№6 (230) 2024

научно-технический и производственный

ГОРНЫЙ
ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

зарегистрирован Министерством культуры и информации Республики Казахстан 04.04.2013 г. Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания 13508-Ж.

Издается с января 2003 г.

Приказом **№290 от 26.06.2022 г.** Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

В журнале публикуются материалы, отражающие состояние и перспективы развития геологии, горного дела и металлургии не только в нашей стране, но и за рубежом. Журнал освещает проблемы охраны труда и техники безопасности, экономики, подготовки кадров и других вопросов, связанных с горно-металлургическим комплексом. В журнале представлены статьи прикладного характера, результаты фундаментальных исследований, служащие основой для новых технических разработок.

*При перепечатке материалов ссылка на **Горный журнал Казахстана** обязательна. Ответственность за достоверность сведений в публикуемых статьях и рекламных материалах несут авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда может совпадать с мнением авторов.*

Адрес редакции:
050026, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,
+7 (747) 343-15-02
minmag.kz

Представитель журнала на специализированных мероприятиях – Общество с ограниченной ответственностью «Маркетинг от Тимченко»

Представители журнала:

Республика Узбекистан –
ШЕРЗОД ВАФО-ОГЛЫ КАРИМОВ
karimov20-13@mail.ru

Российская Федерация, Москва –
ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ
shvetsirina@yandex.ru

Российская Федерация, Сибирский регион –
ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК
shaposhnikyury@mail.ru

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс **75807** в каталогах:
АО «Казпочта»,
ТОО «Агентство «Евразия пресс»

Подписано в печать **30.06.2024 г.**

Отпечатано:
«Print House Gerona»
ул. Сатпаева 30А/3, офис 124
тел: + 7 727 250-47-40,
+ 7 727 398-94-59,
факс: + 7 727 250-47-39

© Горный журнал Казахстана 2003-2024

УЧРЕДИТЕЛЬ И СОБСТВЕННИК
ТОО «Научно-производственное предприятие «ИНТЕРРИН»

INTERRIN

Главный редактор
М.Ж. БИТИМБАЕВ, *mbitimbaev@mail.ru*

Заместитель гл. редактора
Л.А. КРУПНИК, *leonkr38@mail.ru*

Заместитель гл. редактора
Х.А. ЮСУПОВ, *yusupov_kh@mail.ru*

Ответственный редактор
Т.С. ДОЛИНА, *Tatyana.Dolina@interrin.kz*

Редакционная коллегия:

Fathi Habashi (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c. [St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima], Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD, Professor of Mining Engineering

М.Б. Барменшинова, канд. техн. наук

А.Б. Бегалинов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Бекботаева, PhD

В.А. Белин (Россия), д-р техн. наук, профессор

В.И. Бондаренко (Украина), д-р техн. наук, профессор

Н.С. Буктуков, д-р техн. наук, профессор

А.Е. Воробьев (Россия), д-р техн. наук, профессор

С.Ж. Галиев, д-р техн. наук, профессор

В.Ф. Демин, д-р техн. наук

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

Б.О. Жанибеков (Узбекистан), д-р философии геол.-мин. наук, доцент

Д.Р. Каплунов (Россия), д-р техн. наук, профессор

Ш.В. Каримов (Узбекистан), PhD

В.Л. Лось, д-р геол.-минерал. наук, профессор

С.К. Молдабаев, д-р техн. наук, профессор

У.Ф. Насиров (Узбекистан), д-р техн. наук, профессор

В.И. Нифадьев (Кыргызстан), д-р техн. наук, профессор

М.Б. Нурпеисова, д-р техн. наук, профессор

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

Е.А. Петров (Россия), д-р техн. наук, профессор

Б.Т. Ратов, д-р техн. наук, профессор

К.Б. Рысбеков, канд. техн. наук, профессор

И.Н. Столповских, д-р техн. наук, профессор

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Ш.Н. Туробов (Узбекистан), PhD

О.Г. Хайитов (Узбекистан), д-р геол.-минерал. наук, профессор

Р.А. Хамидов (Узбекистан), PhD

А.Н. Шодиев (Узбекистан), д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

Содержание

® – статья на правах рекламы
ⓘ – информационное сообщение
✐ – статья публикуется в авторской редакции

3 **Колонка главного редактора**

4 *Альбин Доберсек, Игорь Ферхо*
Относительно возможности совместного складирования хвостов и пород вскрыши

Новые времена - новые герои

10 **Кузбасская сага «Новые времена – Новые герои»**

Взрывное дело

12 **С.А. Сагидуллаев*
Управление физико-механическими воздействиями при взрывании пород различной крепости и трещиноватости

Геология

19 *G. Tarassenko, Y. Muralev, Y. Demicheva, *Y. Bukayev*
Exploring the geology and tectonics of the moyinkum trough for oil and gas prospects

Металлургия

26 *И.М. Алматов, *О.Г. Хайитов*
Разработка комплексной технологии переработки полукокса горючих сланцев месторождения Актау

Металлургия

34 *М.К. Есенов, *Л.И. Раматуллаева, А.А. Волненко, Г.К. Ивахнюк*
Дисперсті материалдарды өңдеуге арналған технологиялық жабдықтағы жылу және масса алмасу процестеріне салқындатқыш жылдамдығының әсерін зерттеу

Обогащение полезных ископаемых. Производственный опыт

43 **А. Доберсек, А. Кирнарский*
Перспективы снижения энергоемкости обогащения железной руды

Обогащение полезных ископаемых

50 *А.Р. Мамбеталиева, *Т.Ш. Тусупбекова, Г.К. Макашева, С. Елеусиз*
Исследования по определению уровня окислительно-восстановительного потенциала для окисленной части хвостов

Нефтегазовое дело

56 **С.А. Сагидуллаев*
Получение эмульгатора для приозводства битумных эмульсий

Юбилеи

60 **Давиду Родионовичу Каплунову 90 лет!**

64 **Требования к оформлению и условия предоставления статей**

Код МРНТИ 52.45.19

А.Р. Мамбеталиева[1], *Т.Ш. Тусупбекова[1], Г.К. Макашева[1], С. Елеусиз[2]
[1]Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),
[2]ТОО «КазГидроМедь» (г. Караганда, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ОКИСЛЕННОЙ ЧАСТИ ХВОСТОВ

Аннотация. Рассмотрена проблема обогащения лежалых хвостов сложного вещественного состава. Отмечена актуальность регулирования окислительно-востановительного потенциала для вовлечения в валовую переработку сульфидных, смешанных и окисленных частей хвостов. Комплекс проведенных исследований позволил разработать технологические схемы обогащения сульфидных, смешанных и окисленных хвостов на основе регулирования окислительно-востановительного потенциала (далее ОВП). Исследования проведены на окисленной части лежалых хвостов с содержанием меди 0,35% со степенью окисленности 65,52%. Лабораторным экспериментом определено, что для флотации окисленной части хвостов при сульфидизации сернистым натрием требуется выдерживание уровня ОВП -160 мВ. Определение уровня ОВП для окисленной части лежалых хвостов позволит повысить качественно-количественные показатели обогащения, тем самым существенно упростив регулирование процесса.
Ключевые слова: обогащение полезных ископаемых, флотация, техногенное сырье, лежалые хвосты, окисленные минералы, окислительно-восстановительный потенциал.

Қалдықтардың тотыққан бөлігі үшін тотығу-тотықсыздану потенциалының деңгейін анықтау бойынша зерттеулер

Аңдатпа. Күрделі заттық құрамды қалдықтарды байыту мәселесі қарастырылды. Қалдықтардың сульфидті, аралас және тотыққан бөліктерін жалпы өңдеуге тарту үшін тотығу-тотықсыздану потенциалының деңгейін реттеудің өзектілігі атап өтілді. Жүргізілген зерттеулер кешені тотығу-тотықсыздану потенциалын (бұдан әрі ТТП) реттеу негізінде сульфидті, аралас және тотыққан қалдықтарды байытудың технологиялық сызбаларын әзірлеуге мүмкіндік берді. Зерттеулер мыс мөлшері 0,35%, тотығу дәрежесі 65,52% болатын қалдықтардың тотыққан бөлігінде жүргізілді. Зертханалық эксперимент натрий сульфидизациясында құйрықтардың тотыққан бөлігін флотациялау үшін OVP -160 MB деңгейіне төтеп беру қажет екенін анықтады. Жатқан қалдықтардың тотыққан бөлігі үшін ТТП деңгейін анықтау байытудың сапалық және сандық көрсеткіштерін арттыруға мүмкіндік береді, осылайша процесті реттеуді айтарлықтай жеңілдетеді.
Түйінді сөздер: пайдалы қазбаларды байыту, флотация, техногендік шикізат, қалдықтар, тотыққан минералдар, тотығу-тотықсыздану потенциалы.

Studies to determine the level of oxidation-reduction potential for the oxidized part of tailings

Abstract. The problem of enrichment of tailings with complex material composition is considered. The relevance of regulation of redox potential for attraction of sulphide, mixed and oxidised tailings into bulk processing is noted. The complex of the conducted researches allowed to develop technological schemes of enrichment of sulphide, mixed and oxidised tailings on the basis of regulation of redox potential (hereinafter referred to as ORP). The studies were carried out on the oxidised part of the overlying tailings with a copper content of 0.35% with an oxidation degree of 65.52%. The laboratory experiment determined that for flotation of the oxidised part of tailings at sulphidisation with sodium sulphide it is required to maintain the ORP level -160 mV. Determination of ORP level for the oxidised part of the tailings will allow to increase qualitative and quantitative indicators of enrichment, thus considerably simplifying the process regulation.
Key words: mineral processing, flotation, technogenic raw materials, waste tailings, oxidised minerals, redox potential.

Введение

В связи с уменьшением ценных металлов в рудах и увеличением количества труднообогатимого сырья, необходимо комплексно перерабатывать как бедное, некондиционное и труднодоступное минеральное сырье, так и техногенное, в частности, находящееся в хвостохранилищах обогатительных фабрик. Большие объемы хвостохранилищ создают серьезные экономические и экологические проблемы. Исследования в этой области ведутся в различных направлениях, особенно целесообразно перерабатывать с применением флотационных и гидрометаллургических технологий, их комбинаций [1-4].

Ежегодно из недр добывается около 1,0 млрд т твердых полезных ископаемых, из которых лишь 10% превращается в конечную продукцию. В Казахстане ежегодно образуется порядка 700 млн тонн промышленных отходов[1]. Это означает, что большая часть добываемых полезных ископаемых складируется в отвалах, занимающих огромные территории. С увеличением потребностей в рудном сырье происходит ускоренная отработка разведанных месторождений, особенно тех, которые богаты полезными компонентами, а также ввод в эксплуатацию месторождений с низким содержанием полезных компонентов [5].

Выбор схемы переработки в основном зависит от вещественного состава, характера вкрапленности минералов и от степени окисленности. Как известно, лежалые хвосты характеризуются пластообразными залеганиями и отсутствием селективной выемки, различностью фаз (сульфидная, смешанная и окисленная), что приводит к нестабильному процессу. Флотация смешанных и окисленных минералов проводится после предварительной сульфидизации сернистым натрием. Однако, расход сернистого натрия, который подается для сульфидизации, разный в зависимости от фаз. Поэтому контроль и регулирование концентраций реагентов в пульпе является единственным путем создания надежных и эффективных систем поддержания оптимального реагентного режима и получения максимально возможных технологических показателей флотации. Комплекс проведенных исследований позволил разработать технологические схемы обогащения сульфидных, смешанных и окисленных хвостов на основе регулирования окислительно-востановительного потенциала. Окислительно-восстановительными свойствами обладает поверхность многих минералов и в первую очередь сульфидов и окислов поливалентных металлов [7-9].

ОВП показывает соотношение окисленных и востановительных форм в жидкой фазе пульпы и направле-

[1]*Электронное правительство РК: официальный сайт. URL: https://egov.kz/cms/ru/articles/ecology/waste_reduction_recycling_and_reuse (дата обращения: 22.05.2024 г.).*

ние реакций, которые в ней преимущественно протекают: окислительные и восстановительные. Окислительно-восстановительные процессы являются дополнительным фактором, изменяющим ионно-молекулярный состав жидкой фазы. ОВП измеряется в вольтах (милливольтах) и его значение и знак указывает на наличие в системе тенденции к окислению или восстановлению [10, 11].

Цель работы – определение оптимальных параметров окислительно-востановительного потенциала для гидрофобизации поверхности окисленных медных минералов окисленной части лежалых хвостов.

Материалы и методы

Объектом исследования является проба окисленной части лежалых хвостов Балхашской обогатительной фабрики.

Химический состав пробы лежалых хвостов определялся традиционным «силикатным» химическим анализом, содержание золота и серебра – пробирным анализом (таблица 1), элементный состав пробы установлен масс-спектральным анализом с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

Изучение рудных минералов проводилось в отраженном свете в полированных аншлифах с применением микроскопа OLYMPUS BX 53, видеокамеры SIMAGIS XS-3CU и программного обеспечения для анализа изображений Минерал С7 компании SIAMS.

В таблице 1 приведены результаты химического анализа исходной пробы.

Содержание основных ценных компонентов составило: меди – 0,348%, серебра – 1,81 г/т. Содержание серы составило 0,537%, железа общего 3,87%. Содержание породных компонентов составило: двуокиси кремния 59,14%, оксидов алюминия 9,10%, кальция 1,44% и магния 1,39%.

Фазовый анализ хвостов по формам соединения меди выполнен методом химического фазового анализа. Результаты представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что медь представлена сульфидными (34,48%) и окисленными (65,52%) минералами. Исследуемая проба хвостов относится к окисленному типу.

Рудная минерализация представлена:

− *Основные – гидроокислы железа и магнетит;*

− *Редковстречаемые – пирит, малахит, халькопирит, азурит, гематит, рутил, халькозин + дигенит, ковеллин, борнит, ильменит.*

− *Единичные – пирротин, сфалерит, молибденит.*

− *Суммарная рудная минерализация составляет 8,037% от общей массы хвостов, при этом целевые компоненты – минералы меди составляют только 1,096% от общей массы, или 13,6% от общей рудной минерализации.*

− *Среди медной минерализации:*

✓ *72,6% составляют окисленные минералы;*

✓ *27,4% составляют сульфидные минералы (в т.ч. первичные (халькопирит) – 21,5%, вторичные – 5,9%).*

Медные минералы в пробе представлены халькопиритом, азуритом, малахитом, борнитом и халькозином (рисунок 1).

Флотационное обогащение выполнялось на стандартных лабораторных механических флотационных машинах типа Механобр с объемом камер 3, 1.0 и 0.5 л. Для исследования были применены следующие реагенты: сернистый натрий ***(Na2S)***, ксантогенат (Кх), метилизобутилкетон (МИБК), AEROFLOAT® MX-515. Время флотации

Таблица 1

Химический состав

Кесте 1

Химиялық құрамы

Table 1

Chemical composition

Компонент	***Cu***	***Ag,*** г/т	***Au,*** г/т	***Fe***	***S***	***Zn***	***Pb***	***As***	***Mo***
Массовая доля, %	0,35	1,81	-	3,87	0,537	0,138	0,034	0,0065	0,0061
Компонент	***P***	SiO_2	Al_2O_3	***CaO***	***MgO***	K_2O	***Sn***	***Bi***	
Массовая доля, %	0,044	59,14	9,10	1,44	1,39	3,13	<п.о	<п.о	

Таблица 2

Фазовый анализ хвостов

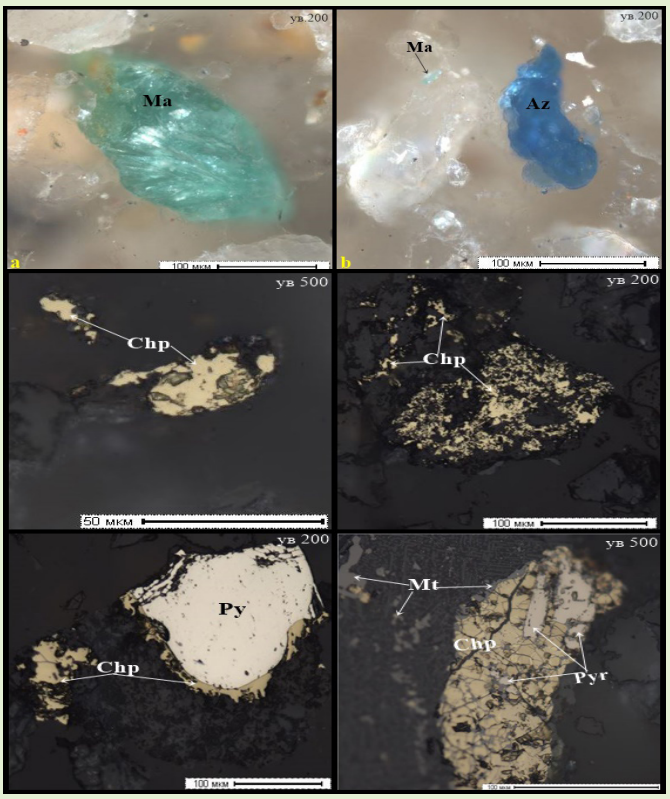
Кесте 2

Қалдықтың фазалық талдауы

Table 2

Phase analysis of tails

Форма нахождения металла	Содержание ***Cu***, % (абс.)	Распределение ***Cu***, % (отн.)
Cu сульфидных минералов	0,12	34,48
Cu окисленных минералов	0,228	**65,52**
Итого	0,348	100,0



Ma – малахит; Az – азурит; Chp – халькопирит; Py – пирит; Mt – магнетит; Pyr – пирротин.

Рис. 1. Выделения медных минералов. Увеличение 200.
Сурет 1. Мыс минералдарының бөлінуі. 200 ұлғайту.
Figure 1. Isolation of copper minerals. Magnification of 200.

10 минут, содержание твердого в питании флотации 30%, содержание готового класса -0,071 мм – 80%, в ходе проведения лабораторного эксперимента контролировали показатели pH уровня и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) (pH уровень контролировали электродом HANNA HI 1230 и ОВП-HI 3131).

Результаты

Проведены исследования по подбору оптимального параметра ОВП для повышения извлечения меди в концентрат.

Принципиальная технологическая схема проведения лабораторного эксперимента приведена на рисунке 2.

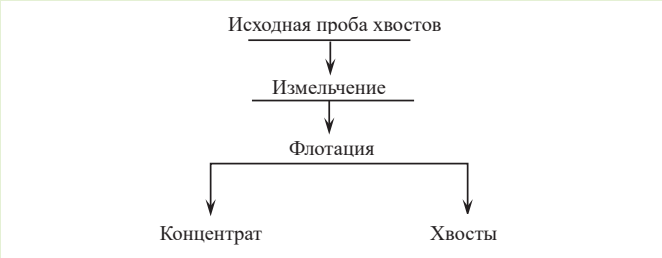


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема проведения лабораторного эксперимента.
Сурет 2. Зертханалық эксперименттің принципті технологиялық сызбасы.
Figure 2. The basic technological scheme of the laboratory experiment.

Оценка результатов лабораторного опыта проводилась по кривым обогатимости, выражающим зависимость между показателями флотации – выходом, содержанием ценного компонента в концентратах и извлечением в концентраты. Результаты зависимости качественно-количественных показателей от изменения уровня ОВП приведены на рисунке 3.

Из данных следует, что при снижении уровня ОВП от +100 до -160 мВ, извлечение меди повышается от 39,62 до 48,16%, достигая максимального значения в данной серии опытов. Дальнейшее повышение уровня ОВП не дает прироста по извлечению меди в концентрат.

Для оценки влияния уровня ОВП и расхода сернистого натрия на флотацию окисленных минералов выполнен фазовый анализ продуктов обогащения тестов №1 и №5, приведенный в таблице 3.

Таблица 3

Фазовый анализ хвостов

Кесте 3

Қалдықтың фазалық талдауы

Table 3

Phase analysis of tails

Продукт	Выход, %	Содержание фаз меди, %		Распределение меди, %	
		Окисленные	Сульфидные	Окисленные	Сульфидные
Тест 1					
Концентрат	3,95	1,68	1,83	28,90	60,08
Хвосты	96,05	0,17	0,05	71,10	39,92
Исходная проба	100,0	0,23	0,12	100,0	100,0
Тест 5					
Концентрат	4,96	1,92	1,46	42,03	59,52
Хвосты	95,04	0,14	0,05	57,97	40,48
Исходная проба	100,0	0,23	0,12	100,0	100,0

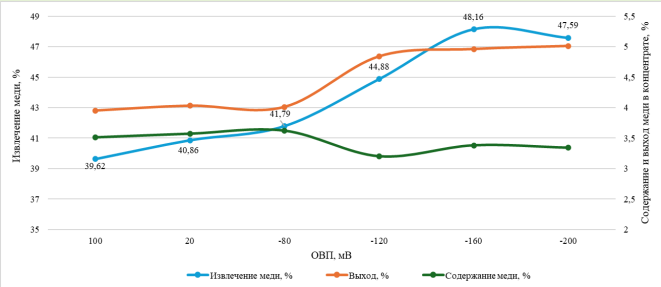


Рис. 3. Результаты зависимости качественно-количественных показателей от изменения уровня ОВП.
Сурет 3. Сапалық-сандық көрсеткіштердің ТТП деңгейінің өзгеруіне тәуелділігінің нәтижелері.
Figure 3. The results of the dependence of qualitative and quantitative indicators on changes in the level of ORP.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что при подаче сернистого натрия извлечение окисленной части меди повышается на 13,13%, при этом извлечение сульфидов меди снижается незначительно – 0,56%.

Заключение

Таким образом, ОВП уровнем можно контролировать и регулировать концентрацию реагентов в пульпе и поддерживать оптимальный реагентный режим.

Лабораторный эксперимент проведен на пробе лежалых хвостов с содержанием меди 0,35%, относительное содержание окисленных минералов меди составило 65,52%. По минералогическому составу окисленные минералы представлены азуритом и малахитом.

Лабораторным экспериментом определено, что для флотации окисленной части хвостов при сульфидизации сернистым натрием требуется выдерживать уровень ОВП -160 мВ.

Определение уровня ОВП для окисленной части лежалых хвостов позволит повысить качественно-количественные показатели обогащения, тем самым существенно упростив регулирование процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Архипов А.В., Решетняк С.П. Техногенные месторождения: разработка и формирование: Апатиты, 2017, С. 175 (на русском языке)*
2. *Чантурия В.А. Научное обоснование и разработка инновационных процессов комплексной переработки минерального сырья. // Горный журнал. 2017. №11. С. 7-13 (на русском языке)*
3. *Туребекова К.С. Коллективная флотация обескремненного техногенного баритового сырья. / К.С. Туребекова, Г.Л. Каткеева, И.М. Оскембеков, Р.Б. Султангазиев. // Горный журнал Казахстана. 2022. №12. С. 46-50 (на русском языке)*
4. *Шумский В.А. Перерабатывать нельзя хранить. / В.А. Шумский, Л.Б. Кушакова. // Журнал «Горно-металлургическая промышленность». 2018. №8. С. 36-39 (на русском языке)*
5. *Туребекова К.С. Разработка технологии получения концентрата цветных металлов и оксида кремния из отвальных хвостов обогатительных фабрик: дис. ... д-р PhD. Караганда: 2023. 136 с. (на русском языке)*
6. *Пулунган Л., Усман Д.Н., Курниаван Э.А., Гальяно Р.А. Мониторинг рудничных отходов при флотации медной руды. // Международная научно-практическая конференция. Серия: Материаловедение и инженерия 830, 2020 (на английском языке).*
7. *Прохоров К.В. Эффект электрохимического контроля процесса истирания сульфидсодержащих руд при подготовке их для флотации. // Проблемы недропользования. 2019. №2 (21). С. 115-121 (на русском языке)*
8. *Высотин В.В. Перспективы флотационной технологии доизвлечения меди из лежалых хвостов. / В.В. Высотин, А.Ю. Коблов, М.А. Винокурова. // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2020. №2. С. 99-105 (на русском языке)*
9. *Гао Сон И. Измерение электрохимического потенциала при флотации. // Пред. Солт Лейк Сити. 2022. С. 6 (на английском языке)*
10. *Годрати С. Моделирование и оптимизация химических реагентов для повышения эффективности флотации меди с использованием метода поверхности отклика. / Ф. Годрати, Ф. Нахаи, О. Вандгорбани, М. Хекмати. // Источники энергии, часть А. Восстановление. Использование. Окружающая среда. Эффективность. 2020. Т. 42. №13. С. 1633-1648 (на английском языке)*

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Архипов А.В., Решетняк С.П. Техногендік кен орындары: игеру және қалыптастыру: Апатиттер, 2017, Б. 175 (орыс тілінде)*
2. *Чантурия В.А. Минералды шикізатты кешенді өңдеудің инновациялық процестерін ғылыми негіздеу және әзірлеу. // Тау журналы. 2017. №11. Б. 7-13 (орыс тілінде)*
3. *Туребекова К.С. Кремнийсіз техногендік барит шикізатының ұжымдық флотациясы. / К.С. Туребекова, Г.Л. Каткеева, М. Өскембеков, Р.Б. Сұлтанғазиев. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2022. №12. Б. 46-50 (орыс тілінде)*
4. *Шумский В.А. Өңдеуге болмайды. / В.А. Шумский, Л.Б. Кушакова. // «Тау-кен металлургия өнеркәсібі» журналы. 2018. №8. Б. 36-39 (орыс тілінде)*

5. Туребекова К.С. Байыту фабрикаларының үйінді қалдықтарынан түсті металл концентраты мен кремний оксидін алу технологиясын әзірлеу: дис. ... доктор PhD. Қарағанды: 2023. 136 б. (орыс тілінде)
6. Пулунган Л., Усман Д.Н., Курниаван Э.А., Гальяно Р.А. Мыс кенін флотациялау кезіндегі шахта қалдықтарының мониторингі. // IOP Анықтамасы. Серия: Материалтану және Инженерия 830. 2020 (ағылшын тілінде)
7. Прохоров К.В. Құрамында сульфид бар кендерді флотацияға дайындау кезінде олардың тозу процесін электрохимиялық бақылаудың әсері. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. 2019. №2 (21). Б. 115-121 (орыс тілінде)
8. Высотин В.В. Мыс қалдықтарынан мыс алудың флотациялық технологиясының болашағы. / В.В. Высотин, А.Ю. Коблов, М.А. Винокурова. // Тула мемлекеттік университетінің жаңалықтары. Жер туралы ғылымдар. 2020. №2. Б. 99-105 (орыс тілінде)
9. Гао Сон И. Флотациядағы электрохимиялық потенциалды өлшеу. // Алдын ала басып шығару. Солт Лейк Сити қ. 2022. Б. 6 (ағылшын тілінде)
10. Годрати С. Реакция бетінің әдістемесін қолдана отырып, мыс флотациясының өнімділігін жақсарту үшін химиялық реагенттерді модельдеу және оңтайландыру. / С. Годрати, Ф. Нахаи, О. Вандгорбани, М. Хекмати. // Энергия көздері, А бөлімі. Қалпына келтірілген. Қолдану. Қоршаған орта. Тиімділік. 2020. Т. 42. №13. Б. 1633-1648 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Arkhipov A.V., Reshetnyak S.P. Tekhnogennye mestorozhdeniya: Razrabotka i formirovanie: Apatity. 2017, S. 175 [Arkhipov A.V., Reshetnyak S.P. Technogenic deposits: development and formation: Apatity, 2017, P. 175] (in Russian)
2. Chanturiya V.A. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka innovatsionnykh protsessov kompleksnoi pererabotki mineral'nogo syr'ya. // Gornyi zhurnal. 2017. №11. S. 7-13 [Chanturia V.A. Scientific substantiation and development of innovative processes for complex processing of mineral raw materials. // Mining magazine. 2017. №11. P. 7-13] (in Russian)
3. Turebekova K.S. Kollektivnaya flotatsiya obeskremnennogo tekhnogennogo baritovogo syr'ya. / K.S. Turebekova, G.L. Katkeeva, I.M. Oskembekov, R.B. Sultangaziev. // Gornyi zhurnal Kazakhstana. 2022. №12. S. 46-50 [Turebekova K.S. Collective flotation of desiliconized technogenic barite raw materials. / K.S. Turebekova, G.L. Katkeeva, I.M. Oskembekov, R.B. Sultangaziev. // Mining Journal of Kazakhstan. 2022. №12. P. 46-50] (in Russian)
4. Shumskii V.A. Pererabatyvat' nel'zya khranit'. / V.A. Shumskii, L.B. Kushakova. // Zhurnal «Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost'». 2018. №8. S. 36-39 [Shumsky V.A. Recycling cannot be stored. / V.A. Shumsky, L.B. Kushakova. // Magazine «Mining and Metallurgical Industry». 2018. №8. P. 36-39] (in Russian)
5. Turebekova K.S. Razrabotka tekhnologii polucheniya kontsentrata tsvetnykh metallov i oksida kremniya iz otval'nykh khvostov obogatitel'nykh fabrik: diss. ... d-r PhD. Karaganda: 2023. 136 s. [Turebekova K.S. Development of a technology for obtaining a concentrate of non-ferrous metals and silicon oxide from waste tailings of processing factories: thesis. ... PhD. Karaganda: 2023. 136 p.] (in Russian)
6. L. Pulungan, D.N. Usman, E.A. Kurniawan, R.A. Galiano. Monitoring of mine waste from copper ore flotation. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 830. 2020 (in English)
7. Prokhorov K.V. Effekt elektrokhimicheskogo kontrolya protsessa istiraniya sul'fidsoderzhashchikh rud pri podgotovke ikh dlya flotatsii. // Problemy nedropol'zovaniya. 2019. №2 (21). S. 115-121 [Prokhorov K.V. Effect of electrochemical control of the abrasion process of sulfide-bearing ores during their preparation for flotation. // Problems of subsoil use. 2019. №2 (21). P. 115-121] (in Russian)
8. Vysotin V.V. Perspektivy flotatsionnoi tekhnologii doizvlecheniya medi iz lezhalykh khvostov. / V.V. Vysotin, A.Yu. Koblov, M.A. Vinokurova. // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2020. №2. S. 99-105 [Vysotin V.V. Prospects of the flotation technology of copper extraction from waste tailings. / V.V. Vysotin, A.Yu. Koblov, M.A. Vinokurova. // News of Tula State University. Earth Sciences. 2020. №2. P. 99-105] (in Russian)
9. Gao Song YI. Electrochemical Potential Measurement in Flotation. // Preprint. March 2022 (in English)
10. Ghodrati S. Modelling and optimization of chemical reagents to improve copper flotation performance using response surface methodology. / S. Ghodrati, F. Nakhaei, O. Vandghorbany, M. Hekmati. // Energy Sources, Part A. Recover. Util. Environ. Eff. 2020. V. 42. №13. P. 1633-1648 (in English)

Информация об авторах:
Мамбеталиева А.Р., доктор PhD, старший преподаватель кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), *a.mambetaliyeva@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0003-1536-5259
Тусупбекова Т.Ш., докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), *tansholpan_87.09@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0003-2940-8715
Макашева Г.К., докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), *mguldanka@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0003-2875-9433
Елеусиз С., магистр технических наук, инженер-исследователь ТОО «КазГидроМедь» (г. Караганда, Казахстан), *saparik1994@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0009-8222-9653

Авторлар туралы мәліметтер:
Мамбеталиева А.Р., PhD докторы, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының аға оқытушысы Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)
Түсіпбекова Т.Ш., «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының докторанты Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)
Макашева Г.К., «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының докторанты Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)
Елеусіз С., техника ғылымдарының магистрі, «ҚазГидроМедь» ЖШС инженер-зерттеушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:
Mambetaliyeva A.R., PhD, Senior Lecturer at the Department of Metallurgy and Mineral Processing at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Tusupbekova T.Sh., doctoral student of the Department of Metallurgy and Mineral Processing at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Makasheva G.K., Doctoral student of the Department of Metallurgy and Mineral Processing at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Yeleussiz S., Master of Technical Sciences, Research Engineer at Kazhydromed LLP (Karaganda, Kazakhstan)

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

ПОДПИСКА' 2024
РЕКЛАМНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
СОТРУДНИЧЕСТВО

POST-DTS@YANDEX.KZ / +7 747 343 15 02 / MINMAG.KZ