

**Название работы:** Промышленное освоение схемы коллективной сульфидной флотации труднообогатимых руд Рубцовского месторождения

**Год публикации:** 2008 г.

**Место публикации:** Сборник статей «Третья молодежная научно-практическая конференция «Профессиональные знания и навыки молодежи – будущий капитал Компании»

**Авторы работы:** Видуецкий М.Г., Мамонов С.В, Авербух А.В, Кораблёва Л.В. Хамидулина З.Х.,

# **ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ СХЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОЙ СУЛЬФИДНОЙ ФЛОТАЦИИ ТРУДНООБОГАТИМЫХ РУД РУБЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Хамидулина З.Х., Кораблёва Л.В., Авербух А.В.,  
Видуецкий М.Г., Мамонов С.В.  
ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург**

Медно-свинцово-цинковые руды Рубцовского месторождения одни из самых богатых в России и относятся к категории весьма труднообогатимых. Массовая доля меди в рудах составляет 3,50 – 5,50 %, свинца 3,50 – 7,00 %, цинка 6,00 – 12,00 %.

Рубцовская обогатительная фабрика запущена в мае 2006 года по разработанной институтом «Казмеханобр» схеме коллективно-селективной флотации, с применением цианида. По данной схеме были получены неудовлетворительные результаты:

- медный концентрат с содержанием свинца более 15 % при извлечении меди около 46 %;
- некондиционный по вредным примесям цинковый концентрат при извлечении цинка 45 %;
- свинцовый концентрат, содержащий свинца 11,5 %, меди 6,6 % и цинка 15,8 % при извлечении свинца 40,6 %.

Общеизвестно, что использование цианида является экологически опасным, так как происходит загрязнение атмосферного воздуха синильной кислотой (HCN) и возможно попадание цианистых соединений в стоки в случае аварийных ситуаций при переработке руд на обогатительной фабрике или на хвостохранилище. Для исключения гидролиза циан-ионов и образования HCN, а, значит, и снижения интенсивности воздействия на окружающую среду необходимо поддержание pH пульпы на уровне не ниже 10,5 – 11,0, фактически же pH пульпы при флотации 7,5 – 8,5.

Следовательно, только бесцианидная флотация является перспективным направлением обогащения полиметаллических руд, обеспечивающим экологическую безопасность процесса обогащения.

В связи с этим возникла необходимость разработки технологии обогащения полиметаллических руд, исключая применение цианида. Такая схема была предложена ОАО «Уралмеханобр», и в августе 2006 года на Рубцовской ОФ по разработанной схеме бесцианидного обогащения полиметаллической руды были проведены промышленные испытания в присутствии авторов разработки.

Достигнуты следующие показатели:

- медный концентрат, содержащий меди 21,4 %, свинца 11,4 %, цинка 9,3 %, при извлечении меди 68,0 %;
- цинковый концентрат с массовой долей цинка 49,6 %, свинца 1,9 %, меди 2,3 %, что соответствует марке КЦ-4 (ТУ 1721-007-00201402-2006);
- свинцовый концентрат с массовой долей свинца 47-50 %, меди 4,4 %, цинка 20,6 %, что соответствует марке КС-4 по массовой доле меди и марке ППС по содержанию цинка.

В октябре 2006 года резко изменился вещественный состав перерабатываемых руд – повысилось содержание вторичных сульфидов меди до

25-30 % (отн.), в отдельные периоды достигало 40-50 % (отн.) и окисленной меди до 5-10 % (отн.). Содержание свинца в медном концентрате повысилось до 15-18 %. Проведенная институтом «Уралмеханобр» корректировка реагентного режима на рудах текущей добычи, позволила в фабричных условиях снизить потери свинца с медным концентратом, при этом массовая доля свинца в нем составила 5-8 %.

В начале 2007 года вновь изменился вещественный состав перерабатываемых руд: снизилось содержание сульфидных минералов с 70-80% до 35-45 %, что обусловлено повышенным количеством вкрапленных руд и пустых пород. Содержание кварца достигло 20-33 %, серицита 7-9 %, карбоната 5-6 % и глинистых минералов 10-11 %. Это привело к необходимости изменения технологии обогащения медно-свинцово-цинковых руд Рубцовского месторождения, перерабатываемых на тот момент времени по схеме коллективно-селективной флотации, но не всегда обеспечивающей получение кондиционных концентратов.

Руды характеризуются значительными колебаниями содержания ценных компонентов и большой изменчивостью флотационных свойств сульфидов.

Минеральный состав руд месторождения чрезвычайно сложный, особенно из-за разнообразия пространственного распределения минералов. Природные типы руд разделяются по текстурно-структурным свойствам на массивные и вкрапленные. Среди массивных руд выделяются сплошные массивные, среди вкрапленных – собственно вкрапленные и глинистые.

Основные рудные минералы: пирит, сфалерит, халькопирит, галенит. В подчиненном количестве присутствуют: ковеллин, халькозин, плюмбозит, англезит, церуссит и т.д.

**Пирит** количественно преобладает над другими минералами. Размер зерен и агрегатов пирита варьирует от тысячных долей миллиметра до 5,000 мм, в среднем составляя 0,100-1,000 мм. Наиболее часто пирит ассоциирует с халькопиритом.

Выделения **сфалерита** в рудных агрегатах разнообразны как по размерам, так и по морфологии. Встречается в виде тонких и сложных сростаний с халькопиритом, а также в виде самостоятельных обособлений. Ассоциирует с халькопиритом, но наиболее часто можно наблюдать совместное сонахождение цинковой обманки с галенитом. Несмотря на присутствие сфалерита в виде крупных (1-2 мм) выделений макроскопических агрегатов, размер свободных его участков не превышает 0,30-0,50 мм (в среднем, 0,04-0,07 мм) вследствие многочисленных в этих агрегатах вкраплений галенита, халькопирита и, реже, пирита.

**Халькопирит** - размер его зерен и агрегатов колеблется от тысячных долей миллиметра, редко достигая 0,200 - 0,300 мм; в среднем преобладают зерна 0,050 – 0,100 мм. Наиболее часто халькопирит сростается со сфалеритом или с пиритом, при этом присутствуют как равномернозернистые их агрегаты, так и включения одного минерала в другом размером 0,001 – 0,010 мм.

**Ковеллин и халькозин** чаще всего наблюдаются в агрегатах халькопирита в виде пересекающихся жилок. Ковеллин, кроме того, часто замещает сфалерит в виде отдельных пятен размером 0,005 – 0,010 мм. Среди структур этих минералов

выделяются вкрапленная, прожилковая, которые часто развиваются по поверхности зерен халькопирита, сфалерита, галенита и пирита.

**Галенит** часто замещает сфалерит, пирит и халькопирит. Эмульсионная вкрапленность галенита в сфалерите, колломорфно–слоистые структуры вкрапленных руд халькопирит–пиритового состава, структуры взаимного срастания – все это является наиболее неблагоприятными условиями цикла селекции.

**Нерудная часть** руды представлена твердыми кремнистыми опоковидными породами, прочными серицит-кремнистыми разностями белого цвета, карбонат-глинистыми мергелями светло-серого цвета.

Медные минералы в руде представлены на 25–30 % (отн.) и более вторичными сульфидами меди. Цинковые минералы представлены преимущественно сфалеритом. Доля окисленного свинца в руде составляет 10–30 % (отн.), плюмбоярозита до 55 % (отн.) (в отдельных типах руд) и на 80–85 % (отн.) свинцовые минералы представлены галенитом.

Учитывая сложный минералогический и вещественный состав, весьма тонкую вкрапленность, тесную ассоциацию сульфидных минералов между собой, была разработана схема коллективной сульфидной флотации по бесцианидной технологии, представленная на рисунке, включающая флотацию сульфидов меди, свинца и цинка в коллективный концентрат, с дальнейшей его селекцией.

Технологические показатели обогащения руд Рубцовского месторождения по разработанной коллективной сульфидной схеме флотации не сразу достигли высокого уровня по следующим причинам:

- нестабильная работа оборудования;
- значительные колебания вещественного состава поступающих на фабрику руд;
- невозможность проведения некоторых технологических операций (к примеру, десорбции коллективного концентрата перед селекцией).

Были проведены совместно со специалистами ОАО «Сибирь-Полиметаллы» мероприятия по устранению указанных причин:

- введение операции II медно-свинцовой перечистки;
- введение операции дофлотации хвостов коллективной флотации;
- переход на двухстадиальное измельчение с головы процесса;
- перевод реагентопроводов в цикл доизмельчения коллективного концентрата;
- обеспечение бесперебойной подачи активированного угля в операцию десорбции медно-свинцового концентрата перед селекцией;
- внедрение операции сгущения перед селекцией коллективного концентрата;
- тщательное усреднение руды перед подачей её на фабрику.

Схема коллективной сульфидной флотации при обогащении полиметаллических вкрапленных руд, представленная, включает рудное измельчение до крупности 70–75 % класса –0,071 мм с проведением основной

коллективной флотации, получением коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата и отвальных хвостов.

Для успешного разделения коллективного концентрата необходима весьма тонкая степень его измельчения с целью раскрытия сульфидных минералов, находящихся в весьма сложных сростаниях. Оптимальная степень измельчения сульфидного концентрата составляет 95–98 % класса  $-0,071$  мм. Так как даже при содержании класса  $-0,071$  мм – 85–88 % происходит перефлотация сульфидных минералов. Сульфидные минералы при этой степени измельчения раскрыты недостаточно. Халькопирит находится в виде свободных зерен на 83–86 %, остальное - сростки со сфалеритом, ковеллином и пиритом. Ковеллин раскрыт только на 70–75 % и также находится в сростках с халькопиритом (15 %) и со сфалеритом (10 %). Сфалерит так же как ковеллин раскрыт на 73–75 %, остальная его часть находится в довольно тесных сростаниях с халькопиритом и галенитом. Кроме того, отмечается наличие эмульсионной вкрапленности галенита (17 %), размером  $0,001 - 0,005$  мм.

Свинцовые минералы находятся в виде свободных зерен на 79–81 %, остальное - сростки, преимущественно, со сфалеритом. Размер свободных зерен варьирует от тысячных долей миллиметра до  $0,070$  мм, размер зерен, находящихся в сростках, от  $0,005$  до  $0,030$  мм.

Доизмельчение коллективного концентрата проводится в среде депрессоров сфалерита и пирита – сульфата натрия и цинкового купороса при соотношении 2:1 в присутствии активированного угля. Доизмельченный концентрат направляется в цикл I и II основной медно-свинцовой флотации, где предусмотрена дробная подача депрессоров для более полной депрессии цинковых минералов с получением медно-свинцового концентрата. Совместно с депрессорами в цикл медно-свинцовой флотации подается известь до pH 7,5 – 8,5.

При разделении медно-свинцового концентрата были проверены бесцианидные методы – сульфитный, тиосульфатный и бихроматный, при которых флотируются медные минералы, а галенит депрессируется.

Наилучшие показатели обогащения в цикле селекции медно-свинцового концентрата получены при использовании тиосульфата натрия. В этом случае медно-свинцовый концентрат направляется в цикл сгущения до 35–40 % твердого, подвергается обработке активированным углем для удаления собирателя с поверхности сульфидных минералов. Затем проводится кондиционирование с депрессорами галенита – тиосульфата натрия, железного купороса при pH 5,0 – 5,5, поддерживаемом серной кислотой.

С целью получения кондиционного медного концентрата, перечистные операции концентрата основной медной флотации проводятся в присутствии депрессоров – тиосульфата натрия и железного купороса.

Хвосты контрольной медно-свинцовой флотации направляются в цикл цинковой флотации, проводимой по классической схеме – с активацией цинковых минералов медным купоросом, при содержании свободного оксида кальция  $500 - 600$  г/м<sup>3</sup> жидкой фазы пульпы.

Концентрат основной цинковой флотации подвергается двум перечистным операциям в высокощелочной известковой среде.

В качестве собирателя во всех циклах флотации используется совместная подача бутилового ксантогената калия и слабого собирателя – бутилового

аэрофлота.

Следует также отметить, что благодаря переходу с коллективно-селективной схемы на схему коллективной сульфидной флотации на Рубцовской ОФ повышена производительность по исходной руде с 26 т/ч до 49 т/ч без снижения технологических показателей обогащения, что соответственно приводит к значительному повышению выпускаемой товарной продукции.

В условиях разработанного технологического и реагентного режимов по бесцианидной технологии при обогащении вкрапленных медно-свинцово-цинковых руд по схеме коллективной сульфидной флотации, содержащих меди 4,0–5,0 %, свинца 3,0–4,0 %, цинка 7,4–8,0 %, оксида кремния – 34,0 %, оксида алюминия 8,5–8,8 %, получены:

- Медный концентрат с массовой долей меди 21,8–23,6 %, свинца 11,0–11,5 %, цинка 3,8–4,0 %, при извлечении меди 75,7–79,1 % (согласно плана по выпуску концентратов на Рубцовской ОФ – содержание меди в медном концентрате 19 %, извлечение меди 57 %). Превышение плановых показателей составляет 3,70 % по массовой доле меди и 20,40 % по извлечению меди в одноименный концентрат.

- Цинковый концентрат, при содержании цинка 50,9–51,4 %, меди – 1,9 %, свинца 1,6–1,9 %, при извлечении цинка 71,2–74,2 %. Массовая доля оксида кремния 2,5–2,9 %, железа 5,7–7,9 % (по плану – содержание цинка в цинковом концентрате 48 %, извлечение цинка 40 %). Превышение плановых показателей составляет 3,15 % по массовой доле цинка и 32,70 % по извлечению цинка в одноименный концентрат.

Результаты промышленного внедрения схемы коллективной сульфидной флотации на Рубцовской обогатительной фабрике зафиксированы в Протоколе от 7.04.2008 г., утвержденном Генеральным директором ОАО «Сибирь-Полиметаллы» Г.Г. Ставским

### **Выводы**

1. Разработана и внедрена бесцианидная технология обогащения вкрапленных медно-свинцово-цинковых руд Рубцовского месторождения по схеме коллективной сульфидной флотации.

2. Разработанная схема позволила повысить производительность обогатительной фабрики с 26 до 49 т/ч.

3. Повысились плановые технологические показатели обогащения полиметаллических руд Рубцовского месторождения, получены кондиционные медный и цинковый концентраты.

4. Превышение плановых показателей по ОАО «Сибирь-Полиметаллы» достигло:

- по массовой доле меди в медном концентрате на 3,70 %;
- по извлечению меди в медный концентрат на 20,40 %;
- по содержанию цинка в цинковом концентрате на 3,15 %;
- по извлечению цинка в цинковый концентрат на 32,70 %.