

УДК 549.334 (571.66)

ЖЕЛЕЗИСТЫЙ БОГДАНОВИТ $Au_5CuFe_2(Te,Pb)_2$ ИЗ ЗОНЫ ЦЕМЕНТАЦИИ АГИНСКОГО ЗОЛОТО-ТЕЛЛУРИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА КАМЧАТКЕ

Э.М. Спиридонов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, mineral@geol.msu.ru

Своеобразный гипергенный минерал золота — железистый богдановит $Au_5CuFe_2(Te,Pb)_2$ развит в коре выветривания (в зоне цементации) Агинского золото-теллуридного месторождения на Камчатке. Богдановит возник при замещении гипогенных костовита, креннерита, сильванита, алтаита, нагиагита, борнита и халькопирита. Ассоциирует с теллуридами Fe-Pb и Fe-Cu-Pb. В зоне окисления замещается тонкозернистыми агрегатами золота, балякинита, плюмботеллурида. Состав железистого богдановита (среднее из 4 анализов), мас. %: Au 60.35; Ag 2.19; Cu 4.63; Fe 9.33; Te 9.99; Pb 12.83; Se 0.07; сумма 99.39%. Формула минерала $Au_{4.33}Ag_{0.29}Cu_{1.03}Fe_{2.36}Te_{1.11}Pb_{0.87}Se_{0.01}$. Минерал имеет металлический тип проводимости и относительно высокую твердость по микровдавливанию $VHN_{20} = 290 - 354$, в среднем 321 кг/мм^2 ($n = 14$). Минерал анизотропный, оптически двуосный. В отраженном свете крайне своеобразен. Характерны цветное двуотражение от серого и сиреневатого до ярких золотого и красного, интенсивная цветная анизотропия. Величина отражения в видимом свете варьирует от 2% до 43%. Типична смена знака отражения при 670 нм. Судя по оптическим свойствам, сингония богдановита не выше ромбической. Судя по рентгеновским данным, богдановит представляет собой сверхструктуру внедрения типа Me_3X , производную от ГЦК структуры золота. Параметр примитивной псевдокубической субъединицы равен 4.087 \AA . Впервые приведены цветные фотографии железистого богдановита, что поможет в корректном использовании термина «богдановит».

В статье 2 рисунка, список литературы из 13 названий.

Ключевые слова: богдановит, золото,-теллуридное месторождение, Камчатка.

К настоящему времени известен 41 минеральный вид золота, 17 из них развиты и в корях выветривания. Новообразованные минералы золота в корях выветривания — это высокопробное золото, минералы группы медистого золота, сажистые теллуриды, селениды и сульфиды золота — петцит $AuAg_3Te_2$, сильванит $AuAgTe_4$, мутманнит $AuAgTe_2$, петровскаит $AuAg(S,Se)$, плюмбо- и стибииплюмботеллуриды — билибинскит $Au_5Cu_3(Te,Pb)_5$, сурьмянистый билибинскит $Au_6Cu_2(Te,Pb,Sb,Bi)_5$, медистый богдановит $Au_5Cu_3(Te,Pb)_2$, железистый богдановит $Au_5CuFe_2(Te,Pb)_2$, безсмертновит $Au_4Cu(Te,Pb)$, оксиды — фазы состава $AuSbO_3$, $AuTeO_3$ (Синдеева, 1959; Петровская, 1973; Нестеренко и др., 1984; Спиридонов, Чвилёва, 1979, 1982, 1985; Чвилёва и др., 1988; Некрасов, 1991).

Агинское месторождение

Это эпитермальное, вулканогенное жильное малосульфидное золото-теллуридное месторождение (Щепотьев и др., 1989; Наумова, 1996). Месторождение расположено в Центрально-Камчатской структуре и контролируется телами островодужных вулканитов третичного возраста. Геоморфологически месторождение представляет довольно высокую гору. Рудные жилы образованы многократными крустификационными корками халцедоновидного кварца, которые цементируют обломки гидро-

термально изменённых вулканитов и терригенных пород. Околорудные метасоматиты представлены гидрослюдистыми и диккитовыми аргиллизитами и вторичными кварцитами (Наумова, 1996). Рудные минералы — сульфиды (пирит, халькопирит, сростания борнит-халькопирит, блёкляе руды, включая голдфилдит), теллуриды (алтаит, теллурувисмутит, раклиджит, сильванит, креннерит, костовит, петцит, гессит, нагиагит), самородное золото. Их мелкие выделения распределены в халцедоновидном кварце неравномерно, образуя богатые золотом «кусты» с поперечиком до нескольких дециметров (Сахарова и др., 1984 и др.).

На выходах руды заметно окислены и выщелочены. Жильный кварц содержит скопления лимонита и малахита, теллурит, плюмботеллурит, маккейт, балякинит (Спиридонов, 1980), иные гипергенные теллуриды, тонко фестоначатое гипергенное высокопробное золото, хлораргирит. Между первичными рудами и зоной окисления проявлена зона цементации. В этой зоне большая часть гипогенных теллуридов, борнит и часть халькопирита замещены агрегатами теллуридов Fe-Pb, Fe-Cu-Pb и разнообразными плюмботеллуридами золота.

Железистый богдановит Агинского месторождения

Богдановит развит вдоль трещин спайности креннерита и сильванита, реликты которых наблюдались в его агрегатах. Реликты ко-

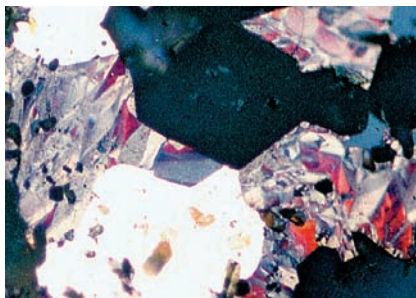
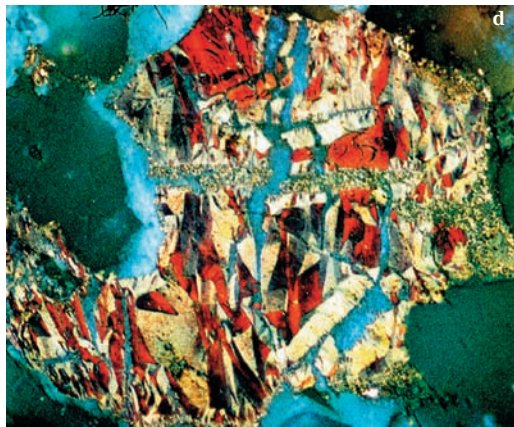
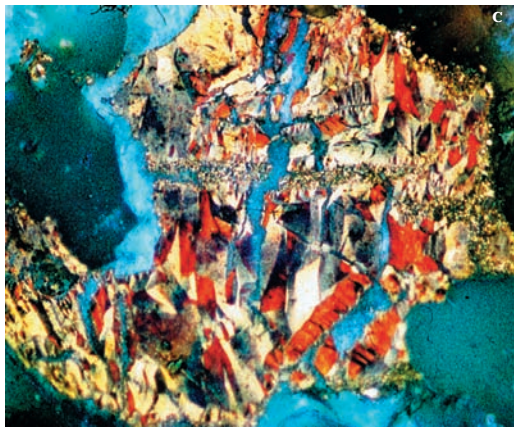
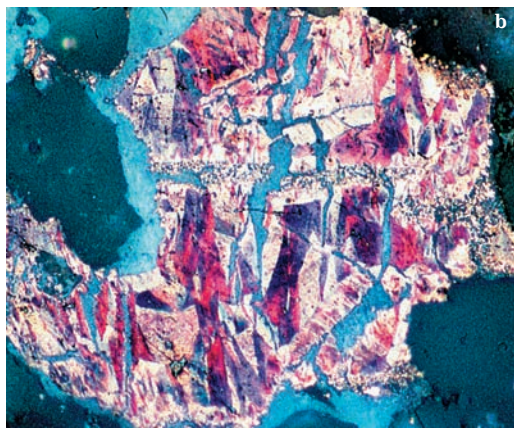
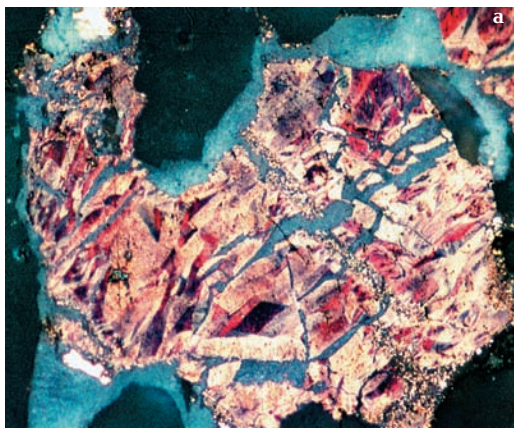


Рис. 1. Железистый богдановит с ярким цветным двуотражением — псевдоморфоза по гипогенным костовиту, креннериту и алтаиту, в промежутках между кристаллами кварца и гипогенного золота (бело-жёлтое). В сростании с богдановитом теллурид железа-свинца (синеvато-серое). Фотография в отражённом свете при 1 никеле. Ширина поля зрения 0.25 мм.

Рис. 2. Агрегат железистого богдановита. Минерал с ярким цветным двуотражением (фотографии a, b — при 1 никеле) и с очень сильными цветными эффектами анизотропии (фотографии c, d — николи x). Богдановит частично заместили баякинит (голубое) и мельчайшие выделения высокопробного золота. Ширина поля зрения 0.35 мм.



стовита, алтаита и нагиагита в богдановите крайне редки. Эти мало стойкие минералы обычно замещены полностью. Богдановит частично заместил и гипогенные борнит и халькопирит. Медистый богдановит ассоциирует с билибинскимитом и теллуридами Fe-Cu-Pb, безсмертновитом, медистым золотом. Железистый богдановит ассоциирует с теллуридами Fe-Pb (рис. 1), между ними развиты индукционные (компромиссные) границы совместного роста.

Железистый богдановит слагает сростания различно ориентированных кристаллов,

которые часто заметно расщеплены (рис. 1, 2). Размер агрегатов достигает 1 мм, размер моноблоков не превышает 20 микрон. Макроскопически борнитоподобный. Полируется хорошо. Имеет металлический тип проводимости и относительно высокую твёрдость по микровдавливанию $VHN_{20} = 290 - 354$, в среднем 321 кг/мм^2 ($n = 14$), твёрже золота.

В отражённом свете в светлом положении по цвету напоминает борнит. В тёмном положении необыкновенно своеобразен: характерны сильные и контрастные цветные эффекты двуотражения и анизотропии

(рис. 1, 2). Отражение изменяется от слабого (2%) до среднего (43%). В разных сечениях цвет минерала меняется от серовато-лилового и пурпурно-малинового до ярких золотисто-жёлтого и красного. Спектры отражения железистого богдановита в воздухе, R_g , R_p , R_m , %: 400 нм — 15.6, 11.5, 13.9; 420 — 14.8, 9.5, 13.0; 440 — 14.2, 8.0, 12.8; 460 — 13.8, 6.7, 12.1; 480 — 13.8, 5.4, 11.6; 500 — 15.6, 4.4, 11.7; 520 — 21.5, 3.4, 13.5; 540 — 28.3, 2.5, 16.3; 560 — 33.5, 2.2, 19.1; 580 — 36.4, 3.0, 21.0; 600 — 37.9, 5.9, 22.2; 620 — 38.3, 11.9, 22.6; 640 — 37.4, 21.0, 22.6; 660 — 35.8, 29.9, 22.5; 680 — 33.9, 36.9, 22.3; 700 нм — 31.7, 42.8, 22.0 (исследователь Т.Н. Чвилёва, ИМГРЭ). Отражения богдановита железистого и медистого близки. Профиль кривой R_g у минерала подобен профилю R золота. Минерал оптически двуосный. При 670 нм происходит смена оптического знака отражения. По важнейшим цветовым характеристикам — чистоте (точнее по насыщенности цвета — p) и цветовому тону (λ) — богдановит ($p = 52\%$, $\lambda = 582$ нм) близок к самородному золоту ($p = 48\%$, $\lambda = 577$ нм). Считалось, что насыщенность цвета у золота самая высокая из известных рудных минералов (Некрасов, 1991). Судя по оптическим свойствам, сингония богдановита не выше ромбической.

Химический состав железистого богдановита (среднее из 4 анализов), мас. %: Au 60.35; Ag 2.19; Cu 4.63; Fe 9.33; Te 9.99; Pb 12.83; Se 0.07; сумма 99.39 % (электронный микронзонд). Формула минерала $(Au_{4.33}Ag_{0.29}Cu_{0.38})_5(Cu_{0.65}Fe_{0.35})_1Fe_{2.01}(Te_{1.11}Pb_{0.87}Se_{0.01})_{1.99}$, что близко к $Au_3CuFe_2(Te,Pb)_2$.

Рентгенограмма порошка (дебаграмма) получена из образца, для которого выполнен химический анализ. Рентгенограмма железистого богдановита, исправленная по особому снимку с NaCl (λ FeK α), Å: 4.06 (0.5), 2.90 (0.5), 2.36 (10), 2.15 (1), 2.045 (6), 1.446 (6), 1.293 (0.5–1), 1.230 (8), 1.180 (3), 1.092 (2–3), 0.992 (2–3) (аналитик Т.Л. Евстигнеева, ИГЕМ РАН). По величинам межплоскостных расстояний и соотношению интенсивностей рентгенограмма богдановита близка к рентгенограмме золота по (Вегу, Thompson, 1962). Это даёт основание предполагать, что структура богдановита близка к ГЦК решётке золота. По сравнению с золотом рентгенограмма богдановита содержит дополнительные отражения, которые, как и сильнейшие отражения, индицируются исходя из примитивной псевдокубической субъчейки с $a_0 = 4.087$ Å. В этой субъчейке не индицируется только слабое отражение 2.15 Å (1). Судя по рентгеновским данным, богдановит представляет собой сверхструктуру внедрения типа Me_4X , произ-

водную от ГЦК структуры золота (Спиридонов, Чвилёва, 1979).

Продукты замещения богдановита Агинского месторождения

Железистый богдановит, как и иные минералы группы билибинскита, — минерал эфемерный. В зоне окисления эти минералы весьма не устойчивы и легко замещаются тонко кристаллическими агрегатами высокопробного золота, теллурита, балякинита, раджита, чолоалита, тейнеита, грэмита, плюмботеллурита, маккейита и других теллуритов, оксителлуритов и теллуратов. Частично подобное замещение проявлено и в верхах зоны цементации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 07-05-00057).

Литература

- Наумова О.А. Гидротермально измененные породы золото-серебряных месторождений Центральной и Южной Камчатки. Автореферат дисс. канд. геол.-мин. наук. ЦНИГРИ: 1996. 23 с.
- Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. М.: Наука, 1991. 302 с.
- Нестеренко Г.В., Кузнецова А.И., Пальчик Н.А. и др. Петровскит $AuAg(S,Se)$ — новый селенсодержащий сульфид золота и серебра // Зап. ВМО. 1984. Ч. 113. Вып. 5. С. 602 — 607.
- Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука. 1973. 347 с.
- Сахарова М.С., Лебедева Н.В., Чубаров В.М. Первая находка на Камчатке редких минералов теллура — голдфилдита, раклиджита, самородного теллура // Докл. АН СССР. 1984. Т. 278. С. 1217 — 1220.
- Синдеева Н.Д. Минералогия, типы месторождений, основные черты геохимии селена и теллура. М.: изд. АН СССР. 1959. 257 с.
- Спиридонов Э.М. Балякинит $SuTeO_3$ — новый минерал из зоны окисления // Докл. АН СССР. 1980. Т. 253. С. 1448 — 1450.
- Спиридонов Э.М., Чвилёва Т.Н. Богдановит $Au_3(Cu,Fe)_3(Te,Pb)_2$ — новый минерал из группы интерметаллических соединений золота // Вестн. МГУ. Сер. геол. 1979. № 1. С. 44 — 52.
- Спиридонов Э.М., Чвилёва Т.Н. Сурьмянистый билибинскит (вторая находка билибинскита) // Докл. АН СССР. 1982. Т. 265. С. 1243 — 1247.
- Спиридонов Э.М., Чвилёва Т.Н. Мутманнит $AuAgTe_2$ — новые данные // Докл. АН СССР. 1985. Т. 280. С. 994 — 997.
- Чвилёва Т.Н., Безсмертная М.С., Спиридонов Э.М. и др. Справочник — определитель рудных минералов в отражённом свете. М.: Недра. 1988. 505 с.
- Щепотьев Ю.М., Вартанян С.С., Орешин В.Ю., Гузман Б.В. Золоторудные месторождения островных дуг Тихого Океана. М.: Недра. 1989. 244 с.
- Berry L.G. & Thompson R.M. X-ray powder data for ore minerals: the Peacock atlas // Geol. Soc. Amer. Mem. 85. New York. 1962. 281 p.