

БУРНОНИТ (CuPbSbS_3) В КЛАСТОГЕННЫХ РУДАХ САФЬЯНОВСКОГО КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Н.П. Сафина^{1,2}, Н. Аюпова^{1,2}, И. Блинов¹

¹Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, safina@ilmeny.ac.ru

²Филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Миассе

Бурнонит – типичный аксессуарный минерал массивных, вкрапленных и полосчатых руд колчеданных месторождений Рудного Алтая, Аппалачей, Иберийского пояса, Норвегии, Швеции, Австралии и Японии. Он наиболее часто встречается в галенит-сфалерит-халькопиритовых рудах в ассоциации с сульфосолями меди, свинца или сурьмы.

Достоверные сведения в литературе о нахождении бурнонита в колчеданных рудах Урала неизвестны. Отмечается лишь присутствие минерала в полиметаллических рудах Саурейского стратиформного месторождения на Полярном Урале [Контарь, 2013]. Авторами проведено минералогическое изучение кластогенных руд Сафьяновского медно-колчеданного месторождения, в которых был установлен бурнонит в ассоциации с энаргитом, сфалеритом и ковеллином. Находки сурьмяных сульфосолой в зонах субмаринного гипергенеза на флангах колчеданных месторождений Урала до сих пор неизвестны. Исследования проводились на микроскопе Olympus BX51 (ИМин УрО РАН, г. Миасс) и электронном микроскопе VEGA3 TESCAN с энергодисперсионной приставкой (ИМин, аналитик И.А. Блинов).

Сафьяновское месторождение расположено в Восточной зоне Среднего Урала в Режевском рудном районе (Свердловская область). Рудовмещающая толща месторождения (мощностью до 500 м) эйфельского возраста представлена дацитами, риолитами, их лавокластитами и ксенолавокластитами с просями черных сланцев, тефротурбидитов, сульфидных турбидитов и их диагенитов [Язева и др., 1991; Масленников, 2006]. Рудная залежь месторождения реконструирована как разрушенный сульфидный холм, состоящий из сросшихся линз, которые сопровождаются рудокластическими потоками в южном и северном направлениях [Масленников, 2006]. Образцы для исследований были отобраны в карьере на северном фланге сульфидной залежи. Рудокластические толщи, мощностью до 2 м, представлены пиритовыми брекчиями с жилами теннантит-тетраэдритового состава, ритмично-слоистыми пиритовыми алевро-песчаниками и кремнисто-углеродистыми пелитолитами, чередующимися с сульфидными слоями и барит-кремнистыми породами.

Исследованные образцы обломочных руд представляют собой чередование пиритовых и сфалерит-пиритовых слоев мощностью от 10 до 0.3 см с нечеткими извилистыми границами, слабым проявлением градиционной сортировки сульфидных минералов, незначительным содержанием нерудной составляющей (до 5 % от объема слоя). В процессе изучения аншлифов было установлено преобладание в составе слоев пирита (раннедиагенетические фрамбоиды, позднедиагенетические конкреции и кристаллы), псевдоморфного халькопирита и сдвойникового сфалерита. Второстепенные бурнонит, энаргит, теннантит и ковеллин находятся примерно в равных количествах; аксессуарные галенит, англезит, рутил и иллит, отмечаются в виде редких включений в пирите. Бурнонит пространственно тяготеет к подошве тонкообломочных сульфидных слоев мощностью до 1 см. В отраженном свете он имеет серо-голубоватый оттенок и очень похож на теннантит. Двухотражение и анизотропия – свойства характерные для бурнонита, проявлены слабо. В большинстве случаев пластинки минерала в пределах агрегатов, ориентированы параллельно друг к другу, реже отмечается их радиально-лучистое строение. Наряду с этим, некоторые зерна отличаются изогнутым строением пластинок.

Характер выделений бурнонита – ксеноморфные зерна (20–50 мкм) на контакте кристаллов пирита и цементирующего его сфалерита, где бурнонит замещает сдвойникованные зерна сфалерита, и реликтовые мельчайшие включения (до 3 мкм) в ассоциации с энаргитом и ковеллином. В тех участках аншлифа, где бурнонит в большей степени замещился энаргитом и ковеллином, отмечается концентрирование галенита и англезита. Мелкие (до 10 мкм) выделения галенита и англезита располагаются цепочками по границам кристаллов пирита и сростков сфалерит-энаргит-ковеллинового состава.

Состав бурнонита очень близок к теоретическому, характеризуясь присутствием обычных для этого минерала примесей цинка и железа ($\text{Cu}_{1.00-1.05}\text{Sb}_{0.95-1.05}\text{Pb}_{0.99-1.14}\text{Zn}_{0.00-0.05}\text{Fe}_{0.02-0.16}\text{S}_{3.00}$). Проявлена неоднородность состава бурнонита по содержанию железа, варьирующего от 0.27 до 1.55 мас. %, что может быть связано с различным содержанием

элемента в отдельных пластинках минерала. В некоторых анализах отмечается снижение концентраций железа (0.56–0.43 мас. %), при увеличении цинка (0.49–0.93 мас. %).

Изучение состава сосуществующего с бурнонитом энаргита показывает свои особенности: содержание сурьмы является незначительным (0.29 мас. %), вплоть до полного отсутствия (порог обнаружения анализа 0.15–0.20 мас. %), что связано с расходом элемента на формирование бурнонита. В одном из анализов установлена примесь серебра (до 0.15 мас. %). Сходная ассоциация минералов (за исключением бурнонита) ранее была установлена в тонкообломочных рудах южного фланга Сафьяновского месторождения, ассоциирующих с углеродистыми отложениями [Сафина, Масленников, 2009]. Было установлено неоднородное строение энаргита: более сурьмянистые участки (люцит) сменяются мышьяковистыми (собственно энаргит) участками. В энаргите пиритовых брекчий месторождения, ассоциирующих с изученными образцами рудокластитов, содержание сурьмы варьирует от 2 до 7 мас. %.

Согласно модели субмаринного гипергенеза сульфидно-углеродистых обломочных руд Сафьяновского месторождения наиболее распространена следующая последовательность минералообразования: обломки пирита, сфалерита, халькопирита – новообразованный пирит (фрамбоиды, конкреции и кристаллы), псевдоморфный халькопирит и сфалерит – новообразованный теннантит, энаргит, галенит, барит, кварц [Сафина, Масленников, 2008]. Степень преобразования зависит от мощности сульфидного слоя, а значит и от granulometрии обломочного материала, и чем тоньше слой, тем выше степень протекания процесса. В изучаемых слоистых рудах с мощностью слоев до 1 см количество новообразованного пирита и сфалерита выше, чем в более мощных (до 10 см), где сохранились обломки пирита и сфалерита, псевдоморфный халькопирит и теннантит. В тонких слоях растворение обломков колломорфного пирита, богатого элементами-примесями, и в частности, As, Sb, Cu, Zn, Ba и Pb, приводило к образованию бурнонита, энаргита, теннантита, галенита и барита. Источником как сурьмы, так и свинца для формирования бурнонита могли также служить обломки пирит-марказит-сфалерит-халькопиритовых, пирит-халькопиритовых палеогидротермальных труб «черных курильщиков» с рассеянной галенит-тетраэдритовой минерализацией [Масленникова, Масленников, 2007].

Микроскопические наблюдения позволяют считать бурнонит наиболее ранним и неустойчивым

аксессуарным минералом в тонкообломочных слоях, который развивается по агрегатам сфалерита. Деформации, проявленные в отдельных зернах бурнонита – результат уплотнения осадка на стадии начального катагенеза при температурах менее 200 °С [Япаскурт, 2008]. Концентрация бурнонита происходила на границе смены восстановительных условий (формирование фрамбоидов, конкреций и кристаллов пирита, сфалерита) окислительными с появлением сосуществующих с бурнонитом энаргита и ковеллина. Замещение бурнонита ковеллином приводило к образованию англезита и галенита в условиях нарастания окислительного потенциала среды минералообразования при снижении роли активной серы, содержании железа и возрастании – кислорода. Также в пользу этого свидетельствует приуроченность выделений галенита и англезита к участкам с реликтовой вкрапленностью бурнонита в сфалерит-энаргит-ковеллиновой матрице. На конечной стадии преобразования слоев, предположительно в условиях катагенеза, происходило формирование гидрослюды с примесью титана (0.65–1.3 мас. %) и бария (4–6 мас. %), а также рутила. Присутствие слабо окристаллизованной гидро-слюды (иллита) и рутила известно в углеродсодержащих алевропелитах Сафьяновского месторождения, преобразованных в условиях среднего катагенеза [Ярославцева и др., 2012].

Таким образом, ковеллин-бурнонит-энаргит-сфалеритовая минеральная ассоциация в кластогенных рудах Сафьяновского месторождения способствует исследованию эволюции минерального состава колчеданных руд в процессе их придонного разрушения, переотложения и литификации.

Работы проводились в рамках государственной темы ГР 01201350139 лаборатории минералогии рудогенеза ИМин УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Контарь Е.С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 199 с.
2. Масленников В.В. Литогенез и колчеданообразование. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 384 с.
3. Масленникова С.П., Масленников В.В. Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщиков» (на примере Урала). Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 317 с.

4. Мурзин В.В., Варламов Д.А., Ярославцева Н.С., Молошаг В.П. Минералогия и строение барит-сульфидных жил Сафьяновского медноколчеданного месторождения (Средний Урал) // Уральский минералогический сборник № 17. Научное издание. Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 12–19.
5. Сафина Н.П., Масленников В.В. Последовательность минералообразования в кластогенных рудах Сафьяновского медноколчеданного месторождения (Средний Урал) // Зап. РМО. 2008. Ч. СXXXVII, № 4. С. 89–103.
6. Сафина Н.П., Масленников В.В. Рудокластиты колчеданных месторождений Яман-Касы и Сафьяновское (Урал). Миасс: УрО РАН, 2009. 260 с.
7. Язева Р.Г., Молошаг В.П., Бочкарев В.В. Геология и рудные парагенезисы Сафьяновского колчеданного месторождения в среднеуральском шарьяже // Геология рудн. месторождений, 1991. Т. 33, № 4. С. 47–58.
8. Япаскurt О.В. Стадиальный анализ осадочного процесса // Литосфера. 2008. № 4. С. 364–377.
9. Ярославцева Н.С., Масленников В.В., Сафина Н.П., Лешев Н.В., Сорока Е.И. Углеродсодержащие алевропелиты Сафьяновского медно-цинково-колчеданного месторождения (Средний Урал) // Литосфера, 2012. № 2. С. 106–125.