

УДК 622.7

В.В. Морозов, А.П. Демьяненко, Т.С. Николаева

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИАЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ
СМЕШАННЫХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУД
В УСЛОВИЯХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСКРЫТИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Установлены закономерности изменения фракционного состава рудных и породных минералов при варыировании продолжительности измельчения руд, массы и размерного состава измельчающей среды. Определены степень и последовательность раскрытия минералов при различном времени измельчения. Результатами замкнутых флотационных опытов по технологической схеме с ступенчатой флотацией показана возможность повышения извлечения меди и молибдена в коллективном цикле. Достигнутый прирост извлечения позволяет сделать вывод о целесообразности разработки технологии последовательного вскрытия и обогащения смешанных медно — молибденовых руд.

Ключевые слова: стадиальное обогащение, измельчение, флотация, медно-молибденовые руды.

Семинар 26

Эффективность раскрытия полиминеральных комплексов смешанных руд зависит как от параметров используемых процессов и схем измельчения, так и от свойств руды. Вкрапленность рудных минералов в породу в наибольшей мере определяет необходимую крупность измельчения на стадии рудоподготовки [1]. Характер срастания рудных минералов между собой определяет основные параметры доизмельчения промпродуктов и коллективных концентратов. Для определения количественных параметров процессов измельчения необходимо установить основные закономерности изменения гранулометрического состава рудных и породообразующих минералов при варыировании продолжительности измельчения руд, массы и гранулометрического состава измельчающей среды [2].

Задача исследований состояла в том, чтобы определить степень и последовательность раскрытия минералов при различном времени измельчения [3]. Для проведения исследований использовалась усредненная проба руды текущей добычи. Лабораторные исследования по влиянию параметров измельчения и классификации на гранулометрический состав рудных и породообразующих минералов в измельченной руде проводились на типовом лабораторном оборудовании обогатительной фабрики ГОКа «Эрдэнэт». Схема опыта принципиально соответствовала схеме рудоподготовки и коллективной флотации медно-молибденовых руд на 5 секции.

После опробования процесса классы различной крупности обезвоживались и просушивались. Полученные фракции взвешивались, и из них отбиралась представительная контрольная фракция, содержащая около 200 зе-

рен. Контрольная фракция с применением стандартной методики подвергается микроскопическому исследованию, результатом которого является характеристика распределения рудных минералов по фракциям различной крупности и степени раскрытия.

В качестве «сигнальных» минералов были взяты ковеллин и халькозин (вместе), халькопирит, кварц. Ковеллин и халькозин, как было показано выше, составляют подавляющую часть вторичных сульфидов меди (более 85 % от общей массовой доли). Эти минералы характеризуются близкими параметрами: содержанием в руде, крупностью, прочностью. Поэтому закономерности изменения гранулометрического состава минеральных зерен и их степени раскрытия при измельчении будут характеризовать поведение всей массы вторичных сульфидов меди (включая халькозин, тенантит и др.).

При проведении укрупненных лабораторных испытаний были испытаны 8 режимов измельчения, отличавшихся производительностью лабораторной мельницы. Основные параметры процесса измельчения представлены в табл. 1. Режимы измельчения 4—8 соответствовали области промышленных режимов, режим 6 соответствовал среднему при измельчении смешанных медно-молибденовых руд.

Из результатов проведенных исследований видно, что эффективив-

ность измельчения минералов различна. В медно-молибденовой руде, измельченной до крупности 31 % кл. -74 мкм, выход минеральных зерен класса -74 мкм составляет: вторичных сульфидов -79 %, халькопирита -75 %, кварца -43 %. В руде, измельченной до 52 % кл. -74 мкм -91 %, 86 % и 66 % соответственно (рис. 1).

При оценке эффективности раскрытия сростков полезных минералов и пустой породы использовался критерий «фракция эффективной крупности» [2]. Этот критерий успешно использовался для определения оптимальных условий измельчения медно-молибденовой руды на ГОКе «Эрдэнэт». Критерий представляет собой выход класса +10 -74 мкм как для общей измельченной руды, так и для раскрытия зерен минералов.

Таким образом, доля класса +74 мкм в измельченной руде закономерно снижается для всех трех минералов при увеличении времени измельчения. Одновременно, растет выход минералов в виде шламов (класс -10 мкм).

Зависимость выхода класса продуктивной крупности (+10...-74 мкм) от времени измельчения имеет экстремальный характер (рис. 2). Абсолютные максимумы для минералов составляют для вторичных сульфидов и халькопирита 57 %, кварца -64 %.

Таблица 1

Основные параметры процесса измельчения при проведении лабораторных исследований процесса измельчения медно-молибденовых руд

Параметры	Размер- ность	Номера опытов								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Время измельчения	мин	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Глубина пульпы	% тв.	0	62,0	64,0	64,0	64,0	64,0	63,0	62,0	62,0
Выход класса +200 мкм	%	94,0	62,5	41,2	28,3	17,6	9,7	6,6	3,4	2,5
Выход класса -74 мкм	%	4,9	17,5	30,7	42,1	52,1	59,9	67,5	74	80,1

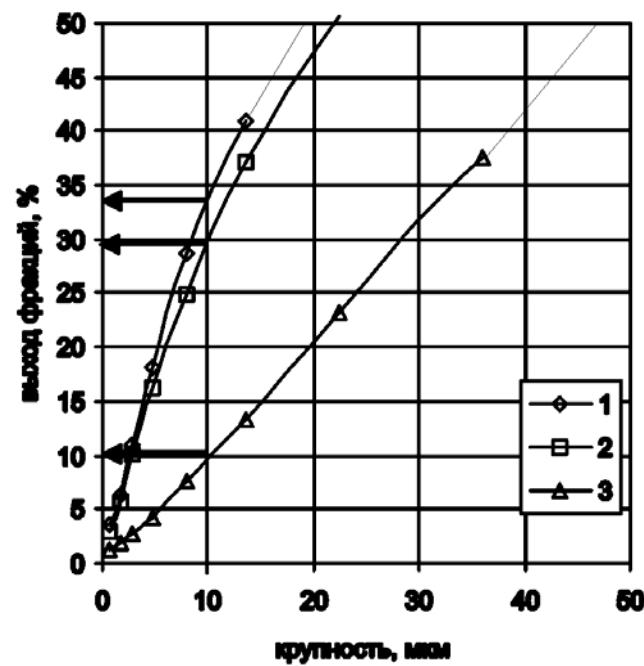
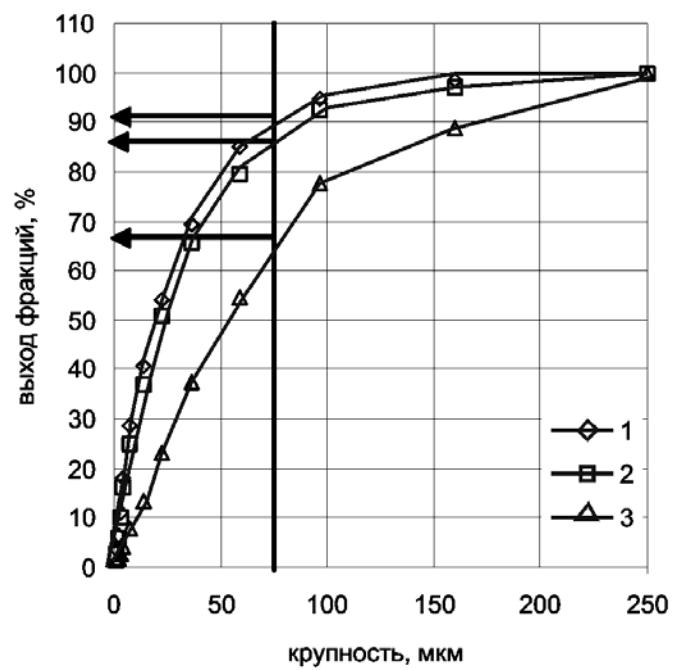


Рис. 1. Гранулометрические характеристики зерен минералов в медно-молибденовой руде, измельченной до крупности 52% кл. -74 мкм (A) и : 1 — вторичные сульфиды меди; 2 — халькопирит; 3 — кварц

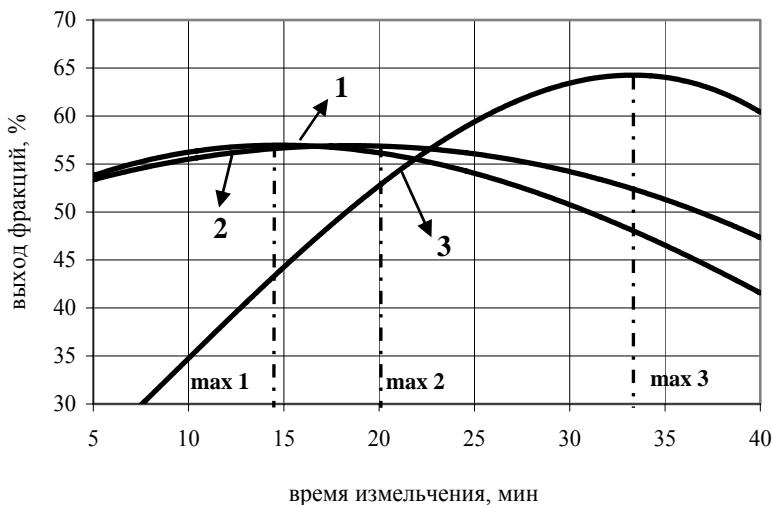


Рис. 2. Зависимости выходов класса продуктивной крупности (+10–74 мкм) минеральных зерен при различном времени измельчения: 1 — вторичные сульфиды меди; 2 — халькопирит; 3 — кварц

Максимальные выхода продуктивного класса раскрытых зерен медных минералов (+10–74 мкм) достигаются при разных продолжительностях измельчения (рис. 2), из чего следует, что оптимальные условия раскрытия минералов будут достигаться при различной продолжительности и, соответственно, крупности измельчения. Раскрытие вторичных сульфидов будет достигнуто к 14 минуте измельчения, а халькопирита — к 20 минуте измельчения (при крупности измельчения 50 и 66 % класса –74 мкм, соответственно). Оптимальная крупность измельчения руды для раскрытия сростков с кварцем может быть достигнута при продолжительности измельчения 33 минуты (при крупности измельчения 86 % Кл. –74 мкм). Из полученных результатов следует, что для эффективного раскрытия и флотации медно-молибденовых смешанных руд целесообразно применить стадиальную схему.

Дальнейшие исследования проводились на промышленном процессе.

Методика опробования предполагала отбор представительной пробы от продуктов схемы измельчения и флотации и аналогичный приведенной для лабораторной стадии исследований алгоритм исследований фракционного состава. Результаты проведенных исследований показали, что максимальный выход «продуктивной» фракции наблюдается при измельчении исходной руды до крупности 73,3 % класса –74 мкм (рис. 3). Такая степень измельчения достигается в промпродуктовом цикле коллективной флотации.

При исследованиях процесса коллективной флотации необходимо уточнить границы «продуктивного» класса. Задачей операции при используемой схеме является извлечение в коллективный концентрат раскрытых зерен и сростков ценных компонентов. Такая задача достигается при достаточно существенном измельчении. Учитывая неоднородность руды по вкрапленности и различную твердость минералов целесообразно

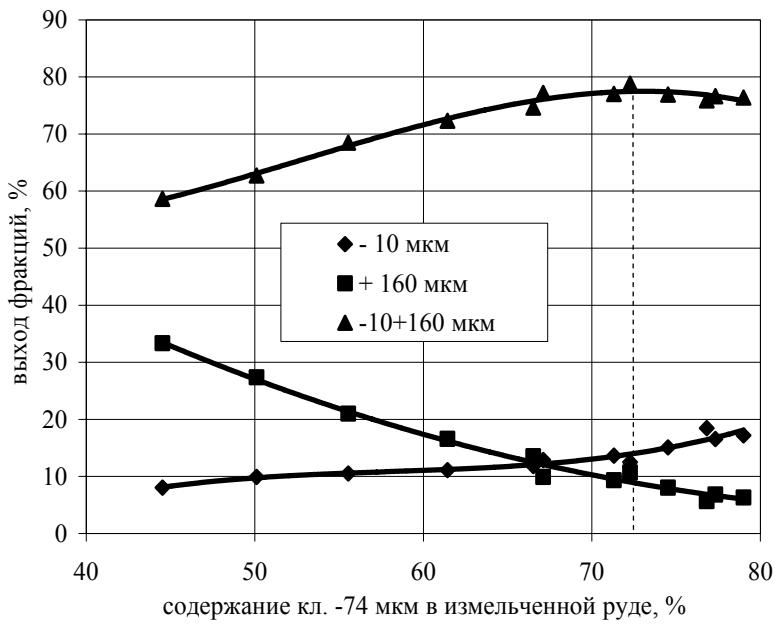


Рис. 3. Зависимость выходов минеральных фракций от степени измельчения руды

рассмотреть возможность стадиального измельчения и флотации. В этих условиях необходимо иначе оценить и границы продуктивного класса. Критерием эффективности принятых решений является возможность извлечения в пенный продукт крупных зерен ценных компонентов.

Результаты исследований показали, что при применении пневмомеханических машин с большим объемами камер верхняя граница извлекаемых флотацией зерен молибденита, халькопирита и других полезных минералов лежит в области 160—200 мкм.

Зерна крупнее 200 мкм для халькопирита и крупнее 160 мкм для молибденита теряются при флотации. Поскольку одной из наших задач было извлечение крупных зерен молибденита, в качестве верхней границы продуктивного класса была выбрана крупность 160 мкм.

Анализ полученных результатов исследований распределения меди по

классам крупности при варыировании крупности измельчения показывает, что с увеличением степени измельчения руды относительная массовая доля меди в классе -10 мкм растет, а в классе +160 мкм равномерно снижается. Зависимость выхода массовой доли меди в продуктивный класс +10—160 мкм характеризуется наличием максимума функции при крупности измельчения, характеризующейся содержанием 73 % класса -74 мкм в измельченной руде (рис. 4) распределения меди в этом классе

Концентрирования меди в классе -160+10 мкм при крупности измельчения 73 % класса -74 мкм означает, что большая часть меди находится в зернах извлекаемого размера. Однако ответ на вопрос о том, насколько полно достигнуто раскрытие меди из зерен пустой породы может быть дан только из анализа потерь.

Анализ зависимости потерь меди с хвостами коллективного цикла от

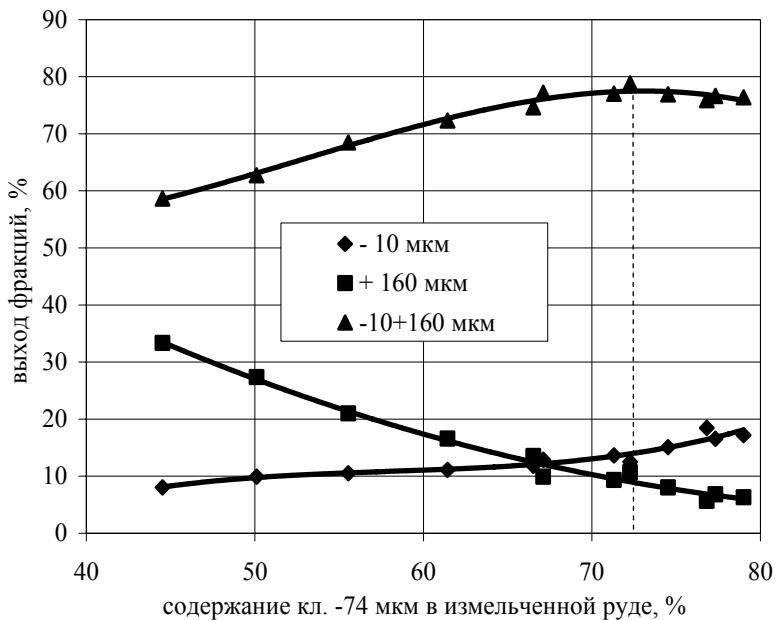


Рис. 4. Зависимость распределения общей меди по классам крупности при изменении степени измельчения руды

крупности измельчения показал, что минимум потерь наблюдается при измельчении руды до крупности 75,2 % класса -74 мкм (рис. 5).

Таким образом, сопоставление полученных результатов, показывает следующее. Максимум выхода продуктивного класса (-10+160 мкм) достигается при измельчении руды до крупности 73 % класса -74 мкм; – практически при той же крупности измельченной руды достигается максимум выхода меди в готовый класс крупности. Опыты показали, что минимум потерь меди наблюдается при измельчении руды до крупности 75,2 % класса -74 мкм. Такое совпадение результатов позволяет сделать заключение что при данной крупности измельчения не только достигается перевод меди в зерна, хорошо извлекаемые флотацией, но и раскрытие меди из сростков с породными миенарлами

Анализ существующей схемы измельчения и флотации медно-молибденовых руд на обогатительной фабрике ГОКа «Эрдэнэт» показывает, что оптимальная крупность измельчения (72–75 кл. -74 мкм) достигается только в операции доизмельчения промпродукта. Основная масса руды измельчается только до крупности 65–67 %. Кл. -74 мкм. Можно сделать вывод, что в продуктивном классе основной массы измельченной руды не достигается полного раскрытия минеральных сростков. Учитывая, что автоматическое увеличение степени измельчения медно-молибденовой руды вызовет переизмельчение вторичных сульфидов меди, в качестве альтернативной следует предложить схему со стадиальным измельчением и межциклической флотацией. (рис. 6):

Результаты замкнутых флотационных опытов по предложенной технологической схеме показали возможность повышения извлечения меди и молибдена

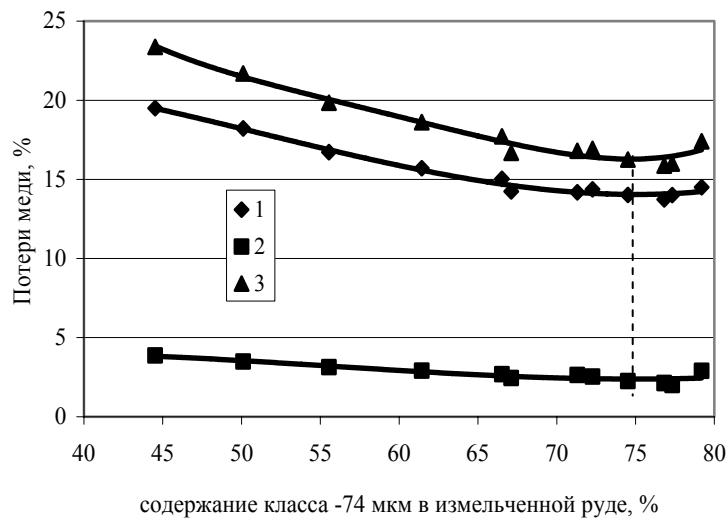


Рис. 5. Зависимость потерь меди с хвостами коллективной флотации от степени измельчения руды: 1 — потери с хвостами контрольной флотации; 2 — потери с хвостами промпродуктовой флотации, 3 — суммарные потери

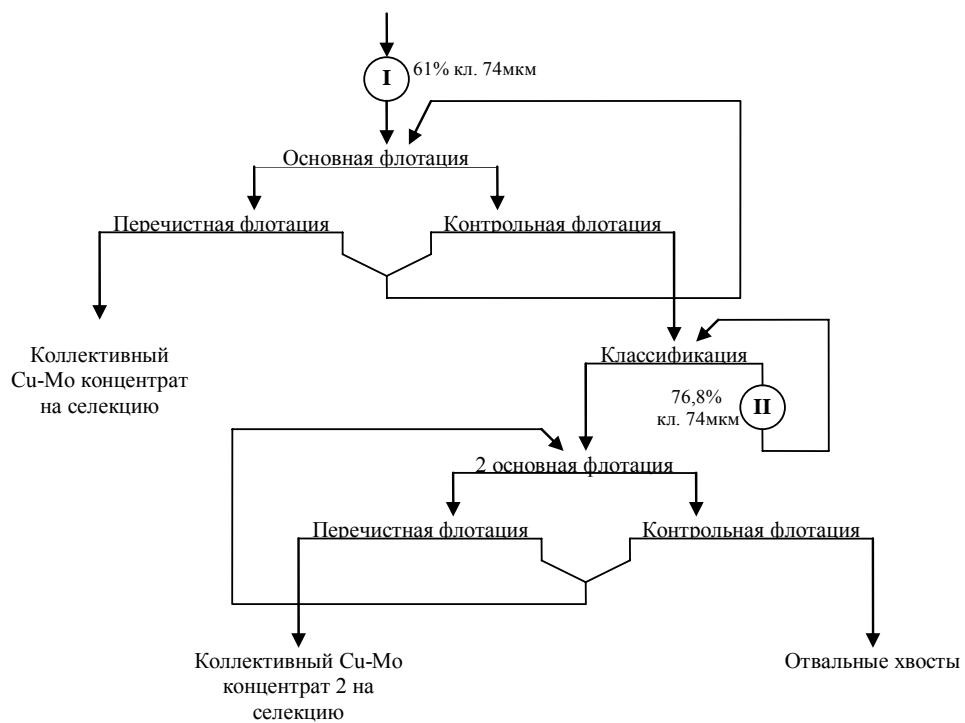


Рис. 6. Схема двухстадиального измельчения медно-молибденовых руд с межцикловой флотацией

в коллективном цикле на 1,2 и 2,2 % соответственно при сохранении качества получаемого медно-молибденового концентрата. Достигнутый прирост извлечения позволяет сделать вывод о целесообразности дальней-

ших исследований в области разработки технологии последовательного вскрытия и обогащения смешанных медно-молибденовых руд, добываемых и перерабатываемых на ГОКе «Эрдэнэт».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отгонбилэг Ш., Дваацэрэн Г., Баатархуу Ж. Влияние размера вкрапленности сульфидов меди на технологические показатели их обогащения // Горный журнал — 1988, № 2. — С. 7-48.
2. Соколов В.И., Морозов В.В. Повышение эффективности обогащения смешанных медно-молибденовых руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2004, — № 7. — С. 305-307. ГИАБ

Коротко об авторах

Морозов В.В. — профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой химии,
Демьяненко А.П. — аспирант кафедры ОГИ,
Николаева Т.С. — кандидат технических наук, доцент кафедры ОГИ,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



РУКОПИСИ,

ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Туртыгина Н.А., доцент, кандидат технических наук, ГОУ ВПО «Норильский индустриальный институт, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»,

E-mail: RIO@norvuz.ru

ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В РЕЖИМЕ УСРЕДНЕНИЯ (770/09-10 от 16.06.10), 3 с.

Предложена систематизация способов стабилизации состава рудного сырья при его подземной добычи, что создает благоприятные условия для использования всего этого арсенала на практике. Статья написана по результатам исследования минералогического и geoхимического анализа норильского месторождения вкрапленных медноникелевых руд.

Ключевые слова: смешивание, усреднение, руда, качество, система.

Turtygina N.A.

PLANNING AND MANAGING THE EXTRACTION OF MINERALS IN THE MODE OF AVERGING

It is offered a systematization of stabilizing of ore composition at its underground mining, which creates favorable conditions for the use of this entire arsenal in practice. This article was written by results of studying of the mineralogical and geochemical analysis of Norilsk deposit of disseminated copper-nickel ores.

Key words: mixing, averaging, ore quality, system.