерала показал, что формульный коэффициент серы варьирует в пределах теоретического значения, равного 1 (см. табл. 5).

Галенит – второй по распространённости рудный минерал. Выявлены две его разновидности. Галенит I встречается в основном в сфалерит-галенитовой минеральной ассоциации, образует неправильные выделения (до 2 мм), гнёзда (до 1 см) и прожилки мощностью до 5 мм. Отдельные зёрна нередко катаклазированы. Галенит II относится к кварц-пиритовой ассоциации. Представлен редкими включениями от сотых долей до 0,5 мм в пирите.

Пирит – главный из группы второстепенных рудных минералов. Размеры зёрен варьируют от 0,2 до 3,0 мм. Образует четыре разновидности, которые отличаются взаимоотношениями с кварцем, сфалеритом, халькопиритом, блеклыми рудами, самородным золотом. В небольшом количестве пирит входит в состав сфалерит-галенитовой и сфалерит-блекловорудной минеральных ассоциаций.

Пирит I встречается в кварц-пиритовой минеральной ассоциации в виде единичных кристаллов, отдельных неправильных зёрен размерами от сотых долей до 2–3 мм, их агрегатов в форме гнёзд, линз, тонких прожилков. Иногда просматриваются кристаллы дендритовидной структуры. Пирит II обнаружен в форме неправильных зёрен размером от долей до 2–3 мм в кварц-сфалерит-пиритовой минеральной ассоциации. Часто образует скопления в форме гнёзд, линз в сростании со сфалеритом и кварцем.

Пирит III – мелкие кристаллы и зёрна неправильной формы, отнесён к пирит-халькопирит-блекловорудной минеральной ассоциации. Размеры выделений варьируют от десятых долей до 1–2 мм. Он ассоциирует с халькопиритом и блеклыми рудами, иногда содержит мелкие включения сфалерита, галенита. Пирит IV присутствует в золото-пиритовой ассоциации в виде неправильных образований размером 1–2 мм в кварце вместе с самородным золотом (см. рис. 3).

По особенностям химического состава (табл. 6) установлены две разновидности пирита: стехиометрический и содержащий примесь мышьяка (до 6,79%). Характерной чертой пиритов месторождения служит их зональное строение, обусловленное локальным концентрированием мышьяка по

отдельным микрозонам. Такое строение выявлено благодаря применению методов аналитической сканирующей электронной микроскопии. Пересчёт на формульные единицы результатов химических анализов минерала показал небольшие отклонения от стехиометрии. В отдельных разновидностях отмечается дефицит серы (см. табл. 6).

Халькопирит образует неправильные ксеноморфные выделения (0,1–0,7 мм) в агрегатах с пиритом, блеклыми рудами, сфалеритом, кварцем. По распространённости уступает пириту, но встречается практически во всех ассоциациях. Основная его масса приурочена к пирит-халькопирит-блекловорудной ассоциации. Повсеместно присутствует в виде эмульсионной вкрапленности в сфалерите I. При изучении его химического состава каких-либо элементов-примесей на уровне чувствительности локального микрозондового анализа обнаружено не было.

Блеклые руды отнесены к числу редких, но тем не менее фиксируются повсюду во всех выделенных минеральных ассоциациях как в виде мелких включений (до 1 мм) в сфалерите, галените, пирите, тонких прожилков, каёмок, главным образом вокруг сфалерита, так и в форме неправильных сростаний с халькопиритом (см. рис. 3). В некоторых случаях блеклые руды формируют более крупные скопления со сфалеритом III, реже кварцем, а также с пиритом, халькопиритом, сфалеритом III.

В отражённом свете цвет изменяется от оливкового до светло-серого. Изучение блеклых руд с помощью сканирующего электронного микроскопа позволило выявить внутреннее неоднородное (зональное) строение, обусловленное локальным концентрированием мышьяка, сурьмы, серебра, цинка, кадмия. Названия блеклых руд приводятся согласно классификации, предложенной Н.Н.Мозговой, А.И.Цепиным, Э.М.Спиридоновым [9, 12]. Выделены несколько минеральных видов, меж- и внутривидовых разновидностей: теннантит (As до 3,80 формульных единиц), тетраэдрит (Sb 3,50 формульных единиц) и промежуточные члены – теннантит-тетраэдрит. К внутривидовым отнесены Zn-теннантиты, Fe-теннантиты, Zn-Fe-теннантиты, Zn-тетраэдриты, серебряносодержащие Zn-тетраэдриты, Zn-тетраэдрит-теннантиты, серебряносодержащие тетраэдрит-теннантиты, серебряносодержащие Zn-тетраэдрит-теннантиты (табл. 7).

Широкие вариации концентрации цинка (от 1,22 до 14,35%, что соответствует от 0,29 до 3,36

6. ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЕ МИКРОЗОНДОВЫЕ АНАЛИЗЫ As-СОДЕРЖАЩЕГО ПИРИТА, %

| №№ п/п | Fe | S | As | Σ | Кристаллохимические формулы |
|--------|-------|-------|------|--------|--|
| 1 | 46,41 | 52,98 | 2,02 | 101,40 | (Fe _{0,99} As _{0,03}) _{1,02} S _{1,98} |
| 2 | 49,42 | 44,12 | 6,05 | 99,87 | (Fe _{1,13} As _{0,10}) _{1,23} S _{1,77} |
| 3 | 43,74 | 49,54 | 6,35 | 100,08 | (Fe _{0,97} As _{0,11}) _{1,08} S _{1,92} |
| 4 | 45,57 | 52,45 | 1,85 | 99,94 | (Fe _{0,99} As _{0,03}) _{1,02} S _{1,98} |
| 5 | 43,43 | 50,37 | 6,79 | 101,15 | (Fe _{0,96} As _{0,11}) _{1,07} S _{1,93} |
| 6 | 45,27 | 52,45 | 3,27 | 101,10 | (Fe _{0,98} As _{0,05}) _{1,03} S _{1,97} |
| 7 | 45,85 | 52,38 | 2,28 | 100,51 | (Fe _{0,99} As _{0,04}) _{1,03} S _{1,97} |
| 8 | 45,08 | 51,28 | 5,43 | 101,80 | (Fe _{0,98} As _{0,09}) _{1,07} S _{1,93} |
| 9 | 45,57 | 50,70 | 3,95 | 100,46 | (Fe _{1,00} As _{0,06}) _{1,06} S _{1,94} |

формульных единиц) – характерная особенность тетраэдритовой составляющей (см. табл. 7). Повсеместно присутствует железо в количестве от 0,39 до 6,59% (или от 0,11 до 1,76 формульных единиц); более одной формульной единицы обнаружено в Fe- и Zn-теннантитах.

Серебро – типоморфный элемент блеклых руд. Его содержания не превышают 4,38% (тетраэдрит-теннантиты: Ag 0,65, Sb 2,21, As 1,31 формульных единиц). Следует отметить, что для серебряносодержащих разновидностей с высоким его содержанием характерны повышенные концентрации изоморфных металлов – цинка и железа, сумма которых обычно составляет около или более двух формульных единиц (см. табл. 7).

Кадмий – один из редких химических элементов блеклых руд. Обнаружен в Zn-теннантитах в концентрациях, не превышающих 0,09%.

Самородное золото образует комковидные, округлые и интерстициальные выделения, реже – индивидуальные обособления (см. рис. 3). Размеры колеблются от 0,001 до 1 мм. На микроуровне выявлено сложное пористое, губчатое, скелетное строение. Цвет золотин от золотисто-жёлтого, зеленовато-жёлтого до красновато-жёлтого, что обусловлено вариациями примесей серебра и меди (Ag 7,20–17,38%) (табл. 8). Оно ассоциирует с кварцем, пиритом, реже с теллуридами.

Теллуриды представлены гесситом, петцитом, сивьянитом. Гессит – мелкие включения (до десятых долей миллиметра) в кварце и халькопирите, иногда микровкрапленность в пирите, совместно

7. ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЕ МИКРОЗОНДОВЫЕ АНАЛИЗЫ БЛЕКЛЫХ РУД, %

| №№ п/п | Ag | Cu | Fe | Zn | Cd | Sb | As | S | Σ | Кристаллохимические формулы | Минеральные виды и разновидности |
|--------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--|---|
| 1 | 0,00 | 41,18 | 5,89 | 1,52 | 0,00 | 7,1 | 14,75 | 29,06 | 99,50 | $[Cu^{+}_{9,69}Zn_{0,35}Fe_{1,58}]_{1,93}Sb_{0,87}As_{2,95}S_{13,56}$ | Fe-теннантит |
| 2 | 0,00 | 41,12 | 6,59 | 1,30 | 0,00 | 7,07 | 14,19 | 29,32 | 99,59 | $[Cu^{+}_{9,64}Zn_{0,30}Fe_{1,76}]_{2,05}Sb_{0,86}As_{2,82}S_{13,62}$ | Fe-теннантит |
| 3 | 0,11 | 35,27 | 1,19 | 14,35 | 0,00 | 7,93 | 10,26 | 28,62 | 97,73 | $[(Cu^{+}_{8,51}Ag_{0,02}Fe_{0,53}Zn_{3,36}Fe_{0,33}Sb_{3,69}As_{2,10}S_{13,69})]$ | Zn-теннантит |
| 4 | 0,00 | 42,94 | 3,91 | 4,51 | 0,00 | 0,16 | 19,61 | 29,48 | 100,61 | $[Cu^{+}_{9,81}Zn_{1,00}Fe_{1,02}Sb_{1,83}As_{3,80}S_{13,35}]$ | Zn-Fe-теннантит |
| 5 | 0,17 | 37,44 | 0,58 | 9,43 | 0,00 | 23,27 | 1,99 | 26,59 | 99,47 | $[(Cu^{+}_{9,53}Ag_{0,03}Fe_{0,56}Zn_{2,33}Fe_{0,17}Sb_{2,50}As_{0,43}S_{13,42})]$ | Zn-тетраэдрит |
| 6 | 0,14 | 38,21 | 0,39 | 6,92 | 0,00 | 26,24 | 0,98 | 27,07 | 99,95 | $[(Cu^{+}_{9,75}Ag_{0,02}Fe_{0,11}Zn_{1,72}Fe_{0,11}Sb_{1,83}As_{0,21}S_{13,69})]$ | Zn-тетраэдрит |
| 7 | 1,02 | 37,84 | 0,59 | 6,62 | 0,00 | 25,63 | 0,21 | 26,08 | 97,99 | $[(Cu^{+}_{9,90}Ag_{0,16}Zn_{1,68}Fe_{0,18}Sb_{1,86}As_{0,05}S_{13,53})]$ | Серебросодержащий Zn-тетраэдрит |
| 8 | 0,70 | 38,29 | 1,00 | 8,43 | 0,00 | 22,55 | 2,12 | 25,53 | 98,62 | $[(Cu^{+}_{9,90}Ag_{0,11}Zn_{2,12}Fe_{0,29}Sb_{2,41}As_{0,46}S_{13,08})]$ | Серебросодержащий Zn-тетраэдрит |
| 9 | 1,39 | 39,55 | 1,62 | 6,24 | 0,00 | 23,11 | 3,27 | 26,16 | 101,34 | $[(Cu^{+}_{9,98}Ag_{0,21}Zn_{1,53}Fe_{0,46}Sb_{1,99}As_{0,70}S_{13,08})]$ | Серебросодержащий Zn-тетраэдрит |
| 10 | 0,00 | 39,34 | 5,22 | 3,01 | 0,00 | 13,20 | 9,47 | 28,21 | 98,45 | $[Cu^{+}_{9,58}Zn_{0,71}Fe_{1,45}Sb_{1,68}As_{1,96}S_{13,62}]$ | Тетраэдрит-теннантит |
| 11 | 1,57 | 39,62 | 5,74 | 1,22 | 0,00 | 15,87 | 7,81 | 28,77 | 100,6 | $[(Cu^{+}_{9,56}Ag_{0,22}Zn_{0,29}Fe_{1,58}Sb_{1,86}As_{1,64}S_{13,76})]$ | Серебросодержащий тетраэдрит-теннантит |
| 12 | 1,52 | 39,66 | 3,14 | 3,23 | 0,00 | 20,45 | 4,92 | 27,21 | 100,13 | $[(Cu^{+}_{9,91}Ag_{0,22}Zn_{0,78}Fe_{0,89}Sb_{1,67}As_{1,04}S_{13,48})]$ | Серебросодержащий тетраэдрит-теннантит |
| 13 | 0,00 | 39,04 | 1,82 | 6,52 | 0,00 | 19,43 | 4,97 | 27,06 | 98,84 | $[Cu^{+}_{9,81}Zn_{1,59}Fe_{0,52}Sb_{2,11}As_{1,06}S_{13,47}]$ | Zn-тетраэдрит-теннантит |
| 14 | 0,00 | 38,96 | 0,82 | 9,14 | 0,00 | 12,79 | 9,03 | 28,17 | 98,91 | $[Cu^{+}_{9,50}Zn_{2,17}Fe_{0,23}Sb_{2,40}As_{1,87}S_{13,61}]$ | Zn-тетраэдрит-теннантит |
| 15 | 4,38 | 34,66 | 2,52 | 9,41 | 0,09 | 16,81 | 6,13 | 26,06 | 100,06 | $[(Cu^{+}_{8,75}Ag_{0,65}Zn_{2,51}Fe_{0,72}Cd_{0,01}Sb_{3,04}As_{1,31}S_{13,03})]$ | Серебросодержащий Zn-тетраэдрит-теннантит |
| 16 | 2,35 | 37,28 | 1,78 | 9,12 | 0,00 | 17,56 | 6,19 | 26,18 | 100,46 | $[(Cu^{+}_{9,33}Ag_{0,35}Zn_{2,22}Fe_{0,51}Sb_{2,73}As_{1,31}S_{12,99})]$ | Серебросодержащий Zn-тетраэдрит-теннантит |

с самородным золотом. Теллуриды золота (петцит, сильванит) присутствуют в виде незначительных выделений (0,01–0,50 мм) неправильной формы, а также сростков с пиритом, блеклыми рудами и самородным золотом.

Кристаллы *халькозина* и *борнита* образуют плотные зернистые агрегаты (до 5 мм), тонкие прожилки. Минералы встречаются в сростаниях со сфалеритом и в виде включений в галените. Часто такие агрегаты корродированы, а включения галенита окаймлены минералами меди.

Жильные минералы – кварц, кальцит, адуляр, хлорит, серицит. *Кварц* распространён практически во всех минеральных ассоциациях (особенно в кварц-пиритовой, кварц-пирит-сфалеритовой). Как правило, это единичные агрегаты размером 1–2 мм и кристаллы, наиболее крупные из которых достигают 5–7 мм в сечении. Выделено несколько разновидностей.

Кварц I (кварц-пиритовая ассоциация) отмечается совместно с пиритом I. Макроскопически он серовато-белый, светло-серый и характеризуется аллотриоморфнозернистой и гипидиоморфнозернистой структурами, размер зёрен 1–2 мм.

Прозрачный кварц II отличается аллотриоморфнозернистой структурой. Кристаллы этой разновидности имеют вытянутую форму и размеры от 2 до 7 мм. Кварц II относится к кварц-пирит-сфалеритовой ассоциации и встречается с пиритом II и сфалеритом I. Кварц I и кварц II тесно связаны друг с другом и отнесены к продуктивному типу, слагающему основную массу рудных тел.

Кварц III и IV схожи по характеристикам с кварцем II. Как правило, это мелкозернистые образования. Кварц III ассоциирует с галенитом I и сфалеритом II, а кварц IV – с халькопиритом, блеклыми рудами, сфалеритом III.

Карбонаты (кальцит) принадлежат к группе второстепенных жильных минералов. Макроскопически их цвет белый, реже с желтоватым оттенком. Это единичные кристаллы и агрегаты крупно- и среднезернистого строения. Кальцит ассоциирует с кварцем, обнаруживает неоднородное строение, обусловленное зональным распределением марганца и железа.

Адуляр распространён в подчинённом количестве. Его кристаллы характеризуются довольно мелкими размерами, порядка 0,09 мм, имеют ромбическую и ромбовидную формы. Встречается в ассоциации с кварцем и пиритом. Ромбические

8. ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЕ МИКРОЗОНДОВЫЕ АНАЛИЗЫ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА, %

| №№ п/п | Ag | Au | Σ |
|--------|-------|-------|--------|
| 1 | 14,31 | 86,44 | 100,75 |
| 2 | 16,43 | 85,12 | 101,91 |
| 3 | 16,59 | 82,14 | 98,73 |
| 4 | 16,62 | 85,77 | 102,39 |
| 5 | 15,34 | 84,87 | 100,21 |
| 6 | 7,20 | 94,66 | 101,86 |
| 7 | 16,68 | 85,43 | 102,11 |
| 8 | 16,74 | 82,18 | 98,92 |
| 9 | 17,21 | 82,18 | 99,39 |
| 10 | 17,38 | 80,71 | 98,08 |
| 11 | 16,98 | 83,47 | 100,46 |

кристаллы отличаются зональным неоднородным строением за счёт обогащения отдельных микронзон барием в количестве до 8,97%.

Гипергенные минералы – сульфаты свинца и цинка, тенорит, хризоколла, оксиды железа – развиты повсеместно.

Газово-жидкие включения изучались в образцах руд с наибольшим количеством рудных минералов и с хорошо раскристаллизованным кварцем. Среди них в соответствии с классификацией Н.П.Ермакова выделены первичные, мнимо вторичные, вторичные включения [3, 7]. По фазовому составу – это двухфазные газово-жидкие, однофазные газовые и многофазные разности. Размеры включений изменяются от 2–3 до 30 мкм.

Прозрачные идиоморфные кристаллы кварца II содержат представительное количество первичных, вторичных и мнимо вторичных газово-жидких и газовых включений. Для первичных включений характерны широкие вариации размеров и объёмов газовой фазы (от 25–30 до 90–100%). Среди вторичных, мнимо вторичных встречаются расшнурованные включения размером до 30 мкм, которые располагаются преимущественно вдоль трещин. Коэффициент заполнения вакуолей вторичных включений составляет 40–50%. Мнимо вторичные приурочены к микротрещинам кристаллов кварца. Эта группа включений имеет «негативную» форму с мелкими размерами до 5 мкм. Температуры гомогенизации варьируют от 110 до 290°C. Концентрация солей в растворах включений составляет ~2 масс. % NaCl-экв.

Итак, месторождение Кумроч является одним из перспективных вулканогенных гидротермальных золото-серебро-полиметаллических объектов Восточной Камчатки. Оно отличается наличием двух типов руд: классических эпитермальных (типа LS – кварц-адуляр-карбонатные) и медно-порфировых (халькопирит-борнит-халькозиновых). В настоящее время промышленную ценность месторождения определяет эпитермальное золото-серебряное оруденение. Текстуры руд комбинированные с преобладанием прожилково-сетчатой, прожилково-вкрапленной, друзовидной с элементами брекчиевидной и крустификационно-полосчатой, брекчиевой, массивной.

Собственно эпитермальное оруденение представлено зонами жильной и прожилково-вкрапленной минерализации. Руды отличаются сложным минеральным составом с неравномерным распределением рудных и жильных фаз: от массивных свинцово-цинковых до убого вкрапленных кварц-адуляр-карбонатных и прожилково-сетчатых халькопирит-борнит-халькозиновых разностей. Выделяются несколько различных продуктивных минеральных ассоциаций: кварц-сфалерит-пиритовая, сфалерит-блекловорудная, сфалерит-галенитовая, кварц-пиритовая, пирит-халькопирит-блекловорудная, золото-пиритовая, золото-кварцевая.

Главный рудный минерал – сфалерит – содержит железо, кадмий, марганец, медь, ртуть. Первые два элемента распределены в сфалерите сравнительно равномерно. Выявлены незначительные вариации в распределении железа, зависящие от размеров и микроструктурной позиции минерала.

В результате комплексных минералого-геохимических исследований с применением современных аналитических методов получены данные о формах нахождения важных в промышленном отношении химических элементов: золото – самородное золото, петцит, сильванит; серебро – блеклые руды, электрум, гессит, петцит, сильванит; теллур – гессит, петцит, сильванит, алтаит; медь – сфалерит, халькопирит, блеклые руды, халькозин, борнит; свинец – галенит, алтаит; цинк – сфалерит, блеклые руды; кадмий – сфалерит, блеклые руды, халькозин, борнит; токсичные элементы: мышьяк – пирит, блеклые руды; ртуть – сфалерит.

В продуктивном кварце обнаружены газово-жидкие включения слабоминерализованных гидротермальных растворов с температурами гомогенизации 110–290°C.

Текстурно-структурные особенности руд, разнообразие минерального состава, наличие мышьяк-содержащего пирита, барийсодержащего адуляра указывают на сложный многостадийный процесс формирования месторождения, который происходил в приповерхностных условиях и сопровождался брекчированием.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ДВО К2009_РЗ_ГрВ_С08, РФФИ 12-05-31369.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН В.В.Куликову, В.Ф.Лунькову, А.А.Платонову – помощь в обработке каменного материала, Р.Н.Куликовой – изготовление шлифов, пластинок; Аналитического центра ИВиС ДВО РАН А.О.Садовниковой, Н.И.Чебровой, АСИЦ ИПТМ РАН В.К.Карандашеву – выполнение аналитических работ; геологам ЗАО «Быстринская горная компания» и лично Н.М.Большакову, Л.А.Безруковой – предоставление каменного материала и возможность использования геологических данных; Oxford Instruments В.В.Козлову – полезные рекомендации в расчётах формул минералов; рецензентам – за ряд ценных замечаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Корякско-Камчатская. Лист N-57 Петропавловск-Камчатский. Объяснительная записка / Отв. исполнители Б.И.Сляднев, В.Н.Шаповаленко. – СПб.: Издво СПб. картфабрики ВСЕГЕИ. 2006.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Сер. Восточно-Камчатская. Лист N-57-VI, N-58-I (гора Шиш). Объяснительная записка / Сост. М.Е.Бояринова, Н.А.Вешняков, А.Г.Коркин и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007.
3. Ермаков Н.П., Долгов Ю.А. Термобарогеохимия. – М.: Недра, 1979.
4. Карпунин М.А. АО «Золото Камчатки» – ответственный природопользователь // Горный вестник Камчатки. 2017. Вып. № 2 (38). С. 21–25.
5. Краткая объяснительная записка. Каталог месторождений, проявлений, пунктов минерализаций и ореолов рассеяния полезных ископаемых. Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1:500 000 / Гл. ред. А.Ф.Литвинов, М.Г.Патока (Камчат-

- геолком), Б.А.Марковский (ВСЕГЕИ). – Петропавловск-Камчатский: Изд-во СПб. картфабрики ВСЕГЕИ, 1999.
6. Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование. – М.: Наука, 1980.
 7. Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия. – М.: Академический проспект, 2008.
 8. Методика определения основных петрогенных элементов и микрокомпонентов в геологических, минералогических и горнорудных материалах методом последовательной рентгенофлуоресцентной спектрометрии. – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2006.
 9. Мозгова Н.Н., Цепин А.И. Блеклые руды (особенности химического состава и свойств). – М.: Наука, 1983.
 10. Олейник В.И. Отчет о геологической съемке и поисках полезных ископаемых масштаба 1:50 000 в пределах листов N-57-11 В, Г; N-57-12 В; N-57-23 А, Б; N-57-24 А, проведенных Кумрочской партией в 1981–1985 гг. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский ТФГИ, 1985.
 11. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. – Петропавловск-Камчатский: СП КФ ВСЕГЕИ, 1999.
 12. Спиридонов Э.М. Виды и разновидности блеклых руд и их рациональная номенклатура // ДАН. 1984. Т. 279. № 2. С. 447–453.
 13. Федоренко С.И. Морская терраса Восточного побережья Камчатки // Бюлл. московского общества испытателей природы. Отдел геологии. Т. XL (4). 1965. С. 80–90.
 14. Шадрин А.Г. Отчет о результатах I этапа поисково-оценочных работ, проведенных на рудном поле Кумроч в 1998–2001 гг. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский ТФГИ, 2001.
 15. Шеунов Б.А. Краткий обзор текущих событий // Горный вестник Камчатки. 2017. Вып. № 3–4 (39–40). С. 7–23.

MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL ORE FEATURES FOR KUMROCH DEPOSIT, EASTERN KAMCHATKA

V.M.Okругin^{1,2}, K.O.Shishkanova¹, T.M.Philosophova¹
 (1 Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky;
 2 Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky)

The Kumroch deposit is one of the most promising ore deposits in the Kamchatka region. It is located in the central part of the East Kamchatka volcanic belt and belongs to complex polygenic type with gold-silver (LS type) and porphyry copper mineralization. This paper presents the actual material obtained with the integrated mineralogical-geochemical study of gold-silver mineralization. There are three ore types: gold-quartz-adular, gold-polymetallic and porphyry copper. Texture-structural features, mineral and chemical composition, modes of precious and base metals occurrence and some features of ore genesis have been studied in detail. Using modern methods of local physical and chemical analysis, typomorphic features of sulfides Zn, Fe, Pb, fahlores and tellurides of Au, Ag are characterized. The following mineral associations are distinguished: quartz-sphalerite-pyrite, sphalerite-fahlore, sphalerite-galena, quartz-pyrite, pyrite-chalcopyrite-fahlore, gold-pyrite, gold-quartz. The temperatures and composition of ore-forming solutions are estimated.

Key words: Kumroch gold-silver-polymetallic deposit, ore formation, Eastern Kamchatka, sphalerite, pyrite, fahlores.