

Название работы: Коллективно-селективная флотация – фактор, повышающий технологические показатели при обогащении упорных руд и руд верхних горизонтов

Авторы работы: М.Г. Видуецкий, С.В. Мамонов, И.И. Ручкин, Р.Л. Габдулхаев, И.Ф. Гарифулин, А.В. Авербух

Место публикации: Материалы научного симпозиума «Неделя горников – 2008» (МГГУ-ИПКОН РАН, г. Москва).

Год публикации: 2008 г.

КОЛЛЕКТИВНО-СЕЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ – ФАКТОР, ПОВЫШАЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УПОРНЫХ РУД И РУД ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ

М.Г Видуецкий, И.И. Ручкин, Р.Л. Габдулхаев, И.Ф. Гарифулин,
А.В. Авербух, С.В. Мамонов

Получение высококачественных концентратов при обогащении медно-цинковых и медно-свинцово-цинковых как вкрапленных, так и колчеданных руд – одна из важнейших проблем. Возникающие при этом осложнения связаны с близостью флотационных свойств сульфидных минералов меди, цинка, свинца и железа, весьма тонким их взаимопроращением друг с другом и нерудными минералами, наличием в рудах колломорфного пирита, а также весьма пестрым минеральным составом силикатов и алюмосиликатов.

Медно-цинковые и медно-свинцово-цинковые вкрапленные и колчеданные руды Уральского региона, Северного Кавказа и Западной Сибири представлены в основном массивными, пятнистыми и вкрапленными текстурами, разномасштабными и эмульсионными структурами. Основные рудные минералы в них представлены пиритом, халькопиритом, борнитом, ковеллином, сфалеритом, галенитом, а нерудные – кварцем, серицитом, хлоритом, полевым шпатом, карбонатами и глинистыми минералами.

Для руд характерно наличие эмульсионной вкрапленности халькопирита в сфалерите. Сфалерит в свою очередь тесно ассоциирует с пиритом, глубоко проникая по трещинам в центральные части зерен.

Халькопирит выполняет как межзерновые пространства пирита, так и образует многочисленные мелкие включения в нём. Отмечается эмульсионная вкрапленность халькопирита в галените.

Сфалерит тесно ассоциирует с галенитом, халькопиритом и ковеллином, образуя в них мелкие вкрапления, вплоть до эмульсионной.

Всё это характеризует медно-цинковые руды Урупского и Тарньерского месторождений, а также медно-свинцово-цинковые руды Рубцовского месторождения как труднообогатимые, требующие весьма тонкого измельчения (до содержа-

ние 95-99 % класса минус 0,045 мм) для максимального раскрытия сульфидных минералов перед их флотационным разделением.

В настоящее время руды указанных месторождений перерабатываются на существующих обогатительных фабриках преимущественно по схемам прямой селективной флотации. Схемы предусматривают измельчение руды до содержания 80-95 % класса минус 0,071 мм, последующие циклы медной, цинковой флотации для медно-цинковых руд и дополнительно цикла свинцовой флотации для медно-свинцово-цинковых руд.

По селективным схемам получают медные концентраты с массовой долей меди до 18 %, цинковые концентраты с массовой долей цинка 42-47 %, свинцовый концентрат с массовой долей свинца порядка 50 %. Возможностей повышения показателей обогащения на данных предприятиях за счет увеличения тонины помола, как того требуют минералогические характеристики руд, нет. Это связано, в первую очередь, с тем, что действующих измельчительных мощностей обогатительных фабрик недостаточно для достижения необходимого содержания класса минус 0,045 мм на уровне 95-99 %.

С целью решения этой проблемы в лабораторных условиях разработаны схемы коллективно-селективной флотации для руд Урупского, Тарньерского и Рубцовского месторождений. Схемы предусматривают измельчение руды до содержания 60-70 % класса – 0,071 мм (90-95 % класса – 0,071 мм для руды Тарньерского месторождения), цикл коллективной флотации и доизмельчение коллективных концентратов и промпродуктов до содержания 95-99 % класса минус 0,045 мм в цикле их селекции.

Выбор технологической схемы коллективно-селективной флотации обусловлен не только результатами проведенных исследований, но и тем, что указанная технология позволяет повысить эффективность измельчительного и классифицирующего оборудования, снизить нагрузки на следующие за коллективной флотацией циклы, снизить содержание вредных примесей в концентратах (в частности, по массовой доле карбонатов в цинковом концентрате для руд Рубцовского месторождения). Кроме того, данная схема является менее энергоёмкой и позволяет повысить производительность обогатительных фабрик.

Медно-цинковые руды Тарньерского месторождения

Медно-цинковые руды Тарньерского месторождения содержат в среднем 1,5 % меди и 4,5 % цинка.

Руды верхних горизонтов месторождения по своему вещественному составу и технологическим свойствам значительно отличаются (в худшую сторону) от средних по месторождению руд тем, что содержат до 50 % отн. тонковкрапленных в сфалерите вторичных сульфидов меди (ковеллина).

Указанные руды в настоящее время перерабатываются на обогатительной фабрике ОАО «Святогор» по схеме прямой селективной флотации, включающей цикл медной флотации и цикл цинковой флотации, дополненный операцией доизмельчения и обезмеживания черногового цинкового концентрата, которая обеспечила получение кондиционного цинкового концентрата (содержание цинка 47,84% и меди 2,56%) при извлечении в него цинка 50%.

В ходе переработки руды по указанной схеме наблюдается недостаточно эффективная работа цикла медной флотации, т.к. в медный концентрат извлекается в среднем лишь 35-40% меди. При этом содержание меди в хвостах цикла медной флотации, как правило, составляет от 0,8% и выше процентов. Оставшиеся медные минералы флотируются в цикле цинковой флотации в грубый цинковый концентрат и извлекаются только в цикле обезмеживания грубого цинкового концентрата (разделительной флотации). Попытки увеличить выход медного концентрата в цикле медной флотации приводят к возрастанию в нем массовой доли цинка и, соответственно, безвозвратным потерям цинка с медным концентратом.

Это обусловлено тем, что в измельченной до 95 % класса минус 0,074 мм руде медные минералы раскрыты на 42 %, а цинковые минералы почти полностью (до 90 %) находятся в сростках. Поэтому указанную руду нельзя отнести к категории легкообогатимых из-за наличия эмульсионно вкрапленного халькопирита в сфалерите.

В связи с этим было принято решение о переводе обогатительной фабрики на технологию переработки руды Тарньерского месторождения по схеме коллек-

- цикл коллективной медно-цинковой флотации в высокощелочной среде, создаваемой известью (содержание свободного оксида кальция 600-1000 г/м³ жидкой фазы пульпы) с выделением коллективного медно-цинкового концентрата и отвальных хвостов;
- десорбцию собирателя с поверхности минералов коллективного медно-цинкового концентрата сернистым натрием в присутствии активированного угля;
- сгущение коллективного концентрата в присутствии реагентов – депрессоров цинковых минералов – сернистого натрия и цинкового купороса;
- цикл разделительной флотации коллективного концентрата, включающий основную, контрольную и 2 перечистные медные флотации, которые также проводятся при подаче сернистого натрия и цинкового купороса.

Особенностью данной схемы является наличие операции доизмельчения хвостов первой перечистой и концентрата контрольной медной флотации до содержания 95 % класса минус 0,045 мм с целью полного раскрытия минералов. Доизмельченный продукт возвращается в операцию десорбции. Цинковый концентрат получается камерным продуктом контрольной медной флотации.

Проведенные исследования по разработке технологии обогащения медно-цинковой руды Гарньерского месторождения по коллективно-селективной схеме показали возможность получения кондиционных концентратов:

- медного концентрата с массовой долей меди 20 %, цинка – 5 %, при извлечении меди 82,07 %
- цинкового концентрата, при содержании цинка 50 %, меди – 1,5 %, при извлечении цинка 82 %.

Медно-цинковые руды Урупского месторождения

Медно-цинковые колчеданные руды Урупского месторождения содержат 1,75-2,0 % меди, 1,25-1,45 % цинка, 26-28,5 % серы, 1,4-1,6 г/т золота и 23-27 г/т серебра.

Руды текущей добычи отличаются следующими особенностями:

- преобладанием вкрапленных текстур над сплошными;
- очень тонким взаимопроращением ценных минералов меди и цинка с пиритом;
- наличием двух разновидностей пирита: тонкокристаллической и зернистой;
- присутствием интенсивной борнитовой минерализации;
- наличием природноактивированной цинковой обманки.

Необходимость применения весьма тонкого помола, наличие значительного количества колломорфного и сажистого пирита, а также присутствие в руде переменного до 25-35 % количества вторичных сульфидов меди позволяют отнести медно-цинковые колчеданы Урупского месторождения к категории труднообогащаемого минерального сырья.

Действующая обогатительная фабрика ЗАО «Урупский ГОК» в настоящее время работает по схеме коллективной сульфидной флотации, включающей основную, контрольную и 3 перечистные операции флотации после двухстадиального измельчения до крупности 78-80 % класса минус 0,074 мм. Селекция коллективного концентрата с получением цинкового концентрата не предусматривается.

Приведенная выше технология обеспечивает получение только товарного медного концентрата с массовой долей меди 16 % при извлечении ее не ниже 86 % и с содержанием цинка от 6,3 до 13 %.

Золото и серебро в руде встречаются довольно редко в виде минералов: петцита, калаверита, креннерита, электрума и золотин. Они все тесно ассоциируют с пиритом. Доля свободного (цианируемого) золота в рудном материале по данным фазовых анализов достигает 18-21,5 % отн.

Свободное золото возможно извлечь при относительно грубом помоле руды – до 60-80 % класса минус 0,074 мм. Для удовлетворительного раскрытия минералов меди до 85-90 % и сфалерита до 70-75 % свободных зерен перед флотацией требуется измельчение руды до крупности практически 100 % класса минус 0,045 мм.

Вследствие чего, в начале технологии флотационного обогащения существующей схемой предусматривается получение на концентрационных столах типа

СКО из грубозернистой части питания флотации, выделяемой классификацией в короткоконусных гидроциклонах, медно-пиритного золотосодержащего концентрата.

Так как в ближайшей перспективе добычных горных работ ожидается неуклонное снижение массовой доли цинка в руде до 0,95 % при содержании меди на уровне 1,7-1,8 %, то, как показали лабораторные исследования, при ухудшении соотношения цинка и меди получить высокие технологические показатели обогащения по действующей схеме становится весьма затруднительным.

Институтом «Уралмеханобр» разработана схема коллективно-селективной флотации медно-цинковой руды Урупского месторождения (рис. 2).

Перед флотационной частью схемы предусматривается гравитационное обогащение с целью выделения золотосодержащего медно-пиритного продукта, осуществляемое после измельчения руды до крупности 45-60 % класса минус 0,074 мм. Включает в себя предварительную концентрацию золота в короткоконусном гидроциклоне, основное обогащение на беспоршневой отсадочной машине и доводку грубого концентрата на концентрационном столе.

Основная коллективная медно-цинковая флотация осуществляется после измельчения руды до крупности 80-85 % класса минус 0,074 мм.

Последующая флотация грубого концентрата коллективного медно-цинкового цикла проводится при доизмельчении его до крупности 95-98 % класса минус 0,045 мм. В связи с высоким содержанием тонкодисперсного аморфного пирита все операции флотации осуществляются в высокощелочной среде, создаваемой известью (содержание свободного оксида кальция 550-1000 г/м³ жидкой фазы пульпы). В качестве собирателя применяется бутиловый ксантогенат калия.

Селективная флотация медно-цинкового концентрата проводится по традиционной технологии после десорбции собирателя с поверхности минералов сернистым натрием в присутствии активированного угля и подавлением сфалерита в операциях флотации цинковым купоросом и сернистым натрием.

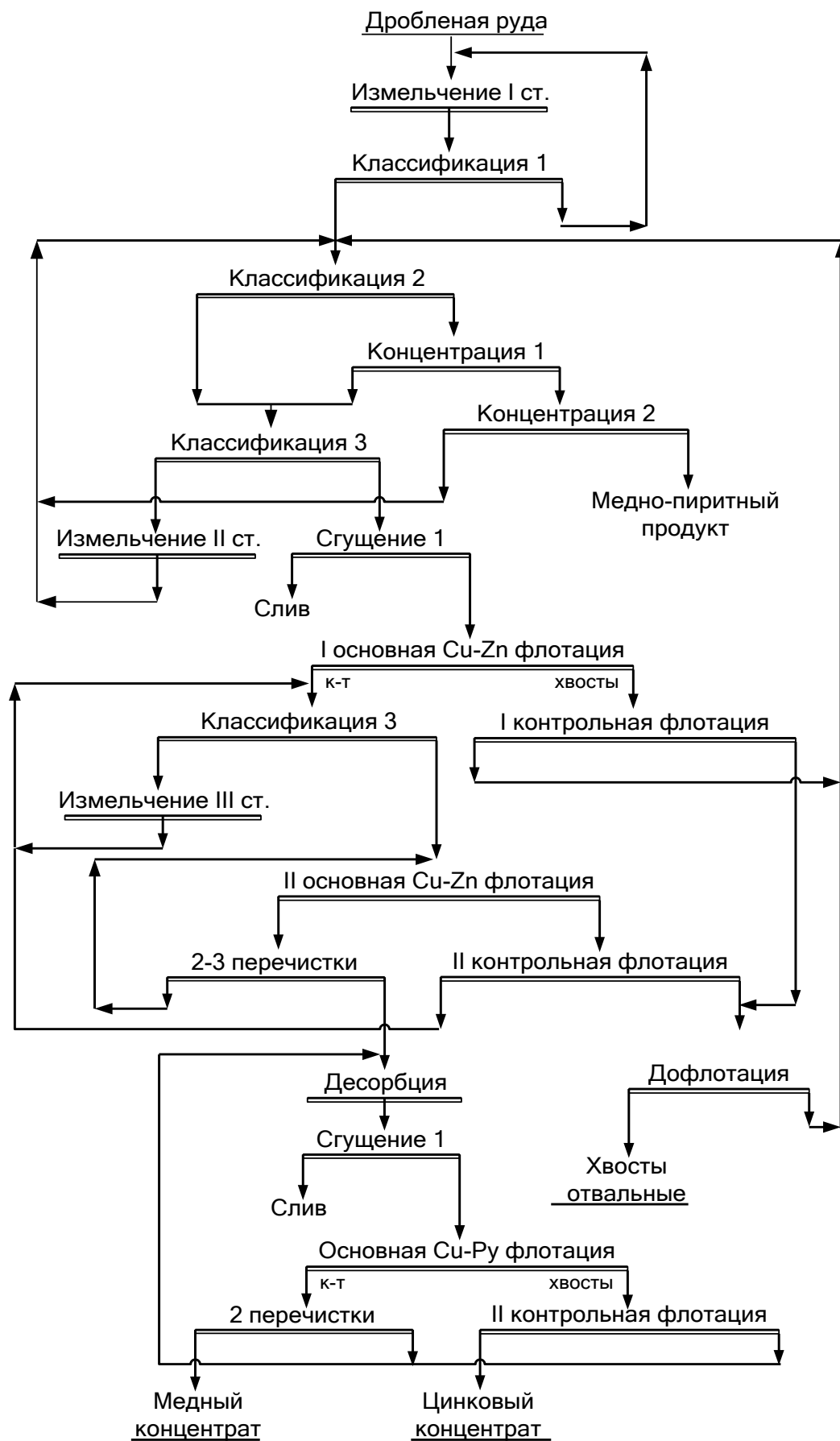


Рис. 2. Схема обогащения медно-цинковой руды Урупского месторождения

Промышленное освоение схемы коллективно-селективной флотации обеспечивает:

- повышение извлечения золота на 4-4,5 %,
- получение медного концентрата с массовой долей меди 20 %, цинка – 7 % при сохранении достигнутого высокого уровня извлечения меди 86,11 %,
- получение цинкового концентрата с массовой долей цинка 50-52 %, меди – 2,65 % при извлечении цинка 30,81 %.

Медно-свинцово-цинковые руды Рубцовского месторождения.

Медно-свинцово-цинковые руды Рубцовского месторождения содержат меди до 5,50 %, свинца до 7,00 %, цинка до 12,00 %.

Минеральный состав руд месторождения чрезвычайно сложный, особенно из-за разнообразия типов пространственного распределения минералов.

Руды характеризуются значительными колебаниями содержания ценных компонентов. Практически все сульфидные минералы представлены несколькими разновидностями. Отмечается весьма тонкое взаимопрораствание сульфидов, природная активация соединениями меди, части сфалерита и пирита.

Медные минералы в руде представлены на 25-50 % (отн.) и более вторичными сульфидами меди. Доля окисленного свинца в отдельных типах руд составляет около 20 % (отн.), плюмбоярозита до 50 % (отн.). Цинковые минералы представлены преимущественно сульфидной формой.

Для успешной реализации технологии обогащения медно-свинцово-цинковой руды Рубцовского месторождения необходима высокая степень измельчения руды с целью раскрытия сульфидных минералов, находящихся в весьма сложных срастаниях. Кроме того, на обогатимость полиметаллических руд большое влияние оказывают и вмещающие породы. Увеличение количества кварца до 20,00– 22,00 %, серицита до 9,00 %, карбоната и глинистых минералов до 19,00 % и снижение количества сульфидных минералов до 50,00 – 55,00 % привело к необходимости изменения технологии обогащения медно-свинцово-цинковых руд Рубцовского месторождения, перерабатываемых по схеме коллективно-селективной флотации.

Как известно, медно-свинцово-цинковые руды, в основном, перерабатываются по цианидной технологии, а 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. Следовательно, только бесцианидная флотация является перспективным направлением обогащения полиметаллических руд, обеспечивающим экологическую безопасность процесса обогащения.

В связи с изменением вещественного состава руд была разработана схема коллективной сульфидной флотации по бесцианидной технологии, включающая флотацию сульфидов меди, свинца и цинка в коллективный концентрат, с дальнейшей его селекцией и выделением отвальных хвостов.

Схема коллективной сульфидной флотации при обогащении полиметаллических вкрапленных руд включает (рис. 3):

- рудное измельчение до крупности 70,00 – 75,00 % класса $-0,071$ мм в присутствии жидкого стекла как депрессора пустой породы
- проведение основной коллективной флотации;
- проведение перечистой коллективной флотации;
- доизмельчение коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата.

Оптимальная степень измельчения коллективного сульфидного концентрата составляет 95,00 – 98,00 % класса $-0,071$ мм, с целью раскрытия сульфидных минералов.

Доизмельчение коллективного концентрата проводится в среде депрессоров сфалерита и пирита – сульфита 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 – сульфита натрия и цинкового купороса для более полной депрессии цинковых минералов. Кроме того, совместно с депрессорами подается известь до pH 7,5-8,5. Объединенные концентраты I и II медно-свинцовой флотации направляются в цикл сгущения до 35-40 % твердого. Сгущенный продукт поступает в операцию десорбции собирателя с поверхности сульфидных ми-

нералов с активированным углем. Затем медно-свинцовый концентрат подвергается кондиционированию с депрессорами галенита - тиосульфатом натрия и железным купоросом при рН 5,0-5,5, поддерживаемом серной кислотой.

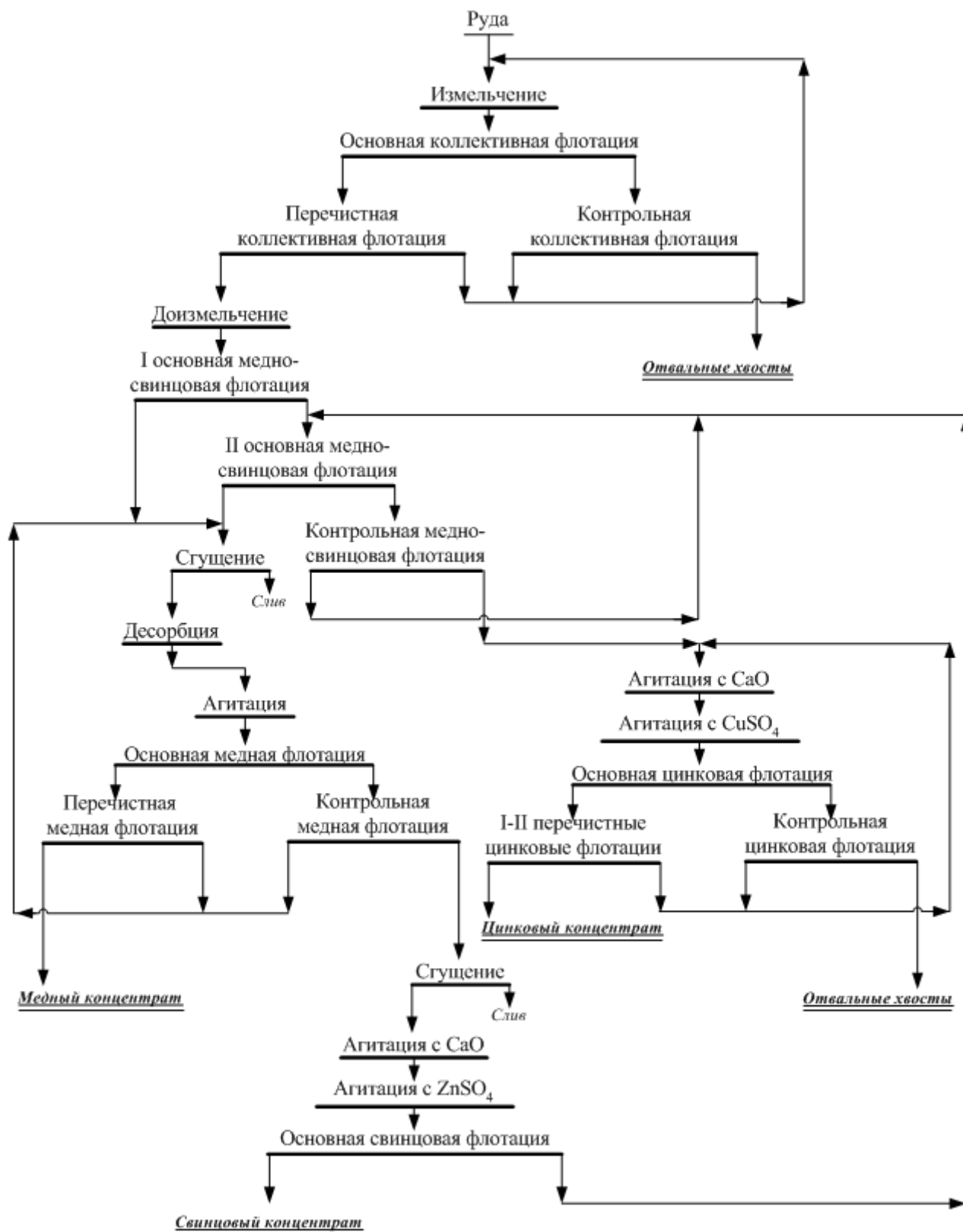


Рис.3 Схема обогащения медно-свинцово-цинковой руды Рубцовског о месторождения

Далее проводится основная и контрольная медная флотации в присутствии депрессоров галенита. С целью получения кондиционного медного концентрата, перечистные операции концентрата основной медной флотации проводятся также в присутствии тиосульфата натрия и железного купороса.

Питанием свинцового цикла флотации являются хвосты контрольной медной флотации, которые подвергаются активации медным купоросом в высокощелочной известковой среде (рН 11,0 – 11,5). Свинцовый концентрат получается камерным продуктом, а продукт дофлотации цинка возвращается в цикл медно-свинцовой флотации.

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 до 600 г/м³ 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.

Проведенные исследования по разработке технологии обогащения вкрапленных труднообогатимых полиметаллических руд показали возможность получения кондиционных концентратов.

В условиях разработанного технологического и реагентного режимов по схеме коллективной сульфидной флотации бесцианидной технологии при обогащении вкрапленных медно-свинцово-цинковых руд, содержащих меди до 5,00 %, свинца до 4,00 %, цинка до 8,00 %, оксида кремния до 34,00 %, оксида алюминия до 8,80 %, получены:

- медный концентрат с массовой долей меди 21 – 23 %, свинца до 6 %, цинка до 4 %, при извлечении меди 75 – 80 %;

- цинковый концентрат, при содержании цинка 51– 52 %, меди до 2 %, свинца до 2 %, при извлечении цинка 71 – 74%. Массовая доля оксида кремния не превышает 3 %, железа - 8 %;

- свинцовый концентрат, содержащий до 43 % свинца, до 5 % меди, до 12 % цинка, при извлечении свинца до 64 %.

ВЫВОДЫ:

1. Несмотря на сложный минералогический и вещественный состав, наличие тонкозернистых структур, весьма тонкую вкрапленность, а также тесную ассоциацию сульфидных минералов между собой для медно-цинковых руд Тарньерского, Урупского месторождений, медно-свинцово-цинковых руд Рубцовского месторождения разработаны схемы коллективно-селективной сульфидной флотации.

2. Коллективно-селективные схемы обеспечивают необходимую крупность измельчения сульфидного концентрата, с целью полного раскрытия минералов и позволяют повысить производительность обогатительных фабрик за счет выделения пустой породы в цикле коллективной флотации.

3. По разработанным технологическим схемам возможно получить кондиционные медный, цинковый и свинцовый концентраты с достаточно высоким уровнем извлечения металлов.

4. Схемы коллективно-селективной сульфидной флотации медно-цинковых и медно-свинцово-цинковых руд внедряются на действующих обогатительных фабриках.