

УДК 549:622.775

М.В. Рыльникова, Е.А. Горбатова, Н.Н. Старостина

**МИНЕРОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ
КОЛЧЕДАНЫХ РУД**

Семинар № 14

Физико-химическая геотехнология освоения забалансовых запасов медно-колчеданных месторождений с последующей их разработкой включает растворение ценных компонентов из руд методом скважинного выщелачивания и осаждение ионов меди и цинка в локальном объеме на геохимическом барьере. Выбор технологии освоения забалансовых запасов месторождения заключается в разделении рудных тел на донорские, предназначенные для выщелачивания меди, и обогащаемые на месте их залегания. В основу разделения положены минерало-петрографические и горно-геологические характеристики рудных тел.

На примере колчеданных месторождений уральского типа были исследованы основные минерографические особенности руд и их технологические характеристики, необходимые для их разработки физико-химической геотехнологией.

Медно-колчеданные руды месторождений уральского типа представляют собой плотные скопления сульфидов обычно с низким содержанием нерудных минералов. Однако в отдельных участках рудных тел количество нерудных минералов в руде возрастает, достигая 30-50 % всей рудной массы, и наблюдается переход к вкрапленным рудам.

Главными рудообразующими минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит и кварц. В пределах зоны вторичного обогащения встречаются часто в небольших количествах вторичные сульфи-

ды меди – борнит, халькозин, ковеллин (месторождения Камаган, Октябрьское).

Пирит является широко распространенным рудным минералом. Он слагает минеральный фон сплошных медно-колчеданных руд и характеризуется неравномерным распространением. Среднее его содержание составляет около 80 %. Размеры агрегатов пирита изменяются от скрытокристаллических до грубозернистых (более 1 см). На месторождении пирит представлен двумя генерациями.

Первая генерация пирита характеризуется сплошными тонко- или мелкозернистыми агрегатами с аллотриаморфными очертаниями. Пирит находится в тесных взаимоотношениях со всеми минералами, но наиболее тонкие его сростки с халькопиритом, сфалеритом, серицитом, кварцем и хлоритом.

Пирит второй генерации встречается в виде идиоморфнобластических выделений. Зерна пирита имеют неправильную форму с изъеденной внутренней частью и зазубренными краями, а также хорошую кристаллографическую огранку с четкими границами (рис. 3).

Халькопирит второй по распространенности рудный минерал на медно-колчеданных месторождениях уральского типа. Он является главным медьсодержащим минералом. Среднее содержание халькопирита в руде составляет от долей до 2 %. Размеры зерен халькопирита колеблются от 0,0001 мм до 1 мм и более. Форма его выделений в большей степени определяется тем, что он постоянно ассо-

цируется с пиритом и чаще всего заполняет разветвляющиеся трещинки, расположенные вдоль границ зерен пирита, иногда отлагается в серии мелких параллельных трещин.

Сфалерит относится к числу главных рудообразующих минералов. Он является единственной минеральной формой нахождения цинка в исследуемой руде. Сфалерит характеризуется неравномерностью распределения. Его содержание колеблется от 0,1 до 1 %. Сфалерит наблюдается в ассоциации со многими минералами в виде включений в пирите и халькопирите. Он встречается в виде рассредоточенной и гнездовой вкрапленности, прожилков, гнейсовидных выделений среди рудных и нерудных минералов.

Текстуры колчеданных руд представлены массивными, колломорфными и брекчиевидными разностями. Реже проявляются пятнистые, прожилково-вкрапленные, полосчатые и слоистые текстуры.

Структура руды изменяется от мелко- до крупнозернистой. Широко распространено колломорфное строение сульфидов. А также наблюдаются следующие микроструктуры – катакластическая, распад твердых растворов, эмульсионная и структура перекристаллизации. Перечисленные структурные разновидности руд характеризуются различной зернистостью.

На месторождениях данного типа разделяются минералы в крупно-, средне- и мелкозернистых агрегатах. Но с повышением размера зерна при их разделении уменьшается активная минеральная поверхность. Следовательно, лучшими структурами для процессов выщелачивания являются средне- и мелкозернистая.

Массивная текстура медно-колчеданной руды представляет собой сплошные тонко- или мелкозернистые агрегаты пи-

рита с аллотриаморфными очертаниями. Характерной чертой агрегатов пирита является их интенсивная трещиноватость и пористость. Размер пустот и пор варьирует от первых микрон до 0,2-0,3 мм в поперечном сечении, их морфология не постоянна. Наличие пор и пустот в серном колчедане улучшает фильтрационные свойства руды, необходимые для миграции ионов меди внутри массива.

Массивный серный колчедан пронизан серией мелких параллельных или разветвляющихся трещин (рис. 1), нарушая сплошность руды. Полости трещин, пор и межзерновые пространства часто выполнены халькопиритом, сфалеритом и кварцем, а в зоне гипергенеза ковеллином. Границы между «минералом – хозяином» и более поздними минералами неглубоко проникающие, следовательно, разрушение легко происходит по краям зерна, разделяя минеральный агрегат на зерна с минеральной поверхностью одинаковой активности, что свидетельствует о том, что руды с массивными текстурами лучше использовать для выщелачивания.

Массивные текстуры обладают равномерной зернистостью без тонких срастаний и границы между минералами прямые и ровные, следовательно, разрушение легко происходит по граням зерна, разделяя минеральный агрегат на зерна с минеральной поверхностью одинаковой активности, что свидетельствует о том, что руды с массивными текстурами лучше ис-

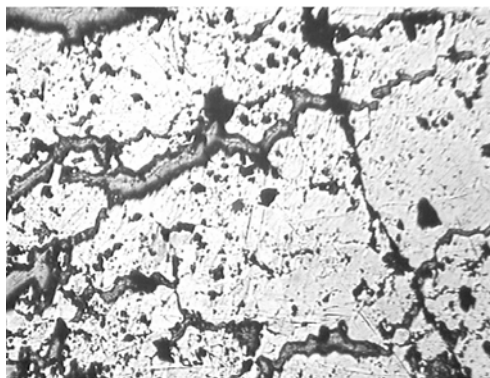


Рис. 1. Тонкая сеть прожилков халькопирита (темное) в сплошном пиритном агрегате (белое). x 200

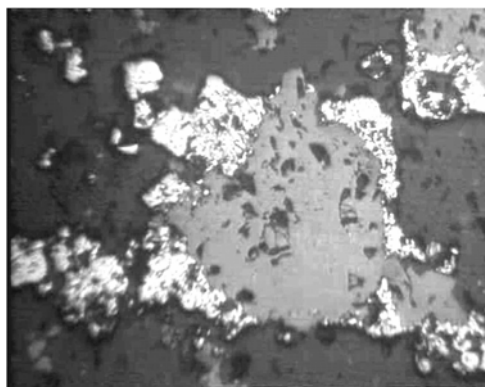
Рис. 2. Структура замещения пирита (светлое) сфалеритом (светло-серое). x 200

пользовать для выщелачивания.

Колломорфная текстура сложена минеральными агрегатами сферической формы. Структуры таких агрегатов зернистые и коллоидные. В рудах с колломорфной текстурой наблюдается тонкое срастание рудообразующих минералов друг с другом, что затрудняет разделение рудных минералов. Обилие пор и концентрических трещин усыхания и дробления способствует высокой сорбционной способности агрегатов. Поэтому руды с колломорфной текстурой лучше использовать для формирования техногенного геохимического барьера.

Брекчиевидная текстура халькопирит-пиритовых руд характеризуется тем, что, во-первых, усложняется структурный рисунок за счет сложных взаимоотношений сульфидов различной тонкости, и, во-вторых, цементирующая масса приобретает мелкообломочное строение, обусловленное гнездовыми скоплениями пирита, халькопирита и сфалерита. Среди брекчиевидных руд преобладающими являются структуры отложения, замещения и перекристаллизации.

Структура замещения представлена тонким прорастанием минералов, где более поздние минералы, такие как халькопирит и сфалерит, развиваются по трещинам в зернах пирита. После полного замещения в сфалерит-халькопиритовой массе наблюдаются реликты пирита, расположенные более или менее равномерно по всему зерну. Такая структура характеризуется сложной формой срастаний мине-



ралов в руде, резко неравномерными и мелкими размерами и зазубренными границами мономинеральных агрегатов, что ухудшает раскрытие минералов и уменьшает их активную поверхность.

В колчеданных рудах пирит встречается в виде идиоморфобластических выделений. Зерна пирита имеют неправильную форму с изъеденной внутренней частью и зазубренными краями, а также хорошую кристаллографическую огранку с четкими границами. Это указывает на то, что кристаллы росли в твердой фазе за счет перекристаллизации первичного пирита. Границы зерен местами резкие, где процесс роста граней завершен, а местами - неровные, где рост продолжается с захватом окружающих минералов. Во внутренних частях зерен пирита наблюдаются реликты сфалерита и халькопирита.

Колчеданные руды со структурой перекристаллизации лучше использовать в

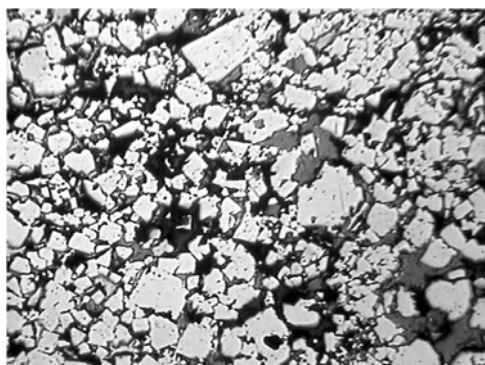
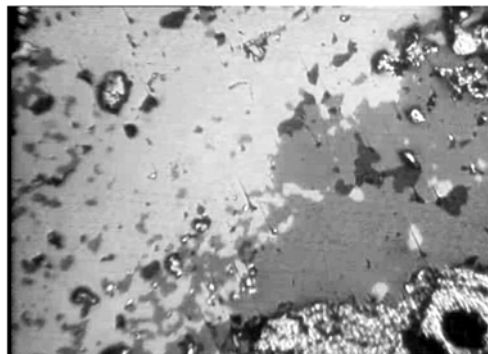


Рис. 3. Структура перекристаллизации пирита (светлое) в сфалеритовой массе. x 200

Рис. 4. Неровные границы срастания халькопирита и сфалерита (темное) при замещении зерен пирита (светлое). х 200



качестве геохимического барьера, поскольку раскрыть зерна халькопирита возможно только при сильном измельчении пирита, что является экономически неэффективным при проведении геохимической подготовки рудных залежей в массиве. Следовательно, растворить медь из минералов таких руд не представляется возможным, а использовать их в качестве геохимического барьера позволит осадить медь из раствора с образованием медьсодержащих минералов.

Структурно-текстурный анализ медно-колчеданных руд показал, что:

- руды с колломорфными и брекчиевыми текстурами лучше использовать в качестве геохимического барьера для осаждения растворенных ионов меди, поскольку руды обладают хорошими фильтрационными свойствами и неравномерной раздробленностью;

- массивные медно-колчеданные руды характеризуются трещиноватостью и расположением медных минералов по трещинам и порам, что облегчает доступ растворителя к ценному минералу, поэтому из бедных руд с такой текстурой лучше выщелачивать ионы меди в продуктивный раствор, который в последствии целесообразно использовать для обогащения медью

забалансовых запасов медно-колчеданных руд;

- средне- и мелкозернистая структуры являются наилучшими как для выщелачивания, так и для осаждения ионов меди из раствора, так как при дроблении зерна будут обладать одинаковой минеральной поверхностью активности.

Исследования минералогических и структурно-текстурных особенностей медно-колчеданных руд показали возможность массопередачи ионов меди и цинка из руд непромышленного значения путем выщелачивания с последующим осаждением на бедные медно-колчеданные руды. Это обеспечивает при проведении геохимической подготовки колчеданных руд к промышленной разработке повышение содержания меди в них до промышленного значения.

Коротко об авторах

Рыльникова М. В. – профессор, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, ИПКОН РАН,

Горбатова Е. А. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой,

Старостина Н. Н. – кандидат технических наук,

МагнГТУ МО и Н РФ.

