

УДК 622.765

А. В. ЗИМИН, Ю. П. НАЗАРОВ (ЗАО «НПО «РИВС»)
Ш. ГЭЭЭГТ (КОО «Предприятие Эрдэнэт»)

РАЗРАБОТКА ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ДОИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ И МОЛИБДЕНА ИЗ ТЕКУЩИХ ХВОСТОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ



А. В. ЗИМИН,
генеральный директор,
канд. техн. наук



Ю. П. НАЗАРОВ,
директор департамента
технологических исследований,
канд. техн. наук



Ш. ГЭЭЭГТ,
начальник отдела развития,
канд. техн. наук

Изложен подход к оценке технологичности переработки отвальных хвостов обогатительных фабрик, формирующихся на нескольких переделах. Показано, что принципиально возможно вычленение отдельных технологических узлов, сбросные продукты которых могут быть использованы в качестве исходного питания автономных переделов. Подход реализован при переработке хвостов доводочного цикла схемы обогащения медно-молибденовых руд месторождения Эрдэнэт (Монголия). Разработана технология получения кондиционных по содержанию меди, молибдена и пирита одноименных товарных концентратов.

Ключевые слова: медно-молибденовые руды, хвосты обогащения, доводочный узел, флотация, кондиционные концентраты.

Как известно, текущие и лежалые отходы горно-обогатительного производства представлены вскрышными породами, забалансовыми рудами и хвостами обогащения. Накопленные и локализованные объемы минеральной массы и содержание в них ценных компонентов, зачастую сопоставимые с содержаниями в руде текущей добычи, предопределяют рассмотрение этих продуктов как ресурсный резерв [1]. В то же время техногенная минеральная масса весьма разнообразна как по происхождению, так и по технологическим свойствам, поэтому механическое применение уже реализованных на конкретных обогатительных фабриках (ОФ) технологических решений с целью переработки накопленных собственных хвостов будет характеризоваться низкими технологическими показателями. Поэтому в технологическом отношении с учетом принципиальных изменений в фазовом (прежде всего сульфидной и окисленной форм) составе минеральной массы при накоплении в хвостохранилище более предпочтительна работа с хвостами текущей добычи. Реализованные в настоящее время методы доизвлечения металлов из хвостов текущей добычи по большей части основаны на механической клас-

сификации хвостов с «перехватом» пенного продукта, образующегося при перекачке и обогащенного цветными металлами. Выход хвостов при этом изменяется в пределах статистической ошибки, а качество получаемого промпродукта не позволяет рассматривать его как товар. Однако с учетом того обстоятельства, что суммарные отвальные хвосты ОФ формируются из хвостов нескольких переделов, в том числе и доводочных, можно вычленить отдельные технологические узлы, сбросные продукты которых могут быть использованы в качестве исходного питания для автономных переделов.

В настоящее время на обогатительной фабрике КООП «Эрдэнэт» эксплуатируется двухстадиальная схема обогащения Cu-Mo-руд [2]. Она включает три последовательных передела (**рис. 1**): коллективный цикл с получением коллективного Cu-Mo-концентрата, содержащего 15–17 % меди и до 0,4–0,5 % молибдена; доводочный цикл (по терминологии ОФ — медно-молибденовая флотация) с получением Cu-Mo-концентрата, содержащего не менее 23,5 % меди; молибденовый цикл с получением кондиционного (не менее 47 % Mo) молибденового концентрата; медный концентрат получается камерным продуктом в основной молибденовой флотации.

Соответственно, отвальные хвосты ОФ «КООП «Эрдэнэт» формируются тремя технологическими продуктами:

- хвостами контрольной коллективной флотации (хвосты I);
- хвостами промпродуктового цикла (хвосты II);
- хвостами Cu-Mo-флотации (хвосты III).

Структурно цикл доводочной флотации представляет собой каноническую схему, включающую основную, контрольную и перечистную операции. Пенный продукт перечистой флотации является коллективным Cu-Mo-концентратом. Камерный продукт контрольной флотации — это хвосты III. Поскольку исходным питанием узла является относительно богатый коллективный концентрат, соответственно, хвостами доводочного передела получается продукт, содержащий 0,2–0,5 % меди и 0,1–0,2 молибдена. Если содержание меди в продукте, сопоставимое с рудным,

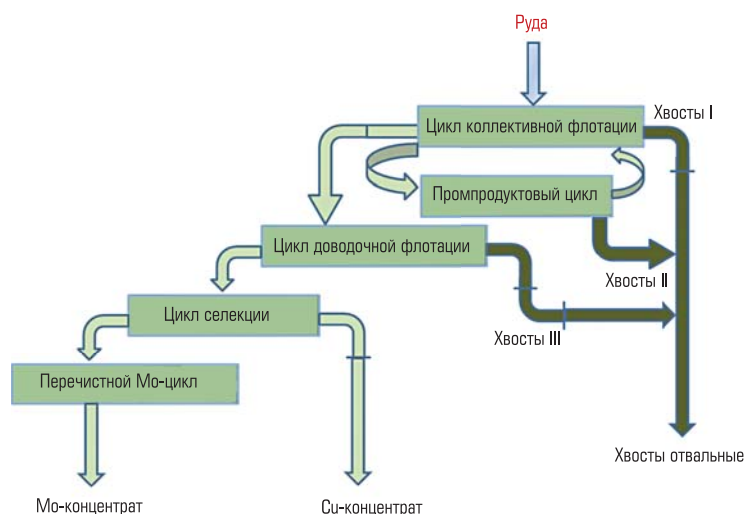


Рис. 1. Принципиальная схема переработки медно-молибденовых руд на ОФ «Эрдэнэт»

Таблица 1. Химический состав хвостов ММФ

Элементы и соединения	Cu	Mo	Fe _{общ}	S _{общ}	S _{сульф}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Содержание, %	0,2–0,5	0,1–0,2	25–35	28–35	31,9	20–30	5–8	1,5	0,4–0,8

Таблица 2. Фазовый состав хвостов ММФ

Фазовая форма меди	Содержание, % (отн.)
Окисленная	4–6
Вторичная	40–45
Первичная	45–50
В блеклых рудах	5–10
Итого	100

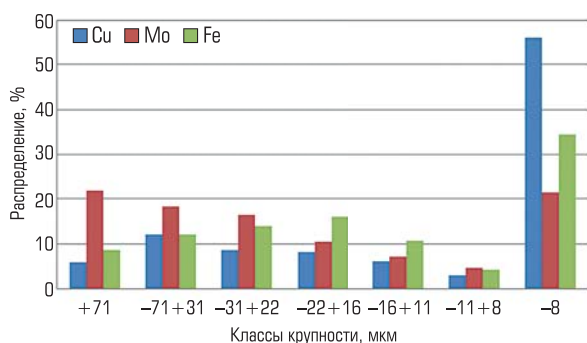


Рис. 2 Распределение металлов по классам крупности хвостов ММФ

объяснимо наличием сростков, реагентным режимом или нарушениями технологии, то высокая (порядка 10) степень концентрации молибдена обусловлена прежде всего условиями депрессирования пирита в доводочном цикле. Цель цикла заключается в получении кондиционного по содержанию меди (23,5 %) Cu-Mo-концентрата. Поставленная цель решается проведением операций флотации доводочного цикла в известковой среде — в основной

флотации, содержание CaO составляет до 400–500 мг/л, в перечистой — до 700 мг/л. При таких условиях неизбежно депрессирование некоторой части молибденита.

Подобный интервал содержаний позволяет рассматривать хвосты доводочного цикла как исходное питание для автономного флотационного цикла с получением медного и молибденового концентратов.

Цель настоящих исследований — разработка технологии получения из хвостов III товарных медного и молибденового концентратов.

Вещественный состав хвостов узла медно-молибденовой флотации (ММФ)

Материалом для исследований служили пробы хвостов ММФ. Усредненный химический, фазовый и гранулометрический состав хвостов ММФ

приведены в **табл. 1, 2** и на **рис. 2**.

Минеральный состав пробы приведен на **рис. 3**.

В результате изучения раскрываемости частиц минералов в хвостах ММФ установлено следующее:

- вторичные сульфиды меди представлены преимущественно халькозином и борнитом;
- минералы меди и молибдена находятся в основном в сростках с нерудными минералами, а также частично с пиритом;
- содержание свободных зерен халькопирита не превышает 6 %, свободные зерна вторичных минералов меди отсутствуют, причем для обеих групп минералов принципиальным является преобладание по массе сростков с пустой породой — 56 и 60 % соответственно; до 40 % халькопирита находится в сравнительно крупных сростках — от –250 до –40 мкм;
- молибденит практически полностью раскрыт, и его потери с хвостами связаны с высоким содержанием CaO в операциях передела.



Рис. 3. Минеральный состав хвостов ММФ, %

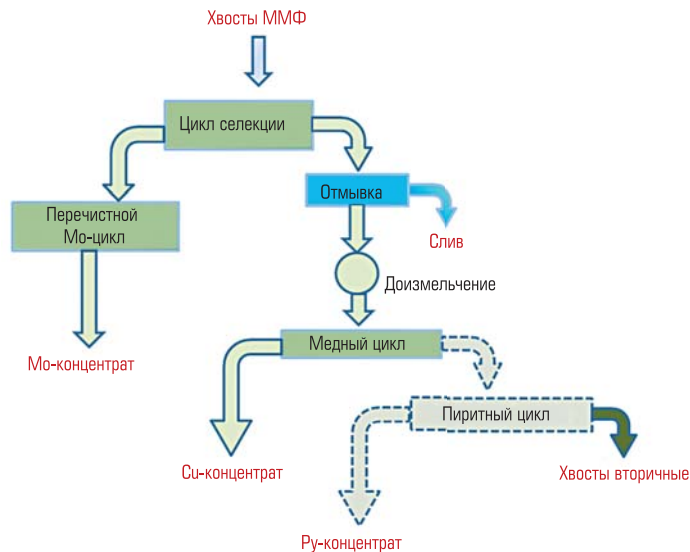


Рис. 4. Принципиальная схема переработки хвостов ММФ

В целом как минеральный состав, так и степень раскрытия сульфидов являются благоприятными факторами для разработки технологии получения медного и молибденового концентратов, причем с учетом особенностей раскрытия минералов рациональной представляется следующая последовательность переделов (рис. 4):

- разделение минералов молибдена, меди и пирита в среде сернистого натрия;
- доизмельчение хвостов молибденового цикла с целью раскрытия сростков медных минералов;
- медная флотация с тремя перечистными операциями;
- пиритный цикл на хвостах медной флотации с получением пиритного концентрата.

Отличительной особенностью предлагаемой технологии является необходимость сброса жидкой фазы перед:

- операцией селекции с целью снижения концентрации CaO;
- доизмельчением камерного продукта селекции с целью устранения негативного влияния остаточного сернистого натрия.

Поскольку хвосты ММФ по своему минеральному составу принципиально подобны коллективному концентрату, то реагентный режим цикла в целом можно сохранить.

В режиме замкнутого опыта из пробы хвостов ММФ, содержащей 0,31 % Cu и 0,25 % Mo, получены:

- молибденовый концентрат (содержание молибдена 45,04 %, извлечение 66,25 %);
- медный концентрат (содержание меди 15,4 %, извлечение 53,24 %);
- пиритный концентрат (содержание железа 45,12 %, содержание серы 52,1 %, извлечение железа 89,16 %);
- вторичные хвосты (содержание: меди 0,13 %, молибдена 0,09 %).

Вещественный состав технологических продуктов, полученных по замкнутому опыту

Фазовый состав медного концентрата приведен в табл. 3.

При сопоставлении данных табл. 2 и 3 следует, что основной прирост содержания меди в медном концентрате достигается за счет первичных минералов меди.

Молибденовый концентрат. Основную массу продукта составляет молибденит (рис. 5) преимущественно в виде свободных чешуек и зерен. Присутствуют сростки



Рис. 5. Молибденовый концентрат. Отраженный свет, николи параллельны

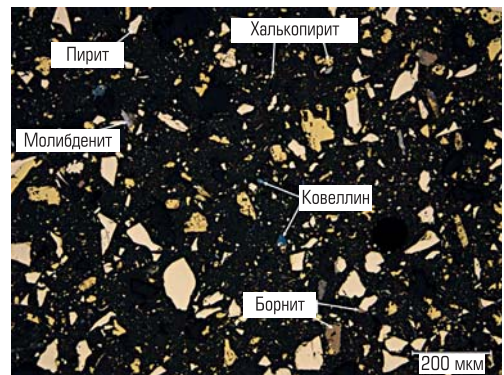


Рис. 6. Медный концентрат. Отраженный свет, николи параллельны

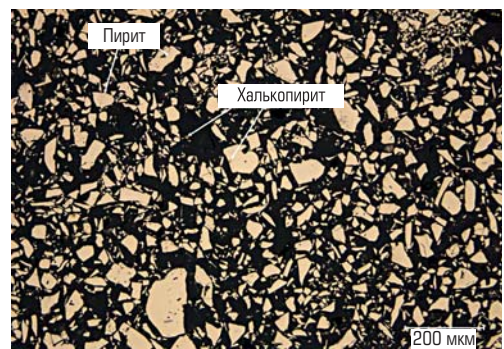


Рис. 7. Пиритный концентрат I перечистки. Отраженный свет, николи параллельны

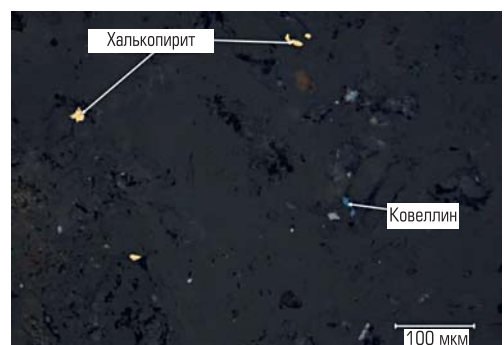


Рис. 8. Хвосты контрольной пиритной флотации. Отраженный свет, николи параллельны

Таблица 3. Фазовый состав пробы медного концентрата

Фазовая форма меди	Содержание, % (отн.)
Окисленная	1,48
Вторичная	25,35
Первичная	70,28
В блеклых рудах	2,89
Итого	100

молибденита с халькопиритом, нерудными минералами и пиритом. Халькопирит находится в основном в виде свободных зерен крупностью преимущественно –10 мкм и в сростках с молибденитом.

Медный концентрат. Продукт содержит до ~42 % нерудных минералов. Значительная часть халькопирита находится в открытых сростках с нерудными минералами и в смешанных и закрытых — с пиритом (рис. 6).

Размер зерен халькопирита в тех и других сростках позволил после доизмельчения хвостов молибденового цикла извлечь значительную часть халькопирита. Наблюдается небольшое количество молибденита как в свободном виде, так и в сростках, преимущественно с нерудными минералами. Следует отметить значимое, сопоставимое с халькопиритом, содержание пирита. Трубуется усилить режим депрессирования породных компонентов, поскольку собиратель ВК 901, используемый в цикле, не отличается селективностью, и прежде всего по отношению к пириту.

Пиритный концентрат на 98 % представлен пиритом (рис. 7). Сульфиды меди находятся почти полностью в сростках с пиритом и нерудными минералами. Медь распределяется практически поровну между халькопиритом и вторичными сульфидами меди (халькозином, борнитом и ковеллином). Наблюдается значитель-

ное количество очень тонких включений сульфидов меди в пирите. Сфалерит, галенит, молибденит наблюдаются в виде редких зерен.

Вторичные хвосты. Из ценных минералов наиболее заметен халькопирит в виде открытых и закрытых сростков с нерудными минералами (рис. 8). Вторичные сульфиды меди представлены ковеллином и борнитом, доля их значительно меньше, и они также находятся в сростках с нерудными минералами. Заметная доля зерен вторичных сульфидов меди и халькопирита наблюдается в классе –10 мкм.

Таким образом, выведение части отвальных хвостов ОФ, в частности доводочных циклов, как правило, относительно богатых полезными компонентами, в автономные циклы, позволяет по относительно простым и проверенным технологическим схемам получать дополнительные товарные продукты, сокращая издержки на содержание хвостохранилищ.

Библиографический список

1. Чантурия В. А., Шадрунова И. В., Горлова О. Е. Адаптация разделительных процессов обогащения полезных ископаемых к техногенному сырью: проблемы и решения. 2012. № 5.
2. Баатархуу Ж. Технология обогащения медно-порфировых руд на основе изучения их генетико-морфологических особенностей. — Эрдэнэт, 2006. ГЖ

*Зимин Алексей Владимирович,
e-mail: rivs@rivs.ru
Назаров Юрий Павлович,
e-mail: Y_Nazarov@rivs.ru
Гээзэгт Шарав,
тел. +7(10-976-13-52)73-818*

"GORNYY ZHURNAL"/"MINING JOURNAL", 2014, № 11, pp. 66–69

Title	Development of basis of technology of final extraction of copper and molybdenum from current extraction tailings of Erdenet Mining Corporation
Author 1	Name & Surname: Zimin A. V.
	Company: RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia)
	Work Position: General Director
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
	Contacts: e-mail: rivs@rivs.ru
Author 2	Name & Surname: Nazarov Yu. P.
	Company: RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia)
	Work Position: Director, Production Research Department
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
	Contacts: e-mail: Y_Nazarov@rivs.ru
Author 3	Name & Surname: Gezegt Sharav
	Company: Erdenet Mining Corporation (Saint Petersburg, Russia)
	Work Position: Head of Business Development Department
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
	Contacts: phone: +7(10-976-13-52)73-818
Abstract	Technogenic mineral formations are actually a nonconventional source of minerals. Various origination and diversity of composition of aged tailings as well as high content of oxidized component give zero favor to customization of engineering designs on treatment of aged tailings at given processing plants due to low production data. Therefore it is preferred to deal with actual tailings, considering drastic alteration of phase composition of aged tailings. Tailings go to dumping after a number of process stages, including aftertreatment, so, it is possible to choose some process units the discharge of which can be used as the feedstock for stand-alone process stages.
	As a whole, mineral composition and dissociation ability of sulphides are the advantage factors for the development of copper and molybdenum concentrate technologies. Taking into account features of mineral dissociation, the sequence of process stages below seems most rational: Separation of molybdenum, copper and pyrite in sodium sulphide medium; Regrinding of molybdenum circuit tailings to dissociate intergrown pieces of copper minerals; Copper flotation composed of three scavenging operations; Pyrite concentrate production from copper flotation tailings. This approach is implemented in processing of aftertreatment tailings in dressing of Erdenet copper–molybdenum deposit ore (Mongolia). The marketable concentrates produced meet the standard quality requirements.
Keywords	Copper–molybdenum ore, tailings, aftertreatment unit, flotation, standard quality concentrates.
References	1. Chanturiya V. A., Shadrunova I. V., Gorlova O. E. Adaptatsiya razdelitelnykh protsessov obogashcheniya poleznykh iskopaemykh k tekhnogennomu syr'yu: problemy i resheniya (Adaptation of separation processes of mineral concentration to technogenic raw materials: problems and solutions). 2012. No. 5.
	2. Baatarxuu Zh. Tekhnologiya obogashcheniya medno-porfirovykh rud na osnove izucheniya ikh genetiko-morfologicheskikh osobennostey (Technology of concentration of copper-porphyrific ores on the basis of research of their genetic-morphological peculiarities). Erdenet, 2006.