

УДК 553.2(470.55/.58)

МИНЕРАЛЫ ВИСМУТА В ГОССАНИТАХ АЛЕКСАНДРИНСКОГО МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Н.Р. Аюпова^{1,2}

В госсанитах месторождения описаны минералы висмута – тетрадимит $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$, теллуrowисмутит Bi_2Te_3 и раклиджит PbBi_2Te_4 , приуроченные к контакту частично окисленных халькопиритовых и сфалеритовых рудокластов с нерудной матрицей, гематитовым псевдоморфозам по рудокластам и основной карбонат-хлорит-гематитовой массе. В составе тетрадимита отмечаются примеси Se 0,53–0,66 мас. % и Ag 0,3–1,07 мас. %, иногда Pb до 7,79 мас. %; теллуrowисмутита – Pb до 4,90 мас. %, раклиджита – Se до 1,11 мас. %, Ag до 2,47 мас. %, содержание Pb варьирует от 16,00 до 28,43 мас. %. Концентрация Bi в зоне субмаринного окисления колчеданных руд, в виде собственных минеральных форм, вероятно, связана со скоростью его мобилизации, зависящей от как физической, так и химической устойчивости сульфидов, содержащих Bi в виде изоморфной примеси.

Ключевые слова: Урал, медно-цинково-колчеданные руды, госсаниты, висмут, минералы.

Александринское месторождение приурочено к северной части Восточно-Магнитогорской палеоостровной дуги на Южном Урале и относится к баймакскому (куроко) типу колчеданных месторождений [4; 5]. Основная масса руд сосредоточена в рудной залежи № 1, образующей рудокластическую линзу с реликтом гидротермального сульфидного холма с многочисленными фрагментами халькопирит-сфалерит-баритовых палеогидротермальных труб [5; 7]. На восточной выклинке рудной залежи в хлорит-гематитовых продуктах субмаринного окисления руд – госсанитах, переслаивающихся с сульфидными турбидитами, установлены высокие содержания висмута. В отдельных пробах содержание висмута достигает 420 г/т. В целом, среднее содержание висмута в рудах рудной залежи № 1 варьирует от 30 до 110 г/т. Выявлено, что в палеогидротермальных трубах курильщиков высокие содержания висмута характерны для пирита оболочки (ср. сод. 30–38 г/т) и борнита осевого канала (ср. сод. 218 г/т), а в обломочных рудах висмутом обогащен поздний пирит (124 г/т), образованный

¹ Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс.

² Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миасс.

в результате гальмиролиза сульфидных частиц [4]. Считается, что висмут входит в состав сульфидов в качестве изоморфной примеси. Минералы висмута в рудах Александринского месторождения не выявлены.

Оптическое исследование госсанитов проводилось на микроскопе Olympus BX51. Химический состав минералов висмута определялся с помощью рентгеноспектральных анализов, выполненных на приборе TESCAN VEGA3 SBU с энергодисперсионным анализатором EDAX в Институте минералогии УрО РАН (аналитик И.А. Блинов).

Сульфидный материал в хлорит-гематитовых госсанитах представлен реликтовыми рудокластами халькопирита и сфалерита и многочисленными псевдоморфозами гематита по рудокластам. Формирование гематитовых псевдоморфоз рассматривается как результат стадийных минеральных преобразований на морском дне, во время которых гидроксиды железа, замещающие сульфиды, постепенно в процессах литогенеза трансформировались в гетит, а затем в гематит [1]. На Александринском месторождении минералогическая эволюция госсанитов определялась присутствием обильных сфалеритовых и халькопиритовых рудокластов, образованных по обломкам пирита. Основная масса госсанитов состоит из кальцита, хлорита, игольчатых кристаллов гематита и тонкодисперсных сростаний кварца с гематитом. Из минералов висмута в госсанитах обнаружены тетрадимит, теллуrowисмутит и раклиджит, ассоциирующие с самородным золотом.

Тетрадимит Bi_2Te_2S встречается в виде листоватых выделений размером до 10 мкм, в редких случаях – до 20 мкм. Основные находки тетрадимита приурочены: (1) к контакту халькопиритовых и сфалеритовых обломков с нерудной матрицей, (2) гематитовым псевдоморфозам по халькопиритовым и сфалеритовым обломкам, а также (3) в гематите основной массы. В составе тетрадимита отмечаются примеси Se 0,53–0,66 мас. % и Ag 0,3–1,07 мас. %, а в единичных случаях Pb до 7,79 мас. %.

Теллуrowисмутит Bi_2Te_3 образует как сростки с тетрадимитом, так и самостоятельные включения в гематитовых псевдоморфозах и в основной хлорит-гематитовой матрице. Самостоятельные выделения теллуrowисмутита обычно имеют прямолинейные ограничения. В составе теллуrowисмутита присутствует примесь Pb до 4,90 мас. %.

Раклиджит $PbBi_2Te_4$ представлен в виде отдельных мельчайших выделений (до 5 мкм) на контакте халькопирита и гематитовых кристаллов в карбонатной основной массе. Установлено, что в его составе, так же как и в составе тетрадимита, присутствуют примеси Se 1,11 мас. % и Ag 2,47 мас. %, и наблюдается широкая вариация в содержаниях Pb (от 17 до 28,43 мас. %).

Известно, что висмут в колчеданных рудах входит в состав наиболее высокотемпературной геохимической ассоциации [6]. Установлено, что

самородный висмут и теллуриды висмута – характерные минералы крупнозернистых контактово-метаморфизованных руд и сульфидных прожилков рудоподводящих зон колчеданных месторождений [3]. Многочисленные находки теллуридов висмута связаны с трубами «черных курильщиков», где они приурочены к высокотемпературному халькопириту [4]. В тоже время редкие сульфовисмутиды колчеданных руд – виттихенит, эмплектит и айкинит установлены в субмаринных окисдно-железистых продуктах окисления мелкообломочных сульфидных руд месторождения Лаханос (Восточные Понтиды) [2]. Находка минералов висмута в различных рудных фациях колчеданных месторождений, несомненно, вызывает интерес для понимания последовательности минералообразования на завершающем этапе разрушения и придонного низкотемпературного преобразования колчеданных залежей. Вероятно, концентрация Bi в зоне субмаринного окисления колчеданных руд в виде собственных минеральных форм связана со скоростью его мобилизации, зависящей от как физической, так и химической устойчивости сульфидов, содержащих Bi в виде изоморфной примеси.

Работы выполнены по госбюджетной теме Института минералогии УрО РАН № АААА-А16-116021010244-0 и в рамках проекта № 15-11-5-23.

Библиографический список

1. Аюпова, Н.Р. Гальмиролититы Узельгинского колчеданосного поля (Южный Урал) / Н.Р. Аюпова, В.В. Масленников В.В. – Миасс: УрО РАН, 2005. – 199 с.
2. Аюпова, Н.Р. Сульфовисмутиды в окисдно-железистых продуктах субмаринного окисления обломочных руд медно-цинково-колчеданного месторождения Лаханос (Восточные Понтиды) / Н.Р. Аюпова, В.В. Масленников // Записки РМО. – 2013. – № 2. – С. 83–93.
3. Викентьев, И.В. Формы нахождения и условия концентрирования благородных металлов в колчеданных рудах Урала / И.В. Викентьев, В.П. Молошаг, М.А. Юдовская // Геология рудных месторождений. – 2006. – № 2. – С. 91–125.
4. Масленников, В.В. Токсичные элементы в колчеданообразующих системах: монография / В.В. Масленников, Н.Р. Аюпова, С.П. Масленникова и др. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. – 245 с.
5. Тесалина, С.Г. Александринское медно-цинково-колчеданное месторождение (Восточно-Магнитогорская палеоостровная дуга, Урал): монография / С.Г. Тесалина, В.В. Масленников, Т.Н. Сурин. – Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. – 228 с.
6. Hannington, M.D. Sulfide mineralogy, geochemistry, and ore genesis of the Kidd Creek deposit: Part II. The bornite zone / M.D. Hannington, W. Bleeker, I. Kjarsgaard // Economic Geology Monograph. – 1999. – V. 10. – Pp. 225–266.

7. Maslennikov, V.V. Tellurium-bearing minerals in zoned sulfide chimneys from Cu-Zn massive sulfide deposits of the Urals, Russia / V.V. Maslennikov, S.P. Maslennikova, R.R. Large, L.V. Danyushevskiy, R.J. Herrington, C.J. Stanley // *Mineralogy and Petrology*. – 2013. – V. 107(1). – Pp. 67–99.

[К содержанию](#)