

УДК 622.7

# МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ФЛОТАЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЛАНСОВЫХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУД

**Ю. П. НАЗАРОВ**<sup>1</sup>, директор департамента технологических исследований, канд. техн. наук, Y\_Nazarov@rivs.ru

<sup>1</sup> СП ЗАО «ИВС», Санкт-Петербург, Россия

## Введение

Накопленные обогатительными предприятиями объемы горной массы в отходах и содержание в них ценных компонентов [1, 2], зачастую сопоставимое с содержанием в руде текущей добычи, предопределяют рассмотрение этого вида сырья в качестве безусловного ресурсного резерва. В пользу данного подхода свидетельствуют и другие факторы: истощение запасов обрабатываемых месторождений, перманентное ухудшение качества извлекаемой горной массы практически по всем видам минерального сырья, усложнение горно-геологических и горнотехнических условий разработки. Накопленные отходы характеризуются значительными объемами и компактностью залегания, что позволяет рассматривать их как техногенные месторождения.

Существующие классификаторы техногенного сырья в приложении к обогатительным производствам выделяют:

- по происхождению: *вскрышные и вмещающие* породы, *забалансовые* руды и *хвосты* обогащения;
- по времени накопления: *текущие* и *лежалые*.

Однако при общей, обеспеченности предприятия запасами намечаются проблемы с существующей минерально-сырьевой базой. Следует отметить также, что отраслевыми нормативными документами предусматриваются меры экономического стимулирования недропользователей, расширяющих воспроизводство минерального сырья, в том числе за счет максимального использования добытой минеральной массы.

Тем не менее при всей технологической привлекательности, предопределенной прежде всего значимым содержанием полезных компонентов, развитой профильной инфраструктурой, отработанной рудной технологией, переработка техногенных отложений носит фрагментарный характер. Это обусловлено прежде всего тем, что техногенная минеральная масса весьма разнообразна как по происхождению, вещественному составу, так и по технологическим свойствам. Поэтому механическая адаптация уже реализованных на конкретных ОФ технологических решений для переработки *собственных* забалансовых руд будет характеризоваться низкими технологическими показателями. Основные причины этого: существенные различия во вкрапленности, раз-

*Сопоставимость содержаний извлекаемых металлов в рудах текущей добычи и техногенном сырье позволяет рассматривать последнее как перспективный резерв. На примере медно-молибденовых руд двух месторождений рассмотрены способы к переработки заскладированных забалансовых руд. В качестве первоосновы предлагается осуществлять минералого-технологическую оценку техногенных отложений, на основе которой формируются технологическая схема и реагентный режим. Предложены варианты технологии переработки двух типов забалансовых руд. Подход может быть распространен на другие предприятия отрасли.*

**Ключевые слова:** забалансовые руды, медь, молибден, техногенные образования, минералого-технологическая оценка.

**DOI:** [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.05](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.11.05)

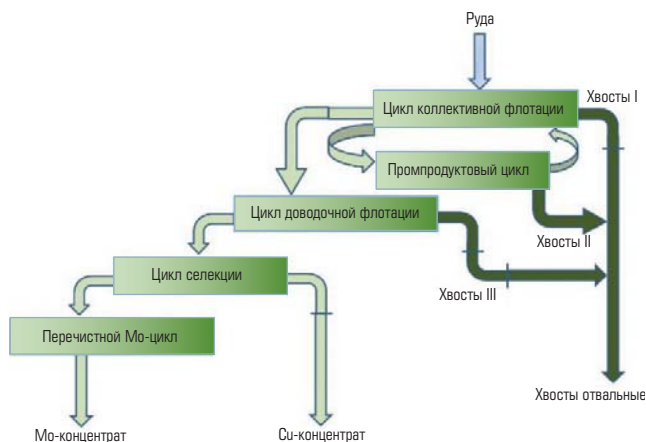
мерах и морфологии частиц, степени окисленности под влиянием природных факторов.

В связи с этим в качестве первоадаптивной операции, перед непосредственно технологическими исследованиями, следует выполнять минерально-технологическую оценку сырья относительно специфики изменения технологических свойств и в зависимости от выявленных минеральных ассоциаций, имеющих место в забалансовых рудах. И уже на основании полученных данных формировать принципы адаптации существующей технологии к специфично измененным технологическим свойствам техногенного сырья.

Целью настоящей работы является минимизация затрат при разработке технологии переработки такого специфического вида сырья, как забалансовые руды, с получением конечного продукта, удовлетворяющего или внутренним требованиям горного предприятия (возможность переработки по существующей схеме полученного промпродукта, например коллективного концентрата), или запросам внешнего потребителя. Представляется целесообразным рассмотреть в качестве объекта исследования медно-молибденовые руды двух месторождений — Эрдэнэтийн-Овоо (Монголия) и Кальмакыр (Узбекистан), поскольку часть извлекаемых компонентов, прежде всего медьсодержащие минералы, склонна к окислению, а молибденит, напротив, весьма устойчив к экзогенным процессам [3–7].

## Минералого-технологические аспекты переработки техногенного сырья

*Предприятие «Эрдэнэт» перерабатывает медно-порфиновые руды одноименного месторождения с балансовым содержанием*



**Рис. 1. Принципиальная технологическая схема переработки руды текущей добычи на ОФ «Эрдэнэт»**

металлов: меди — 0,55 %; молибдена — 0,015 %. К забалансовым рудам относится горная масса, содержащая <0,25 % меди. На обогатительном предприятии реализована традиционная для руд данного типа технологическая схема Cleaner – scavenger (рис. 1) с предварительной переработкой руды в коллективном цикле и последующей доводкой в отдельном цикле. Получаемый коллективный концентрат содержит в среднем 15–17 % меди и 0,4–0,5 % молибдена. Коллективный концентрат со всех шести секций объединяют и последовательно подают в доводочный цикл и цикл селекции. Товарными продуктами являются медный концентрат, содержащий 23 % меди, и молибденовый, содержащий 47 % молибдена.

Предлагается развитие технологии переработки (возможно на отдельной секции) с получением из забалансовой руды концентрата с содержанием меди в соответствии с показателями коллективного концентрата с последующей совместной переработкой коллективных концентратов руды текущей добычи и забалансовой.

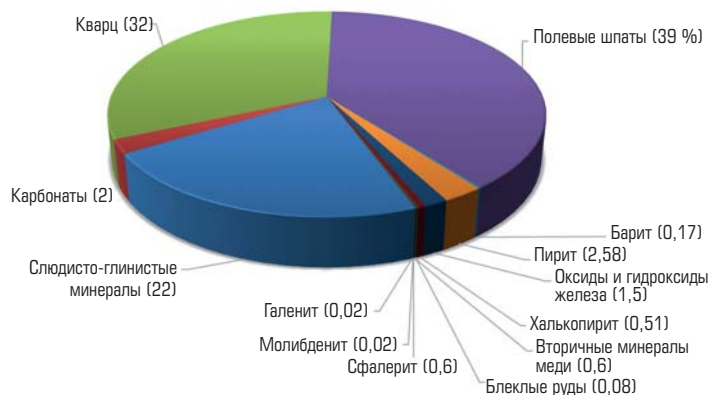
В исследованиях использовали пробу забалансовой руды со следующим химическим составом, %: 0,24 Cu; 0,009 Mo; 2,85 Fe<sub>общ</sub>; 1,68 S<sub>общ</sub>; 0,017 Pb; 0,015 As; 0,11 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 67,1 SiO<sub>2</sub>; 15,9 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3,17 K<sub>2</sub>O; 3,45 Na<sub>2</sub>O; 0,69 CaO; 0,81 MgO; <0,01 C<sub>общ</sub>. Фазовый состав пробы представлен в табл. 1.

При сопоставлении составов руд текущей добычи и забалансовых [3] следует отметить, что последние практически не затронуты процессами окисления (прежде всего, из-за крупности взорванной горной массы) и по фабричной классификации относятся к рудам сульфидного типа, что практически исключает необходимость предварительной сульфидизации минеральной массы.

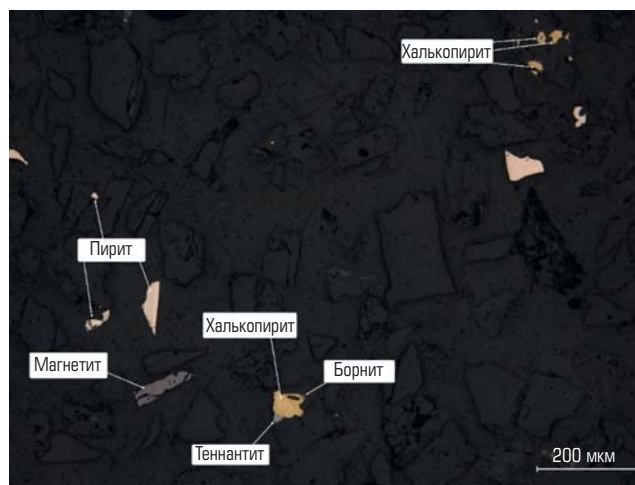
Главными рудными минералами забалансовых руд (рис. 2) месторождения Эрдэнэтийн-Овоо являются пирит — 2,6 % (абс.), халькопирит — 0,51 % (абс.). Отмечается аномально высокое содержание меди, представленной первичной формой и блеклыми рудами, также обращает на себя внимание низкое суммарное содержание медьсодержащих минералов — порядка 13 % (отн.) в

**Таблица 1. Фазовый состав минералов меди в забалансовых рудах**

Содержание, % (масс.)	Cu окисленная	Cu вторичная	Cu первичная + Cu блеклой руды	Cu общая
Абсолютное	0,008	0,04	0,19	0,24
Относительное	3,3	16,84	79,86	100



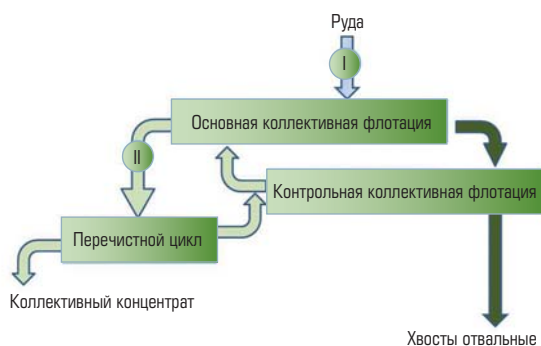
**Рис. 2. Минеральный состав пробы забалансовой руды, %**



**Рис. 3. Основные формы минеральных зерен (сростков) в пробе исходной руды (класс крупности +75 мкм)**

группе сульфидов. В виде единичных зерен отмечены сфалерит, галенит, молибденит, минералы группы блеклых руд с общей массовой долей по сульфидам порядка 5 %. Главными породообразующими минералами являются полевые шпаты — 39 % (абс.), кварц — 32 % (абс.), группа слюдисто-глинистых минералов — 22 % и группа карбонатов — 2 % (абс.).

В качестве иллюстративного материала, отражающего распределение минералов, характер раскрываемости, кинетику измельчаемости, на рис. 3 приведены некоторые формы сростков и свободных зерен основных минералов в разных классах крупности.



**Рис. 4. Принципиальная схема переработки забалансовых руд на предприятии «Эрдэнэт»**

Главный полезный рудный минерал халькопирит рассеян во вмещающей породе неравномерно в виде редких тонких вкраплений, мелких гнезд, а также в форме зернистой разновидности с диапазоном размеров зерен и агрегатов от единичных микрон до 100–150 мкм. Наиболее распространены сростки халькопирита с нерудными минералами — доля данных сростков порядка 20–25 %. Размеры зерен халькопирита в них — от единичных микрон до 100–150 мкм, но чаще 10–80 мкм.

Вторичные сульфиды меди наблюдаются довольно редко в виде тонких (5–10–15 мкм) корочек халькозина и ковеллина вокруг зерен халькопирита. Нерудные минералы практически полностью находятся в раскрытом виде уже при помоле до 55 % класса –74 мкм, что благоприятствует организации режима подавления минералов этой группы.

Имеет место подобие кинетики измельчаемости халькопирита и пирита: отмечаются широкий диапазон крупности зерен рудных минералов — от 0,01 до 0,3 мм и более; присутствие тонких взаимопрорастаний минералов.

С учетом специфики раскрытия минеральной массы наиболее рациональными представляются технологии доводки коллективного цикла по следующим схемам:

- принятие режима измельчения с достижением содержания класса –74 мкм 65 %;
- выделение медной «головки», рекомендованное для руд текущей добычи, нецелесообразно из-за принципиальной невозможности «доведения» камерного продукта медной «головки» до уровня содержаний в коллективном концентрате;
- организация промпродуктового цикла нецелесообразна из-за низкого содержания меди в пенном продукте контрольной флотации;

- обеспечение максимального сохранения номенклатуры фабричных реагентов [8–10];
- использование депрессора нерудных минералов [11, 12].

Таким образом, технологическая схема переработки руд текущей добычи (см. рис.1) упрощается до схемы, представленной на **рис. 4** с принципиальным сохранением конфигурации основной и контрольной флотаций и соответствующей комплектацией схемы цепи аппаратов. В этом случае конечной целью является получение концентрата, соответствующего требованиям коллективного концентрата, получаемого при переработке руд текущей добычи. Полученные показатели при переработке забалансовых руд сведены в **табл. 2**.

Сырьевая база *Алмалыкского комбината* формируется горной массой рудников *Кальмакыр* и *Сары-Чеку*, и техногенными ресурсами, представленными:

- отвалами забалансовых руд;
- отвальными хвостами обогащения;
- отходами металлургического производства (конвертерные шлаки).

В настоящее время увеличение объемов добычи руды выше проектных на рудниках практически невозможно, в связи с чем предусматривается вовлечение в переработку забалансовых медно-молибденовых руд месторождения *Кальмакыр*, ранее закладированных в отвалы.

Комбинат перерабатывает медно-порфировые руды с балансовым содержанием металлов: меди — 0,35 %; молибдена — порядка 0,005 %. Критерием отнесения к забалансовым рудам являлось: содержание меди в интервале значений 0,2–0,29 % в период действия требований кондиций к бортовому содержанию 0,3 % и 0,15–0,19 % при пересмотре кондиций и снижении бортового содержания до 0,2 %. Принципиальна также оценка технологических свойств руд с их разделением на сульфидные, смешанные и окисленные.

В исследованиях использовали пробу забалансовой руды со следующим химическим составом, %: 0,16 Cu; 0,002 Mo; 5,91 Fe<sub>общ.</sub>; 2,07 S<sub>общ.</sub>; 2,04 S<sub>сульф.</sub>; 0,0025 As; 0,0025 Sb; <0,001 Cd; 0,13 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; <0,005 Bi<sub>3</sub>; 52 SiO<sub>2</sub>; 14,2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3,01 K<sub>2</sub>O; 0,25 Na<sub>2</sub>O; 4,07 CaO; 5,65 MgO; 0,15 MnO; 0,59 TiO<sub>2</sub>; 0,63 C<sub>общ.</sub>; <0,001 C<sub>орг.</sub> Фазовый состав пробы представлен в **табл. 3**, минеральный — на **рис. 5**.

Проба забалансовой руды месторождения *Кальмакыр* (**рис. 6**) представляет собой сильно переработанную вторичными процессами (процессами пропилитизации) вулканическую породу: кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты, с которыми и связано данное оруденение. Руда по характеру и степени оруденения относится к типу бедных, тонковкрапленных сульфидных медных руд.

**Таблица 2. Технологические показатели, полученные при переработке забалансовых руд месторождения Эрдэнэтийн-Овоо**

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Cu	Mo	Fe	Cu	Mo	Fe
Концентрат II коллективной перечистки	1,17	15,54	0,488	29,89	77,96	72,46	13,8
Хвосты контрольной коллективной флотации	98,83	0,052	0,0022	2,21	22,04	27,54	86,2
Руда	100	0,233	0,008	2,53	100	100	100

Таблица 3. Фазовый анализ пробы забалансовых руд

Содержание, % (масс.)	Cu				Mo	
	окис-ленная	вторичная	первичная	общая	окис-ленный	общий
Абсолютное	0,029	0,015	0,126	0,17	<0,002	0,0038
Относительное	17,1	8,8	74,1	100	—	—

Главными рудными минералами забалансовых руд месторождения Кальмакыр являются, % (абс.): пирит — 3,6; магнетит — 2,1; гематит — 0,3; халькопирит — 0,4. В виде единичных зерен встречены сфалерит, галенит, молибденит, минералы группы блеклых руд. Главными породообразующими минералами являются, % (абс.): серицит (мусковит) — 41,2; кварц — 30; минералы группы карбонатов — 7,1; хлорит — 8,2 %; плагиоклаз — 4 %; в меньшей степени распространены биотит и роговая обманка, составляющие 1,2 и 0,5 % (абс.) соответственно. К числу аксессуарных минералов относится эпидот, который встречен в виде единичных зерен.

Главный полезный рудный минерал *халькопирит* рассеян во вмещающей породе неравномерно в виде редких тонких вкраплений, мелких гнезд, а также в форме зернистой разновидности с диапазоном размеров зерен и агрегатов от единичных микрон до 0,15 мм. Наиболее распространены сростки халькопирита с нерудными минералами (кварцем и серицитом). Размеры зерен халькопирита в них — от единичных микрон до 100–150 мкм, но чаще 10–80 мкм.

В меньшей степени можно наблюдать единичные включения халькопирита в пирите размером от единичных микрон до 60 мкм, редко — до 100 мкм. Для *пирита* характерен размер зерен от единичных микрон до 0,4 мм. Пирит в пробе тесно ассоциирует с сульфидами и породой. Форма зерен пирита изменяется от кристаллов кубической формы до зерен неправильной формы.

*Вторичные сульфиды меди*, представленные халькозином и ковеллином, наблюдаются в основном в виде корочек (5–10–15 мкм) вокруг зерен халькопирита, реже — в виде свободных зерен. Гидроксиды железа замещают зерна пирита, халькопирита, а также пропитывают некоторые зерна слоистых силикатов.

Анализ вещественного состава пробы показал наличие неблагоприятных признаков для обогащения:

- наличие мелкой вкрапленности халькопирита в магнетите и пирите;
- присутствие тонких взаимопрорастаний минералов, наличие структур обрастания одного минерала другим;
- широкий диапазон крупности зерен рудных минералов — от 0,01 до 0,3 мм и более.

Поскольку в структуре комбината имеются собственные металлургические мощности, целесообразно формирование технологии с получением относительно бедного медного концентрата для укрепления подшихтовочного резерва.

С учетом специфики механических свойств забалансовых руд (повышенная влажность, наличие глинистых рыхлых составля-

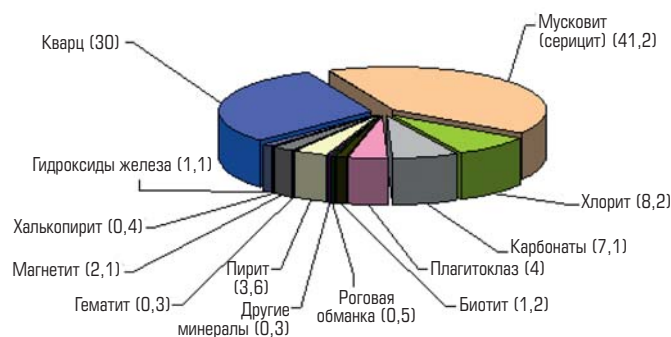


Рис. 5. Минеральный состав пробы забалансовой руды, %

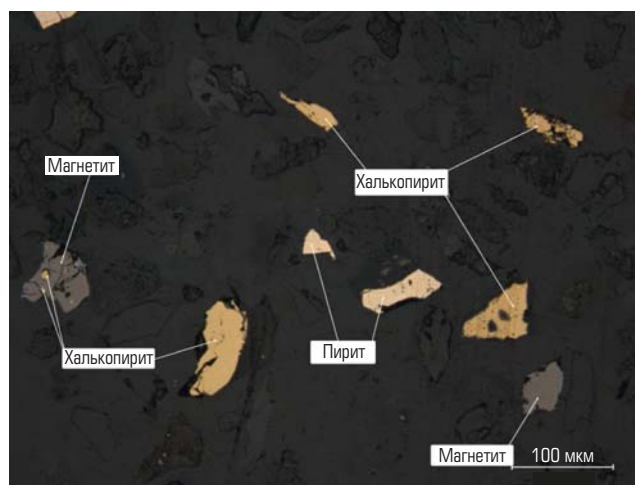


Рис. 6. Проба забалансовой руды месторождения Кальмакыр. Класс +45 мкм. Отраженный свет, николи параллельны

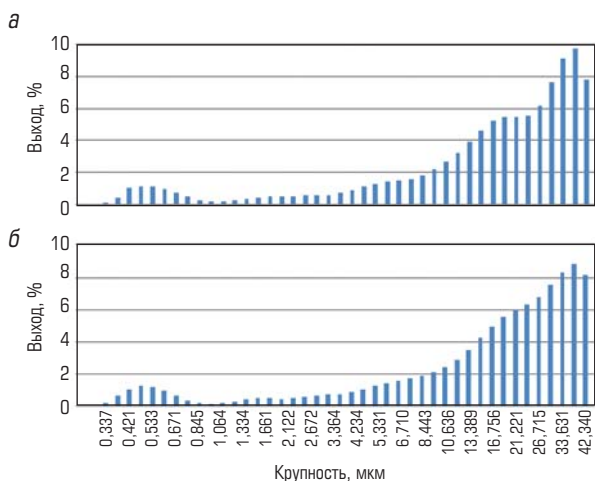


Рис. 7. Принципиальная технологическая схема переработки забалансовых руд Кальмакырского месторождения

щих и т. п.) наиболее рациональной является технология рудоподготовки, включающая самоизмельчение.

Тонкая вкрапленность минералов меди предопределяет необходимость стадийного помола и организации промпродуктового цикла с целью повышения сквозного извлечения меди.





**Рис. 8. Гранулометрический состав фракции –45 мкм в концентрате основной флотации после доизмельчения (а) и механоактивации (б)**

Поскольку содержание молибдена в пробе носит следовой характер, технологическая схема формируется как медная.

Относительно высокое (~17 %) содержание окисленной меди и благородных металлов в забалансовых рудах предопределяет необходимость применения эксклюзивного для этих металлов вспомогательного реагента-собирающего в перечистном цикле и длинноцепочечного собирателя ксатогенового типа для доизвлечения в концентрат окисленных медных минералов.

Перечисленные подходы позволили сформировать рекомендуемую для переработки забалансовых руд Кальмакырского месторождения технологическую схему (рис. 7).

Ключевой момент при формировании схемы — необходимость подготовки минеральной массы к перечистному циклу. Как

уже отмечалось, данные забалансовые руды характеризуются относительно тонкой вкрапленностью и высокой долей окисленной компоненты. Как следствие, для повышения качества конечного концентрата необходима механическая обработка черного концентрата. Одним из таких процессов является измельчение или механоактивация. На рис. 8 приведены гранулометрические характеристики черного концентрата после измельчения и механоактивации.

Сопоставление полученных данных свидетельствует о полном соответствии грансостава в тонких классах, достигнутому в параллельно проведенных операциях. С учетом ценовой привлекательности оттирочных комплексов по сравнению с классическим измельчением рекомендованный подход к пульпоподготовке следует считать образцовым.

По данной схеме получен медный концентрат с характеристиками, приведенными ниже.

Содержание в руде, %:	
меди	0,155
молибдена	0,002
Содержание меди в медном концентрате, %	13,5
Извлечение в медный концентрат, %	64,5

### Заключение

Рассмотренные положительные примеры разработки технологии переработки забалансовых медно-молибденовых руд подтверждают, что адаптация существующих схем переработки предполагает формирование системного методологического подхода к ресурсно-технологической оценке техногенного сырья, что в конечном счете приведет к разработке экологически безопасных, экономически оправданных унифицированных схем переработки техногенных минеральных ресурсов.

### Библиографический список

1. Малышев Ю. Н., Ряховский В. М., Банников В. Ф., Ряховская С. К. Минералого-геохимические исследования — девственный инструмент совершенствования технологии переработки техногенных отходов // Горный журнал. 2016. № 1. С. 72–76.
2. Методические указания по классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Молибденовые руды. — М.: Изд-во ГКЗ РФ, 2007.
3. Ганбаатар З., Зимин А. В., Соловьева Л. М., Назаров Ю. П. Совершенствование технологии обогащения медно-молибденовых руд месторождения Эрдэнэтийн-Овоо // Горный журнал. 2010. № 10. С. 34–37.
4. Баатархуу Ж. Технология обогащения медно-порфировых руд на основе изучения их генетико-морфологических особенностей. — Эрдэнэт, изд-во МАМБХ – ММРА, 2006.
5. Flotation Technology / Ed. by L. Wang, N. Shamma e.a. Humana Press. 2010. — 701p.
6. Nakhaei F, Iranmajad M. Investigation of effective parameter's for molybdenite recovery from porphyry copper ores in industrial flotation circuit // Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2014. Vol. 50(2). P. 477–491.
7. Зимин А. В., Арустамян М. А., Назаров Ю. П., Ганбаатар З. Разработка и внедрение новой технологии обогащения медно-молибденовых руд на комбинате «Эрдэнэт» // Горный журнал. 2008. Спец. вып. С. 27–31.
8. Барский Л. А., Плаксин И. Н., Тюрникова В. И. Комплексное обогащение молибденовых руд. — М.: Недра, 1965. — 199 с.
9. Шубов Л. Я., Иванков С. И., Щеглова Н. К. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья: в 2 кн. — М.: Недра, 1990. Кн. 2. — 263 с.
10. Богданов О. С. Теория и технология флотации руд. 2-е изд. — М.: Недра, 1990. — 363 с.
11. Ametov I., Grano S. R., Zanin M., Gredelj S., Magnuson R., Bolles T., Triffett B. Copper and molybdenite recovery in plant and batch laboratory cells in porphyry copper rougher flotation // Proceedings of XXIV IMPC Beijing, 24–28 September 2008. P. 1129–1137.
12. Zanin M. A study of mechanisms affecting molybdenite recovery in a bulk copper/molybdenum circuit // International Journal of Mineral Processing. 2009. Vol. 93. Iss. 3–4. P. 256–266. **ГЖ**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 11, pp. 26–31  
DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.05

#### Mineralogical-and-technological assessment of mining and processing waste flotation in terms of low-grade copper-molybdenum ore

#### Information about author

Yu. P. Nazarov<sup>1</sup>, Director of Production Research Department, Candidate of Engineering Sciences, Y\_Nazarov@rivs.ru

<sup>1</sup> IVS Joint Venture, Saint-Petersburg, Russia

#### Abstract

The content of valuable elements of mining and processing waste accumulated in dumps, tailings ponds etc. makes it possible to assume this kind of raw material an unconditional resource backup. In view of the

huge volumes and localized occurrence, mining and processing wastes are ranked as man-made deposits. However, the waste and the currently produced ore have the similar mineral composition and chemistry, which eliminates treatment of waste by adapted process solutions currently in operation at specific processing plants. Basic reasons are considerably different dissemination, size and morphology of particles, and oxidation rate as a result of action of various natural impacts.

In terms of two plants processing allied kinds of feedstock, namely, copper-molybdenum ores, the authors discuss the developed methodological approaches to concentration of low-grade ore. The proposed alternatives of ore pretreatment and pulp preparation circuits and operations enhance efficiency of separation (flotation, in this particular case) in processing of different kinds of raw materials. The choice of a processing method is based on the preliminary mineralogical-and-technological assessment of material from the viewpoint of alteration of process properties and as function of detected mineral associations. It is found possible in principle that treated low-grade

ore yields products meeting either standards of bulk concentrate or depleted marketable copper concentrate.

**Keywords:** low-grade ore, copper, molybdenum, mining and processing waste, mineralogical-and-technological assessment.

**References**

1. Malyshev Yu. N., Ryakhovskiy V. M., Bannikov V. F., Ryakhovskaya S. K. Mineralogy and geochemistry research — An efficient tool of improvement of mining waste processing technology. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 1. pp. 72–76.
2. Methodical regulations for classification of deposit reserves and forecast resources of solid minerals. Molybdenium ores. Moscow, 2007. (in Russian)
3. Ganbaatar Z., Zimin A. V., Soloveva L. M., Nazarov Yu. P. Improvement of copper-molybdenium ore concentration technology at Erdenetiyn-Ovoo deposit. *Gornyi Zhurnal*. 2010. No. 10. pp. 34–37.
4. Baatarkhuu Zh. Copper-porphyrific ore concentration technology on the basis of investigation of their genetic-morphological peculiarities. Erdenet, 2006.
5. Flotation Technology. Ed. by L. Wang, N. Shammass e.a. Humana Press, 2010. 701 p.

6. Nakhaei F., Iranmajad M. Investigation of effective parameter's for molybdenite recovery from porphyry copper ores in industrial flotation circuit. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 2014. Vol. 50(2). pp. 477–491.
7. Zimin A. V., Arustamyan M. A., Nazarov Yu. P., Ganbaatar Z. Development and implementation of new copper-molybdenium ore concentration technology at Erdenet combine. *Gornyi Zhurnal*. 2008. Special issue. pp. 27–31.
8. Barskiy L. A., Plaksin I. N., Tyurnikova V. I. Complex concentration of molybdenium ores. Moscow : Nedra, 1965. 199 p.
9. Shubov L. Ya., Ivankov S. I., Shcheglova N. K. Flotation agents in mineral concentration processes: in 2 books. Moscow : Nedra, 1990. Book 2. 263 p.
10. Bogdanov O. S. Theory and technology of ore concentration. Second edition. Moscow : Nedra, 1990. 363 p.
11. Ametov I., Grano S. R., Zanin M., Gredelj S., Magnuson R., Bolles T., Triffett B. Copper and molybdenite recovery in plant and batch laboratory cells in porphyry copper rougher flotation. *Proceedings of XXIV IMPC Beijing, 24–28 September 2008*. pp. 1129–1137.
12. Zanin M. A study of mechanisms affecting molybdenite recovery in a bulk copper/molybdenum circuit. *International Journal of Mineral Processing*. 2009. Vol. 93, Iss. 3-4. pp. 256–266.

УДК 658.512:622.012

## ОПЫТ СП ЗАО «ИВС» ПО УПРАВЛЕНИЮ РЕКОНСТРУКЦИЕЙ НИКОЛАЕВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ (КАЗАХСТАН), ВНЕДРЕНИЮ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ СОПРОВОЖДЕНИЮ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**М. А. АРУСТАМЯН**<sup>1</sup>, исполнительный директор, канд. техн. наук, [rivs@rivs.ru](mailto:rivs@rivs.ru)  
**Л. М. СОЛОВЬЕВА**<sup>1</sup>, зам. директора департамента технологических исследований

**С. В. НАУМОВ**<sup>1</sup>, руководитель проекта

<sup>1</sup> СП ЗАО «ИВС», Санкт-Петербург, Россия

### Введение

В 2011 г. специалистами СП ЗАО «ИВС» разработан технологический регламент на реконструкцию Николаевской обогатительной фабрики (ТОО «Корпорация Казахмыс», Казахстан) для переработки полиметаллической руды Артемьевского месторождения и медно-цинковой руды Юбилейно-Снегирихинского месторождения.

Разработанная технология переработки руд текущей добычи на Николаевской обогатительной фабрике (НОФ) включала ряд принципиально новых операций в процессе флотационного обогащения, новый реагентный режим с применением современных реагентов, нового оборудования производства СП ЗАО «ИВС» во всех флотационных циклах и в процессах пульпоподготовки, позволивших значительно повысить достигнутые технологические показатели переработки полиметаллической руды на НОФ по сравнению с внедренной ранее технологией, созданной научно-исследовательским институтом BGRIMM (КНР), и медно-цинковой руды Юбилейно-Снегирихинского месторождения, по сравнению с действующей на НОФ технологией (табл. 1).

В НПО «РИВС-Проект» разработан проект на реконструкцию НОФ. Его реализация начата в мае 2012 г. и уже в конце августа того же года была введена в промышленную эксплуатацию новая технологическая линия — I межцикловая медная флотация (первая медная «головка»), которая осуществлялась на вновь уста-

*Рассмотрены основные особенности современного подхода к управлению проектами по реконструкции и строительству промышленных объектов на примере реконструкции Николаевской обогатительной фабрики ТОО «Корпорация Казахмыс» (Казахстан). Отмечена важность поэтапной реконструкции технологических линий в условиях выполнения работ без остановки производства по выпуску товарной продукции. Существенный акцент сделан на значимости технологического сопровождения разработанной технологии по мере ввода в промышленную эксплуатацию реконструированных технологических линий.*

**Ключевые слова:** Николаевская обогатительная фабрика, проект, управление, реконструкция, оборудование, технология, технологическое сопровождение.

**DOI:** [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.06](https://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.06)

новленных флотомашин РИФ-25 производства СП ЗАО «ИВС». В период реконструкции НОФ осуществлена практически полная замена всего существующего парка флотомашин (в том числе китайского и отечественного производства) на новые современные флотомшины производства СП ЗАО «ИВС». Отличительной особенностью последних является высокая эффективность работы азрационных узлов РИФ с обеспечением оптимальных придонных и восходящих потоков, позволяющих увеличить количество тонкодисперсного воздуха и снизить мощность, потребляемую приводом блока азратора новой конструкции.

Введены в эксплуатацию новые флотационные технологические линии: межцикловая медная флотация при грубом помеле рудного сырья; операция выделения медной «головки», операции пульпоподготовки во флотационных циклах в специальных машинах ZIMAR производства СП ЗАО «ИВС». Полностью реконструи-