

## ОНТОГЕНИЯ ГИПЕРГЕННЫХ СУЛЬФИДОВ ИЗ ЗОН ОКИСЛЕНИЯ

**Белогуб Е.В. (bel@mineralogy.ru)**

Ильменское отделение. Институт минералогии УрО РАН

## ONTOGENY OF SUPERGENE SULFIDES FROM OXIDATION ZONES

**Belogub E.**

Ilmeny branch. Institute of Mineralogy UB RAS

В золотоносных зонах окисления сульфидных месторождений Южного Урала установлен широкий спектр вторичных халькогенидов, включая сульфиды, в том числе обогащенные селеном, селениды и сульфосоли [1], поведение которых при гидрометаллургической переработке, обусловленное онтогеническими особенностями, значительно влияет на эффективность извлечения золота.

Формирование новых минералов при гипергенезе связано с пятью основными механизмами: осаждением из растворов при достижении пересыщения, зависящем от концентрации раствора и температуры (1) или на геохимическом барьере (Eh, pH) (2), псевдоморфными замещениями (3), коагуляцией коллоидных растворов (4), сорбцией (5). Типично гипергенными считаются цементационные, охристые, землистые и колломорфные текстуры, отражающие осаждение минералов на геохимических барьерах и коагуляцию гелей.

Гипергенные сульфиды и родственные им халькогениды образуют псевдоморфные, коррозионные, цементационные, колломорфные, глобулярные, фрамбоидальные и скелетные структуры.

*Псевдоморфные, коррозионные и цементационные структуры* характерны для сульфидов меди – халькозина и ковеллина. Как правило, их основная масса развивается в виде кайм замещения на галените, сфалерите, халькопирите и является результатом гальванического осаждения.

*Колломорфные и глобулярные формы* характерны для гипергенных пирита, ряда пирит-джаркенит, тонких сростаний пирита и грейгита, пирита и селенистых сульфосолей, а также для сфалерита из зон окисления колчеданных и родственных им золоторудных месторождений [1]. Аналогичные формы сфалерита и пирита наблюдаются на современных гидротермальных рудопроявлениях океанического дна, где они встречаются исключительно в низкотемпературной части гидротермальной системы в непосредственном соприкосновении с морской водой – на внешней поверхности труб «черных курильщиков», поверхности тел сульфидизированных организмов, обломках руд и пород. Иногда такие структуры сохраняются в палеозойских месторождениях [6].

Колломорфные минеральные агрегаты принято считать результатом коагуляции коллоидных растворов. Механизм образования округлых форм – слипание однородных по составу частиц с минимизацией поверхности и объема. При одновременной коагуляции глобулы характеризуются однородным составом [5]. Признаками осаждения из коллоидов, помимо сферолитовой формы агрегатов, являются также контракционные трещины и трещины отслаивания. Такие трещины наблюдались в агрегатах селенистого пирита на Западно-Озерном месторождении [1]. Колломорфную форму также могут иметь сферолиты, представленные тонким агрегатом игольчатых или пластинчатых кристалликов. В этом случае поверхность почки образована ограненными головками, часто наблюдается зональность. Возникновение зональных агрегатов характерно для осаждения из растворов с варьирующими локальными физико-химическими условиями. Природа растворов может быть как коллоидной, так и истинной.

*Фрамбоидальные формы* зафиксированы для гипергенного пирита и, реже, галенита [1]. Обычно фрамбоиды пирита присутствуют в осадочных породах, особенно углерод-содержащих, типичны для современных глубоководных осадков, фиксируются в кластогенных фациях колчеданных руд. В современных точках гидротермальной активности фрамбоидальный пирит может образовывать скопления в нелигитированных сульфидных песчаниках, залегающих на поверхности дна. Образование фрамбоидального пирита традиционно связывается с жизнедеятельностью сульфатредуцирующих бактерий при литогенезе и раннем диагенезе. Биогенная природа фрамбоидального пирита обосновывалась значительным облегчением изотопного состава серы фрамбоидов [3]. С другой стороны, В. Ф. Чухров [7] фрамбоиды сульфидов приводил в качестве типичного примера коагуляции коллоидных растворов. Было показано, что пиритизация органических остатков и коагуляция коллоидов может иметь одинаковые морфологические последствия [4]. Экспериментально фрамбоидальные пирит, галенит и сфалерит были получены путем абиогенного осаждения из истинных растворов с 2-10 кратным пересыщением [2]. Таким образом, фрамбоидальная форма не является прямым доказательством бактериальной природы сульфида, но и не противоречит такой гипотезе его образования.

*Скелетные кристаллы и дендриты* зафиксированы для гипергенных галенита и метациннабарита. Частной формой скелетного роста можно считать образование футляровидных кристаллов пирита, слагающих некоторые фрамбоиды, а также тонкие пластинчатые выделения галенита в трещинах спайности англезита. На некоторых субмаринных гидротермальных проявлениях сульфидных руд также встречаются скелетные и кристаллические формы галенита, ассоциирующие с колломорфным сфалеритом. Скелетные кристаллы формируются при

диффузионном режиме роста, когда скорость разрастания ограничивается только скоростью поступления вещества к ребрам растущего кристалла [5], которое может быть связано с большой вязкостью раствора. Можно констатировать, что скелетные кристаллы, так же, как и колломорфные формы, формируются относительно быстро из значительно пересыщенных растворов.

Исследования поддержаны РФФИ (07-05-00824).

1. *Belogub E.V., Novoselov K.A., Yakovleva V.A. Spiro B.* Supergene sulphides and related minerals in the supergene profiles of VHMS deposits from the South Urals. // *Ore Geol. Reviews.* 2008. V. 33. № 3-4. P. 239-254.

2. *Farrand M.* Framboidal sulphides precipitated syntetically. // *Min. Dep.* 1970. V. 5. P. 237-247.

3. *Kohn M., Lee R., Stakes D., Orange D.* Sulfur isotope variability in biogenic pyrite: reflections of the heterogeneous bacterial colonization. // *Amer. Mineral.* 1998. V. 83. P. 1454-1468.

4. *Raiswell R., Whaler K., Dean S et al.* A simple 3-dimensional model of diffusion-with precipitation applied to localized pyrite formation in framboid, fossils and detrital iron minerals. // *Marine Geol.* 1993. № 113. P. 89–100.

5. *Краснова Н.И., Петров Т.Г.* Генезис минеральных индивидов и агрегатов. СПб: Невский курьер, 1995.

6. *Масленников В.В.* Литогенез и колчеданообразование. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 384 с.

7. *Чухров Ф.В.* Коллоиды в земной коре. М: изд-во АН СССР, 1955. 670 с.