

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ТЕКУЩИХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ КОЛЧЕДАННЫХ РУД

Горбатова Е.А., Колесатова О.С., Колкова М.С., Тимошенко А.Е.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

На дневной поверхности накоплены огромные объемы отходов обогатительного передела колчеданных руд. Степень изученности отходов обогащения колчеданных руд очень низкая. Поэтому, особенно актуальным становятся исследования текущих хвостов обогащения колчеданных руд методами технологической минералогии с целью обоснования возможности их вовлечения в переработку.

Текущие хвосты обогащения колчеданных руд – отходы, образовавшиеся в процессе флотации сульфидных руд и концентрирующиеся на выходе из обогатительной фабрики в виде сгущенной пульпы. Руды в процессе обогащения претерпели механическое разрушение и селекцию обломков минеральных агрегатов по содержанию полезного компонента, без последующей седиментации обломочного материала.

Комплексом современных минералого-аналитических методов были исследованы природные и технологические характеристики текущих хвостов обогащения колчеданных руд Учалинского, Узельгинского, Александринского, Майского, Юбилейного и Сибайского месторождений, перерабатываемых на Учалинской, Александринской и Сибайской обогатительных фабриках.

Текущие хвосты обогащения колчеданных руд являются обломочными техногенными образованиями, сформированными обломками минералов и минеральных агрегатов преимущественно беспорядочной текстуры. Структура кластическая, по составу обломков – кристалло- и литокластическая, по размеру обломков – мелко- и среднеобломочная.

По степени литификации текущие хвосты обогащения колчеданных руд Юбилейного, Сибайского, Майского и Учалинского месторождений согласно номенклатуре средне- и мелкообломочных пород относятся к глинистым алевритам, средневзвешенный диаметр обломков колеблется от 0,026 до 0,061 мм. Хвосты обогащения руд Александринского месторождения являются глинисто-песчаным алевритом, средневзвешенный диаметр – 0,127 мм. Хвосты обогащения руд являются не однородными по гранулярному составу, коэффициент неоднородности его больше 3.

Морфология обломков хвостов моно- и полиминерального составов определяется строением и составом руды. Хрупкие минералы высокой твердости, слагающие руды, при механическом воздействии будут образо-

ывать остроугольные обломки с ровными контурами, мягкие – обломки неправильной формы со сложными максимально изрезанными границами.

Форма обломков минеральных агрегатов и минералов изменяется от изометричной до прямоугольной и лещадной. В хвостах обогащения руд Учалинского, Сибайского, Юбилейного месторождений преобладают обломки прямоугольной формы с ровными и слабо извилистыми границами. Для хвостов обогащения руд Александринского месторождения характерны прямоугольные, остроугольные обломки с более извилистыми и изрезанными границами. Среди отходов обогатительного передела руд Майского месторождения встречаются большей частью обломки, имеющие форму близкую к изометричной с ровными сглаженными границами (табл. 1).

Таблица 1 - Морфометрические характеристики хвостов обогащения

Хвосты обогащения руд месторождения	Значение фактора								
	круглой формы			удлинения			изрезанности границ		
	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max
Учалинское, Узельгинское	0,16	0,71	1,04	0,23	0,67	1,0	0,26	0,96	1,16
Юбилейное	0,24	0,73	0,96	0,2	0,69	1,0	0,36	0,88	1,05
Сибайское	0,22	0,74	1,04	0,24	0,67	1,0	0,36	0,98	1,16
Александринское	0,22	0,63	0,98	0,12	0,66	1,0	0,3	0,83	1,11
Майское	0,23	0,87	1,04	0,19	0,7	1,0	0,37	1,1	1,24

Хвостобразующие минералы отличаются самой разнообразной формой, определяющей строение агрегатов. Кристаллически-зернистые агрегаты сформированы зернами идиоморфной, гипидиоморфной, аллотриоморфной, пойкилитовой, интерстиционной формы. Для агрегатов коллоидного строения типичны фрамбоидальные образования. Реликтовые структуры замещения, разъедания; а также эмульсионная; каемчатая; осколочная обусловлены сложным взаимоотношением минералов (рис. 1).

Кристаллически-зернистое строение типично для хвостов, сформированных пиритом, магнетитом, ильменитом и кварцем, зерна которых имеют преимущественно идиоморфную и гипидиоморфную форму. Сульфиды цветных металлов – халькопирит, сфалерит, галенит образуют аллотриоморфные выделения, срастаясь с зернами пирита разной степени идиоморфизма или выполняя пространство (интерстиции) между ними.

Площадь аллотриоморфных выделений варьирует в широких пределах от 2,99 до 358,41 мкм², периметр – 8,7 – 268,76 мкм. В основном, преобладают выделения площадью и периметром в пределах 0 - 25 мкм² и мкм соответственно. Аллотриоморфные выделения обладают большой реакционной поверхностью. Для минеральных сростков, сформированных зернами различной формы и размера типична пойкилитовая структура.

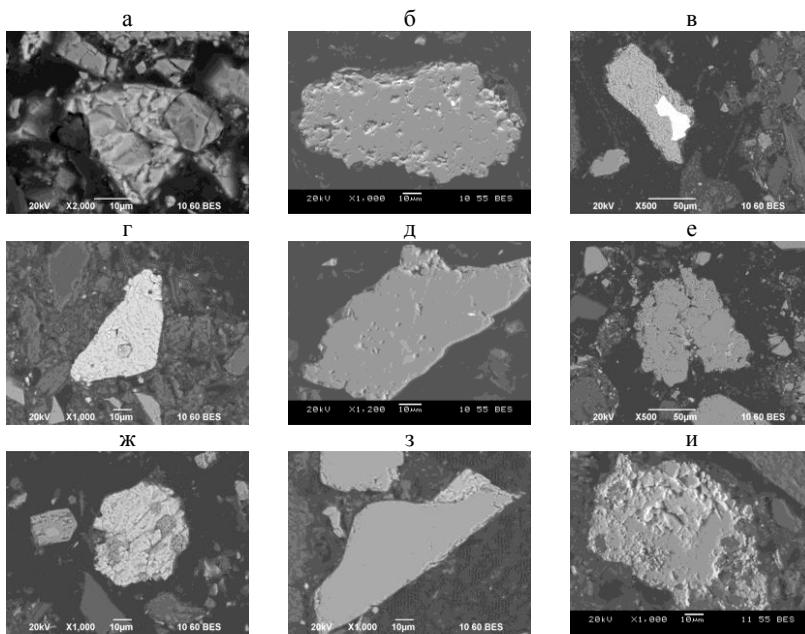


Рис. 1. Морфология минералов хвостов обогащения: а – идиоморфный кристалл пирита в массе сфалерита; б – гипидиоморфное строение пирита с редкими аллотриоморфными выделениями галенита (белое); в – аллотриоморфное выделение галенита (белое); г – пойкилитовое включение сфалерита (серое) в барите (светлое); д - пойкилитовые выделения сфалерита (светло-серое) и галенита (белое) в пирите (серое); е - интерстиционные образования сфалерита (светло серое) между зернами пирита (серое); ж – фрамбоиды пирита в халькопирите; з – каемочные выделения халькопирита (светлое); и – замещение пирита (серое) халькопиритом (светло серое)

Коррозионные рудные выделения характеризуется проникновением одних минералов в другие с образованием неправильных по форме зерен с неровными, зазубренными краями и бухтообразными очертаниями. Глубина проникновения минералов различная.

Агрегаты со структурами разъедания отличаются частичной коррозией первичного минерала более поздними минералами, развивающимися по катакластическим трещинам или границам зерен. Замещаемый минерал имеет обычно зернистое строение; площадь минеральных агрегатов варьи-

рует в широких пределах от 50,87 до 1685,44 мкм², периметр – 47,84 – 614,06 мкм.

Каемочная структура обусловлена развитием узких полос размером доли миллиметра сфалерита или халькопирита частично или по всему контуру минерального агрегата пирита. Рудные каемки имеют мелкозернистое строение. Площадь зерен краевых каемок варьирует от 1,13 до 208,52 мкм², периметр – 4,25 – 638,12 мкм. В основном, преобладают формы площадью 0 - 5 мкм² и периметром 5 - 10 мкм. Границы между минералами – коррозионные.

Фрамбоидальные агрегаты пирита сформированы плотно прилегающими практически округлыми зернами пирита, определяющими их сотовидное строение.

Эмульсионная структура замещения связана с тонкими закономерными сростаниями сфалерита и халькопирита (рис. 8). Площадь выделений 0,3 – 2,8 мкм², периметр – 2,28 – 9,71 мкм. Эмульсионные выделения имеют каплевидную и пластинчатую форму и отмечаются как в рудных, так и нерудных минералах.

Осколочные выделения представлены более твердыми и хрупкими минералами, такими как пирит, кварц. Полости трещин иногда выполнены более поздними минералами (халькопирит, сфалерит и др.).

Минеральный состав текущих хвостов обогащения зависит от формационного типа колчеданных месторождений и от текстурных особенностей руды. Хвосты обогащения вкрапленных руд будут, в основном, сложены кварцем, а хвосты сплошных руд – пиритом.

Главные рудные минералы: пирит – 36 – 82%, халькопирит – до 1 %, сфалерит – до 2 %. В незначительном количестве присутствуют пирротин, галенит, арсенопирит, магнетит, ильменит, теннантит и фрейбергит. Главным нерудным минералом является кварц, содержание которого варьирует в широких пределах от 2 до 61 %. В подчиненном количестве встречаются серицит, кальцит, сидерит, барит, хлорит, гипс, тальк, иллит.

Халькопирит и сфалерит в хвостах обогащения встречаются в виде свободных зерен и агрегатов (сростков), которые по минеральному составу подразделяются на мономинеральные (халькопиритовые), биминеральные (халькопирит-пиритовые, халькопирит-сфалеритовые и др.) и полиминеральные (халькопирит-сфалерит-пиритовые и др.).

Наиболее распространенными являются халькопирит-пиритовые сростки (до 80 %). В свободных зернах халькопирит преобладает в материале крупностью менее 0,044 мм – от 7,2 % в хвостах обогащения руд Юбилейного месторождения до 19,3 % в хвостах обогащения руд Учалинского месторождения. Свободные зерна халькопирита имеют блочное строение и трещиноваты. Размер зерен не превышает 0,080 мм. В мине-

ральных агрегатах халькопирит образует каплевидные эмульсионные выделения, выполняет интерстиции между зернами пирита и трещины в брекчированных агрегатах пирита, а также тесные сростания с другими минералами. Форма выделений минерала – аллотриоморфная. Границы между халькопиритом и другими минералами неровные, часто расплывчатые.

Сфалерит в хвостах обогащения, в основном встречается в сростках с пиритом (до 51,7 %), реже с пиритом и халькопиритом, нерудными минералами. В свободных зернах сфалерит преобладает в материале крупностью менее 0,044 мм – от 9,95 % в хвостах обогащения руд Александринского месторождения до 30 и более процентов в хвостах других колчеданных месторождений. Поверхность свободных зерен сфалерита кавернозная, трещиноватая. Размер свободных зерен минерала не превышает 0,095 мм. В полиминеральных сростках сфалерит образует рассеянные и гнездовидные вкрапления, прожилки, интерстиционные выделения, а также агрегаты, в которых тесно ассоциирует с пиритом, халькопиритом и другими минералами.

Хвостообразующие компоненты образуют самостоятельные рудные и нерудные минеральные фазы, входят в состав минералов в виде изоморфных включений и механических примесей. В соответствии с современными процессами горно-металлургического производства цветные металлы подразделяются на три группы: 1. главные - Cu, Zn; 2. примеси: а) полезные и особо ценные – Au, Ag, Pb, Ba, Cd; б) вредные – As, Sb, P, Hg; 3. образующие нерудную составляющую: Na, K, Ca, Al, Mg, Mn, Co, Ni, Ti, Fe. Форма нахождения химических компонентов в хвостах обогащения обычно определяется формационным типом месторождения.

Следует отметить, что текущие хвосты обогащения руд Учалинского Александринского, Сибайского и Юбилейного месторождений, основного цикла выделения характеризуются повышенным содержанием цветных металлов (Cu - 0,25 – 0,58 %, Zn - 0,53 – 1,36 %) приближенным к кондиционным рудам (Cu – более 0,4 %, Zn – более 1 %), что свидетельствует о возможности их переработки.

Текущие хвосты обогащения отличаются гранулярным составом и морфологическими особенностями обломков минеральных агрегатов и минералов, степенью их раскрываемости и химическим составом. Полученные данные позволяют прогнозировать обоснованную целесообразность их вовлечения в переработку на современном этапе развития технологии и техники, способы переработки, контролировать эффективность производства и управления им, а также предопределять экологические последствия переработки.

Литература

1. Ожогова Е.Г. Морфоструктурные особенности отходов обогатительного передела / Е.Г. Ожогова, Е.А. Горбатова // Разведка и охрана недр. – 2013. - №7. - С. 39-42.

2. Горбатова Е.А. Влияние морфоструктурного состава отходов обогащения руд цветных металлов на извлечение ценных компонентов при их гидрометаллургическом переделе / Е.А. Горбатова, Е.Г. Ожогина // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2012. – № 3. – С. 5 - 8.

УДК 669.334.1/4

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

¹Иванов Б.С., ¹Бодуэн А.Я., ²Украинцев И.В.

¹Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

²Научно-производственное объединение «РИВС»

В работе рассматривается возможность применения гидрометаллургических технологий для повышения качества некондиционных медных концентратов; приведены результаты опытов по их автоклавному кондиционированию и показаны преимущества переработки концентратов повышенного качества.

Введение. Традиционные металлургические технологии переработки рудного сырья требуют, как правило, его предварительного обогащения. Обогащительные операции сравнительно дешевы, позволяют повысить содержание целевого компонента в получаемых концентратах, отправив в отвал (в хвосты) пустую породу. Получение селективных концентратов позволяет рентабельно извлекать из них полезные компоненты, однако с хвостами зачастую теряется большая часть ценных составляющих сырья.

Исчерпание богатых месторождений привело к изменению характера рудного сырья, содержащего тяжелые цветные и редкие металлы, что повлекло за собой: устойчивое снижение содержания металлов в рудах, повышение стоимости добычи, усложнение химического и минералогического состава перерабатываемых концентратов, снижение показателей обогащения сырья.

Тенденции усложнения вещественного состава руд разрабатываемых месторождений сохраняются и усиливаются. В том числе наряду со снижением содержания цветных металлов уменьшается размер вкрапленности полезных минералов, для вскрытия последних часто требуются сверхтонкое измельчение, большие энергетические затраты на стадии обогащения и дальнейшей переработки полученных продуктов [1].

Типичным примером могут служить медно-цинковые колчеданные руды. При их переработке получают в основном некондиционные концентраты, содержащие 15-25 % меди и значительные количества цинка и свинца. Такие концентраты имеют более низкую рыночную стоимость, и дальнейшая их пирометаллургическая переработка на черновую медь сопровождается высокими затратами. К тому же несовершенство применяе-