

**Минералы серебра в кварцевых жилах рудопроявления золота Красное
(Бодайбинский район, Восточная Сибирь)**
(научный руководитель Е. В. Белогуб)

В Бодайбинском районе расположен ряд золоторудных объектов различного масштаба, залегающих в углеродистых терригенно-карбонатных толщах докембрия и приуроченных к зонам складчатости высоких порядков. Наиболее изученными являются уникальное месторождение Сухой Лог, а также крупные месторождения Вернинское и Голец Высочайший. Более мелкие объекты исследованы слабо, и основные работы на них проводят небольшие геологоразведочные организации.

Рудопроявление Красное расположено в 15 км к северо-востоку от пос. Артемовский и в 75 км от г. Бодайбо на водоразделе ручьев Красный и Теплый и приурочено к шарниру субширотной Рудной антиклинали сложного строения за счет дислоцированного северного крыла [Проект..., 2010ф]. В строении рудопроявления участвуют породы аунакитской (R_{3au}), вачской (R_{3vc}) и анангрской (R_{3an}) свит. Золотоносными являются отложения вачской и, возможно, аунакитской свит. Ближайшие к месторождению гранитные массивы расположены на расстоянии 40–50 км – Энгажимино-Витимский (с юга), Джеждокарский (с северо-востока) и Чумаркойский (с северо-запада) [Проект..., 2010ф]. В пределах рудного поля аномалии Au сопровождаются повышенными концентрациями Ag, As, Pb, в меньшей степени, Cu и Zn [Мартыненко и др., 1983ф].

Вмещающие породы представлены углеродистыми кварцевыми и кварцито-видными песчаниками, алевролитами, реже углеродисто-глинистыми сланцами, а также участками тонкого переслаивания этих пород. Породы метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации. Золотое оруденение приурочено к зонам рассеянной и линзовидной вкрапленности пирита, в меньшей степени, к кварцевым жилам и прожилкам с сульфидной минерализацией. Главный рудный минерал – пирит, второстепенные – галенит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды, ковеллин. Золото образует включения и вростки в пирите [Паленова и др., 2013]. Материалы для исследования были получены от геологов ООО «Красный», а также отобраны при полевых работах из разведочных скважин.

На рудопроявлении Красное развиты жилы нескольких типов: 1) мощные (1–8 м) седловидные в замках складок и флексур; 2) тонкие (1–5 см) согласные слоистости и сланцеватости прожилки и просечки; 3) секущие жилы различной мощности. Седловидные жилы сложены молочно-белым кварцем, часто с карбонатом или полевыми шпатами, практически не содержат сульфидной минерализации и не являются золотоносными. Тонкие пирит-кварцевые прожилки и просечки образуют штокверковые руды. Среди секущих наблюдаются кварцевые жилы небольшой мощности (2–10 см) с крупными гнездами галенита, халькопирита, иногда блеклой руды с благороднометальной минерализацией.

Теллуриды, сульфотеллуриды и сульфосоли серебра встречены впервые в галенит-кварцевой жиле мощностью 10 см, прорывающей кварцевые песчаники с

рассеянной вкрапленностью пирита. Жила расположена в интервале переслаивания песчаников и алевролитов мощностью 26.4 м со средними содержаниями золота 1.13 г/т. Галенит в жиле образует гнезда ксеноморфных агрегатов размером до 5 см. Его состав не характеризуется примесями.

Среди минералов серебра установлены электрум, гессит, кервеллеит, бенлеонардит, недиагностированная сульфосоли серебра и Cd-фрайбергит. Примесь серебра отмечена в ассоциирующих с галенитом сфалерите (0.42–2.2 мас. % Ag) и халькопирите (до 10.39 мас. % Ag), которые замещаются вторичным акантитом. В сфалерите наблюдается постоянная примесь Cd (0.85–8.3 мас. %), реже Fe (0.14–0.94 мас. %) и Sb (1.8 мас. %). В тесной ассоциации с минералами серебра находится гринокит.

Электрум образует зерна овальной формы размером до 300 мкм в сростании с кварцем, галенитом, а также серебристыми сфалеритом и халькопиритом. Довольно быстро вытравливается на свету. В химическом составе наблюдается примесь меди до 1.16 мас. % (табл.). От центра к периферии доля серебра в электруме возрастает, на контакте с галенитом появляется примесь меди.

Гессит (Ag_2Te) встречается в виде включений размером от 5 до 150 мкм в галените и всегда тесно ассоциирует с Se-содержащим и селенистым кервеллеитом. Характерно образование «капель» сложного гессит-кервеллеитового состава размером

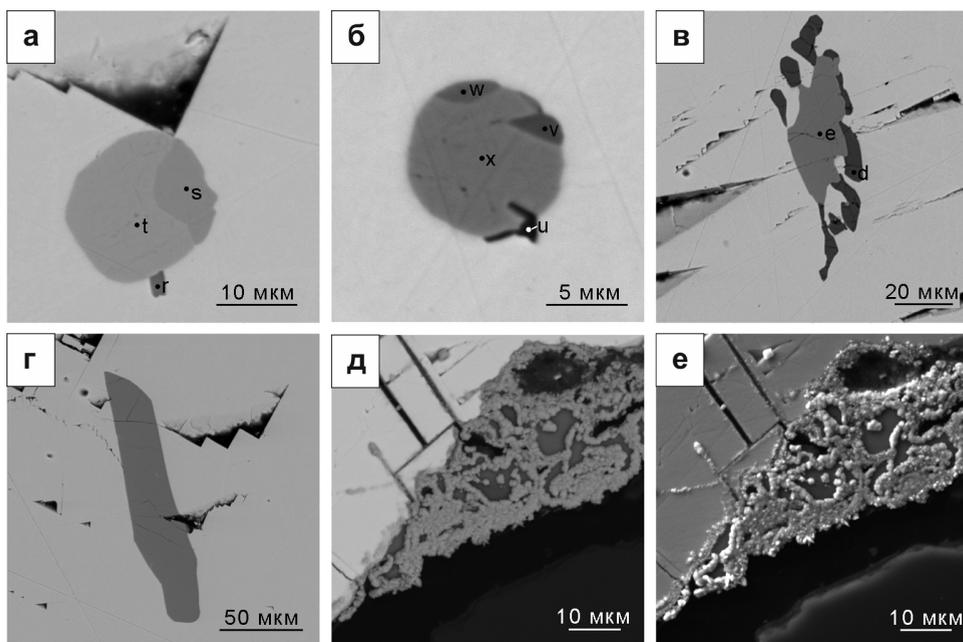


Рис. Морфология выделений минералов серебра: а) двухфазная «капля» гессита (t) и кервеллеита (s) в сростке с гринокитом (r) в галените; б) «капля» гессита (x) с бенлеонардитом (?) (v) и кервеллеитом (w) в сростке с гринокитом (u) в галените; в) бенлеонардит (e) в сростке с Cd-фрайбергитом (d) в галените; г) пластинчатое выделение не диагностированной сульфосоли серебра (анализ № 13525q) в галените; д), е) замещение серебристого халькопирита (темно-серое) и галенита (белое) вторичным акантитом (серое). а, б в, г, д – изображения в отраженных электронах, е – изображение во вторичных электронах. СЭМ с ЭДА Vega 3 Tescan.

Химический состав минералов серебра (мас. %)

№ п/п	№ лаб.	Cu	Ag	Au	Te	S	Se	Sb	As	Сумма	Формула минерала
1	13525b	–	37.38	62.62	–	–	–	–	–	100	$Ag_{0.52}Au_{0.48}$
2	13525c	0.41	40.78	58.81	–	–	–	–	–	100	$Ag_{0.55}Au_{0.44}Cu_{0.01}$
3	13525d	–	36.34	63.66	–	–	–	–	–	100	$Ag_{0.51}Au_{0.49}$
4	13525e	1.16	42.33	56.51	–	–	–	–	–	100	$Ag_{0.56}Au_{0.41}Cu_{0.03}$
5	13525f	–	35.15	64.85	–	–	–	–	–	100	$Ag_{0.50}Au_{0.50}$
6	13525t	–	62.11	–	36.91	–	–	–	–	99.02	$Ag_{1.99}Te$
7	13525x	–	62.37	–	36.86	–	–	–	–	99.23	$Ag_{2.00}Te$
8	13525y	–	62.48	–	36.69	–	–	–	–	99.16	$Ag_{2.01}Te$
9	13525s	2.27	66.76	–	23.41	4.51	2.3	–	–	99.26	$(Ag_{3.37}Cu_{0.19})_{3.57}Te(S_{0.77}Se_{0.16})_{0.93}$
10	13525z	0.36	67.39	–	20.56	1.9	8.84	–	–	99.04	$(Ag_{3.88}Cu_{0.04})_{3.91}Te(Se_{0.69}S_{0.37})_{1.06}$
11	13526c	4.31	59.12	–	18.19	8.86	–	8.8	–	99.29	$(Ag_{7.69}Cu_{0.95})_{8.64}Sb_{1.01}Te_2S_{3.88}$
12	13526e	5.07	57.91	–	19.62	8.67	–	8.13	–	99.39	$(Ag_{6.98}Cu_{1.04})_{8.02}Sb_{0.87}Te_2S_{3.52}$
13	13526b	4.65	58.2	–	19.02	8.3	–	3.85	5.02	99.03	$(Ag_{7.24}Cu_{0.98})_{8.22}(As_{0.90}Sb_{0.42})Te_2S_{3.47}$
14	13525p	6.79	61.46	–	8.77	12.03	–	9.96	–	99.01	
15	13525q	7.82	60.67	–	8.57	12.47	–	9.49	–	99.02	

Примечание. Анализы выполнены в Институте минералогии УрО РАН, СЭМ с ЭДА Vega 3 Tescan, аналитик И.А. Блинов. 1–5 – электрум, 5–8 – гессит, 9, 10 – селенистый кервеллеит, 11–13 – бенлеонардит, 14, 15 – недиагностированная сульфосоля серебра. Формула электрума рассчитана на сумму металлов; гессита и кервеллита – на 1 атом теллура; бенлеонардита – на два атома теллура. Лабораторные номера соответствуют точкам на рисунке.

5–10 мкм, с которыми срastaются тонкие выделения гринокита (рис. а, б). Гессит обладает розовато-коричневым оттенком, анизотропен, не содержит примесей в химическом составе (табл.).

Кервеллеит (Ag_4TeS) образует выделения размером до 10 мкм и ассоциирует с гесситом (см. рис. а, б). Химический состав минерала не стехиометричен и характеризуется примесями Cu (до 2.27 мас. %) и Se (2.3–8.84 мас. %) вплоть до образования селенистого кервеллеита ($\text{Ag}_{3.88}\text{Cu}_{0.04}\text{Te}(\text{Se}_{0.69}\text{S}_{0.37})_{1.06}$ (табл., ан. 13525z). Cu-содержащий кервеллеит в ассоциации с гесситом и галенитом описан в колчеданных месторождениях Южного Урала [Novoselov et al, 2006] и в ассоциации с халькопиритом, галенитом и блеклыми рудами обнаружен в медных рудах месторождения Мургул, Турция [Zaykov et al., 2006].

Бенлеонардит $\text{Ag}_8(\text{Sb,As})\text{Te}_2\text{S}_3$ образует обособленные включения в галените и сростки с ним и ассоциирует с гринокитом и Cd-фрайбергитом (рис. в). Местами наблюдаются фрагменты огранки (?) зерен. Минерал характеризуется отчетливым оливковым оттенком и анизотропией. Химический состав не стехиометричен (см. табл.) и характеризуется значительной примесью Cu (~5 мас. %). Обнаружены две разновидности бенлеонардита: «сурьмяная» в виде включений в галените, в том числе, в ассоциации с Cd-фрайбергитом, и «сурьмяно-мышьяковая» в сростке с галенитом и непосредственной близости от зерна гринокита (см. табл.).

Недиагностированная сульфосоля серебра и меди образует крупные пластинчатые выделения размером 100–120 мкм (рис. г), а также сростки пластинок. Характеризуется отчетливым зеленоватым оттенком, сильно анизотропна, оптически однородна. По химическому составу не отвечает ни одной из известных формул минералов серебра [www.mindat.org]. В составе фиксируется значительное содержание Cu (до 7.82 мас. %), анионная группировка представлена S, Sb и Te (см. табл.).

Cd-фрайбергит $(\text{Cu,Ag})_{10}\text{Cd}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ ассоциирует с бенлеонардитом и образует миремкитоподобные вростки в галените (см. рис. в). Рассчитанная на S_{13} формула имеет вид: $(\text{Cu}_{8.70}\text{Ag}_{1.04}\text{Pb}_{0.09})_{9.84}\text{Cd}_{2.01}(\text{Sb}_{3.95}\text{As}_{0.16})_{4.10}\text{S}_{13}$.

Новообразованный **акантит** Ag_2S , который интенсивно выгорает под пучком электронов (рис. д, е), в виде хлопьевидных агрегатов замещает Ag-содержащие халькопирит и сфалерит.

Таким образом, минералы серебра, галенит, халькопирит, сфалерит, гринокит являются продуктами единой стадии минералообразования на рудопроявлении Красное. По отношению к основным золото-сульфидным рудам во вмещающих углеродистых толщах эта полиметаллическая ассоциация является наиболее поздней.

Литература

Мартыненко В. Г., Верхозин А. В., Суслов Н. А. Отчет о результатах детальных поисковых работ на рудное золото в пределах Артемовского рудного узла за 1981–83 гг. Иркутск: Фонды Бодайбинской ГРЭ, 1983ф.

Паленова Е. Е., Белогуб Е. В., Новоселов К. А., Заботина М. В. Минералогическая характеристика углеродистых толщ золоторудных объектов Артемовского узла (Бодайбинский район) // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2013. № 2 (43). С. 29–36.

Проект на производство поисково-оценочных работ на рудное золото на участке «Красный» в 2011–2014 гг. ООО «Жопыловский». Иркутск–Бодайбо, 2010ф. Фонды ООО «Жопыловский».

Zaykov V., Novoselov K., Kotlyarov V. Native gold and tellurides in the Murgul and Cayeli volcanogenic Cu deposits (Turkey) // Au-Ag-Te-Se deposits. Proceedings of the field workshop. Izmir, Turkey, 2006. P. 167–172.

Novoselov K.A., Belogub E.V., Zaykov V.V., Yakovleva V.A. Silver sulfotellurides from volcanic-hosted massive sulfide deposits in the Southern Urals // Mineralogy and Petrology. 2006. Vol. 87. P. 327–349.