

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

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



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 Nabashi (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

® – 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. Алматы, *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 производства битумных эмульсий
- Юбилей**
- 60** Давиду Родионовичу Каплунову 90 лет!
- 64** Требования к оформлению и условия предоставления статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат
Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

*Дорогие читатели!
Уважаемые члены редколлегии!*

Лето началось, когда и должно начаться по взаиморасположению нашего Светила и нашей Планеты. Но весна отличилась такими испытаниями, что стоит и Правительствам, и простым землянам задуматься, как превентивно с упреждением прогнозировать или точно предсказывать ожидающие нас катаклизмы, связанные со всеми видами бедствий – наводнениями, паводками, затоплениями, лесными и степными пожарами, снежными заносами, уничтожением урожая и т.д. – своевременно готовиться и снижать вред до минимума. И можно ли это сделать?

Говорят, климат меняется в худшую сторону по техногенным причинам. Не менее умные ученые этих же стран говорят, что это не так, что все повторяется периодически и дело не в выбросах двуокиси углерода и загрязнении окружающей среды. Что заполнение земных пространств ВИЭ в виде ветряных электростанций и солнечных батарей – это не панацея от бед как минимум и новый способ наживы как максимум. Не решен вопрос утилизации огромного количества лопастей ветростанций, выходящих из строя, которые вместе с миллиардами тонн пластика заполняют дно океанов и морей, занимают огромные территории на поверхности Земли, начиная выделять гораздо более ядовитые вещества, чем двуокись углерода.

Надо уничтожить крупный рогатый скот, который также является крупнейшим источником выбросов вредных газов в атмосферу и срочно переходить на белковое питание, создаваемое, например, саранчой. Тогда и саранча перестанет быть вредителем, а будет полезным продуктом, как в Индии, Китае, Мексике. Такой образ жизни широко рекомендуется в Западной Европе и США.

Казахстану, равно как и Китаю, Индии, РФ и другим странам Азии, Африки, Южной Америки скоро придется платить штраф за продаваемый уголь и всю продукцию, произведенную с применением угля.

Каждый здравомыслящий человек задается вопросом: «Где же истина?». Когда, например, Казахстан вместе со Средней Азией самостоятельно, силами своих научных кадров и инженерного персонала, критически оценит все эти вопросы, составляющие основу нашего благополучного существования на Земле, ходя на территориях собственного ареала проживания.

Отмеченные в июне День защиты детей и День охраны окружающей среды являются по сути дела событиями одной сущности, направленные на сохранение цивилизации. Население, достигшее в середине 2023 г. численности на планете 8 млрд чел., по расчетам ООН должно перешагнуть рубеж 10 млрд после 2050 г. и остановиться в своем росте на уровне 11 млрд человек к 2090–2100 г., хотя средний срок жизни каждого из индивидумов будет расти до 100 лет и более. Почему, и как этому поверить? Простой народ в большинстве своем об этом не имеет представления и не поймет простого утверждения. В конце концов, не идет же речь о претворении в жизнь теории священника Мальтуса?

Много вопросов и нет доходчивых ответов, при этом все тревоги теряются в каждодневном решении бытовых проблем, связанных с ростом цен, с неудовлетворительным качеством продуктов, с трудоустройством, обеспечением жильем. Пугает растущая доля распада молодых семей, ради создания которых родители влезают в огромные долги.

Пусть сказанное мною не прозвучит как проповедь катастрофы. Провозглашенные Президентом Токаевым К-Ж.К. принцип и путь развития нашего государства как «Нового и Справедливого Казахстана», подкрепленные своевременными практическими решениями, должны быть на местах восприняты как ежедневный график работы по становлению нового образа жизни.

«Горный журнал Казахстана» предлагает свои страницы творческим починам, проектам, научным разработкам, которые практически способствовали бы решению и внутренних проблем, и планетарных природных событий, имеющих техногенное происхождение.

Мы готовы также ответить на все вопросы, касающиеся создания формата «созидательного освоения недр» как ресурсовоспроизводящего и ресурсосберегающего природно-техногенного взаимодействия с сохранением качественной окружающей среды.



Engineering Dobersek GmbH

Управляющий ENGINEERING DOBERSEK GmbH

Альбин Доберсек

Эксперт технологического отдела ENGINEERING DOBERSEK GmbH

Игорь Ферхо

ОТНОСИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОГО СКЛАДИРОВАНИЯ ХВОСТОВ И ПОРОД ВСКРЫШИ

1. Актуальность темы

По числу добываемых минералов лидируют США, Китай и Россия, занимая соответственно 1, 2 и 3 место, и на них приходится около 41% от всей мировой добычи минерального сырья. На первую десятку горнодобывающих стран приходится 64% мирового объема добычи сырья, в том числе 87% черных металлов и производства ферросплавов (лидирует Бразилия – 29%), 61,1% цветных металлов (лидирует Австралия – 31%), 44% драгоценных металлов (лидирует Австралия – 11%), 62% добычи промышленных запасов (лидирует Китай – 16%) и 62% энергетических минералов (лидируют США – 17%).

Специалисты утверждают, что в XXI в. будет продолжаться интенсивный рост потребления практически всех видов минерального сырья. В предстоящие 50 лет мировое потребление железной руды увеличится в 1,4-1,6 раза, первичного алюминия – в 1,5-2 раза, меди – в 1,5-1,7 раза, никеля – в 2,6-2,8 раза, цинка – в 1,2-1,4 раза, других видов минерального сырья – в 2,2-3,5 раза.

Потребность в добыче полезных ископаемых на 2050 г. составит (в млн. т): алюминия – 26-36 (добыча за 2000 г. 24), медь – 14-40 (13), железа – 469-757 (560), свинца – 3,7-6,1 (3,0), никеля – 1,5-1,9 (1,1), цинка – 9,5-13,6 (8,4). В связи с этим в ближайшие 50 лет объем горно-добычных работ возрастет более чем в пять раз, главным образом за счет разведки и эксплуатации новых месторождений, разведанных в пределах континентальной суши.

Для удовлетворения все возрастающих потребностей промышленности в отработку вовлекаются запасы с низким содержанием металлов.

Внедрение новых технологий и оборудования позволяют добиться рентабельности месторождений с низким содержанием за счет увеличенных объемов добычи и переработки.

Для примера, для поддержания выпуска металла с переходом на отработку выбывающего месторождения с содержанием металлов на уровне 3% на месторождение с содержанием металлов 0,7% производительность по горной массе увеличивается в 5 раз, по выходу хвостов увеличение в 5,3 раза.

Отходы горно-обогажительного производства: добычи (твердые насыпные – некондиционные руды, вмещающие и вскрышные породы); обогащения (жидкие – пульпа хвостов: текучих; сгущенных; пастообразных; обезвоженных).

О масштабах техногенных образований можно судить по тому, что до 95% от общего объема горной массы, извлекаемой из недр, накапливается в виде отходов в отвалах, складах некондиционных руд и других хранилищах техногенного сырья. К примеру, для производства 1 тонны меди необходимо переработать около 100 т горной массы. Таким образом, 99 т отходов переработки этой горной массы складываются на земной поверхности.

С каждым годом образование отходов горных предприятий существенно растет при одновременно усложняющихся горно-геологических условиях разработки месторождений, снижении среднего содержания полезных компонентов.

Для сокращения отчуждаемых площадей для размещения отвалов пород вскрыши начинают внедряться технологии формирования внутренних отвалов, складирование пород вскрыши в отработанных карьерах.

Участившиеся техногенные аварии на традиционных хвостохранилищах и тенденция по увеличению выхода тонкодисперсных хвостов вынуждает предприятия постепенно отказываться от традиционного складирования и переходить на складирование сгущенных, глубоко сгущенных и обезвоженных хвостов.

Необходимы поиски направлений по сокращению отчуждаемых площадей для складирования отходов. Одним из перспективных направлений может быть совместное складирование пород вскрыши и хвостов. Этому направлению пока уделяется недостаточное внимание, но в научных публикациях в последние годы стали появляться весомые обоснования перспективности этого направления.

В 2012 году специалисты компании ENGINEERING DOBERSEK GmbH выполнили эксперименты по возможному складированию хвостов и пород вскрыши.

2. Результаты проведенного тестирования по возможности совместного складирования сгущенных хвостов с породами вскрыши (2012 год)

2.1 Эксперимент 1. 100% заполнение порового пространства пород вскрыши хвостами.

Используемый материал:

- Хвосты обогащения полиметаллических руд.
- Мраморная крошка.

Последовательность выполнения эксперимента.



Подготовлено 1100 г высушенных хвостов и 1528 г мраморной крошки – 20 мм.



Их хвостов приготовлена пульпа с содержанием твердого по весу 65%.



Проводилось заполнение цилиндра с хвостовой пульпой порционным заполнением мраморной крошкой с до полного погружения. Каждая порция взвешивалась.



Цилиндр разворачивался на 180 градусов и разгружался в поддон.



После высыхания «цилиндр» разбивался молотком. Поровое пространство заполнено на 100%.

Результаты эксперимента:

- ✓ Соотношение хвосты/крупный заполнитель по весу 1/2,8.
- ✓ 100%-е заполнение порового пространства пород вскрыши хвостами обогащения возможно при коэффициенте вскрыши 1,05 т/м³.
- ✓ Влажность полученного «цилиндра», состоящего из хвостов и мраморной крошки – 12%.

2.2 Эксперимент 2. Моделирования совместного складирования сгущенных хвостов и пород вскрыши.

Используемый материал:

- Хвосты обогащения полиметаллических руд.
- Мраморная крошка.

Последовательность выполнения эксперимента.



Приготовленная пульпа из 7,1 кг хвостов с содержанием твердого по весу 65% выливалась на поддон.



Наполнение производилось до образования неуплотняемого отложения. Использовано 20,7 кг мраморной крошки.



Далее материал высыпался на свободный поддон. Угол естественного откоса практически совпал с углом естественного откоса сухой мраморной крошки.



Из мраморной крошки формировалась «дамбочка».



Производилась засыпка в отложения хвостов мраморной крошки.

Результаты эксперимента:

- ✓ Соотношение хвосты/крупный заполнитель по весу 1/3.
 - ✓ Расчетный коэффициент вскрыши 1,22 т/м³.
 - ✓ Влажность совместного склада – менее 14%.
- Тестирование показало принципиальную возможность совместного складирования сгущенных хвостов с породами вскрыши.

3. Предварительные расчеты возможного совместного складирования хвостов медной обогатительной фабрики с породами вскрыши

Принятые для предварительных расчетов исходные данные:

- | | |
|---|--------|
| • Производительность фабрики, млн.т/год | 60 |
| • Плотность твердого, т/м ³ | 2,6 |
| • Вывод хвостов, % | 95 |
| • Содержание твердого в сгущенных хвостах, % | 60–65* |
| • Коэффициент вскрыши, м ³ /т | 1,1* |
| • Влажность пород вскрыши, % | 2,5* |
| • Пористость отвала пород вскрыши (по справочным данным), % | 40* |
| • Пористость хвостов (по справочным данным), % | 50* |

*данные требуют уточнения при проведении тестирования и сборе исходных данных

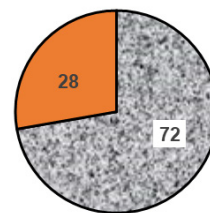
Результаты предварительных расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

№	Параметры	Ед. изм	Показатель
1	Производительность карьера	т	6.000.000.000
2	К-т вскрыши	м ³ /т	1,10
3	Плотность пород вскрыши	т/м ³	2,60
4	Объем пород вскрыши	м ³	6.600.000.000
5		т	17.160.000.000
6	Пористость уплотненного отвала пород вскрыши	%	40
7	Плотность разрыхленных пород	т/м ³	1,56
8	Объем уплотненного склада пород вскрыши	м ³	11.000.000.000
9	К-т разрыхления		1,67
10	Объем пор	м ³	4.400.000.000
11	Выход хвостов	%	95
12		т	5.700.000.000
13		м ³	2.111.111.111
14	Плотность твердого	т/м ³	2,70
15	Пористость хвостов	%	50
16	Плотность уложенных хвостов	т/м ³	1,35
17	Объем хвостов	м ³	4.222.222.222
18	К-т разрыхления		2,00
19	Влажность пород вскрыши	%	2,5
20	Воды в породе вскрыши	м ³	429.000.000
21	Содержание твердого в хвостах	%	65
22	Воды в сгущенных хвостах	м ³	3.069.230.769
23	Твердое в складе хвостов и пород вскрыши	т	22.860.000.000
24		м ³	15.222.222.222
25	В том числе		
26	Порода вскрыши	м ³	11.000.000.000
27		%	72
28	Хвосты	м ³	4.222.222.222
29		%	28
30	Влажность отвала		13

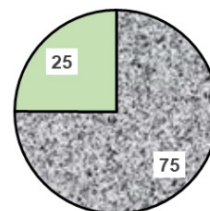
Результаты расчета в графическом виде.

Объемное соотношение образованных пород вскрыши и хвостов обогащения



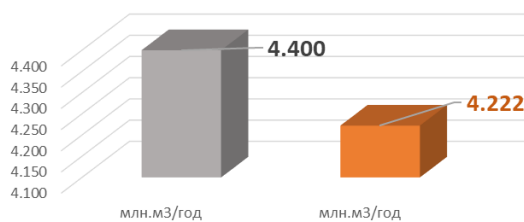
■ Порода вскрыши % ■ Хвосты обогащения %

Весовое соотношение в отвале пород вскрыши и хвостов обогащения



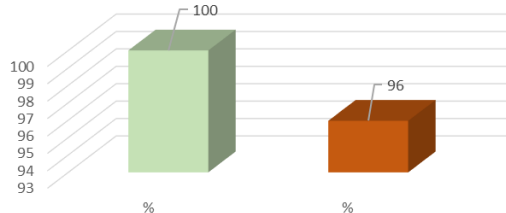
■ Объем пород вскрыши % ■ Объем хвостов обогащения %

Соотношение объема образованных пор в отвале пород вскрыши и хвостов обогащения.



млн.м³/год млн.м³/год
Объем образованных пород вскрыши Объем хвостов обогащения

Соотношение объема образованных хвостов к объему пор в отвале пород вскрыши



% %
Объем пор в отвале пород вскрыши Объем хвостов обогащения

Результаты расчета:

- Объем порового пространства в отвале пород вскрыши больше объема образованных хвостов на 4%.
- Влажность совместного склада пород вскрыши и сгущенных хвостов не выше 13%, можно прогнози-

вать отсутствие дренажа из совместного склада. Открытых пылящих поверхностей хвостов практически может не образовываться. Увлажнение отвала пород вскрыши может привести к снижению пылеобразования.

- При совместном складировании пород вскрыши и сгущенных хвостов отпадает необходимость строительства хвостохранилища, либо принципиально сокращаются его площади.
- Заполнение пор отвала пород вскрыши хвостами придаст повышенную устойчивость склада.
- Заполнение пор отвала пород вскрыши хвостами ограничивает доступ кислорода, что способствует снижению процессов окисления.

Породы вскрыши и хвосты обогащения медных руд по справочным данным относятся к 5 классу опасности, следовательно, противопоказаний к совместному складированию нет.

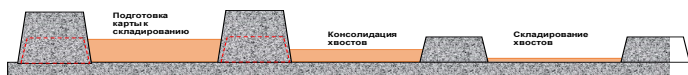
Для упрощения расчетов можно пользоваться номограммой [1] прогнозирования влажности совместного складирования хвостов и пород вскрыши.



Данные номограммы хорошо сочетаются с расчетными данными с поправкой на влажность пород вскрыши.

4. Возможные варианты совместного складирования

4.1 При постановке хвостов обогащения на учет как потенциальное техногенное месторождение. На площади отвала из пород вскрыши формируются отсеки расчетной емкости. Емкость отсека выбирается по результатам тестирования по скорости консолидации хвостов. Формируется не менее 3 отсеков. Отсек 1 в заполнении сгущенными хвостами, отсек 2 – консолидация хвостов, отсек 3 – формирование следующего яруса отвала. Эскиз складирования приведен ниже.



По выполненным предварительным расчетам дренажа из склада хвостов не ожидается. Соотношение объема образованных пород вскрыши и объема образованных хвостов обеспечивают предлагаемую технологию складирования. При этом:

- ❖ Объем склада увеличится не более чем на 30-35%.
- ❖ Отпадет необходимость строительства хвостохранилища с инфраструктурой.

4.2 При отсутствии необходимости постановки хвостов на учет. По данным из открытых источников подача пород вскрыши на складирование планируется конвейерным транспортом. При этом обеспечивается возможность совместного складирования сплошным отвалом либо с покартовым заполнением. Эскиз формирования сплошного отвала приведен ниже.



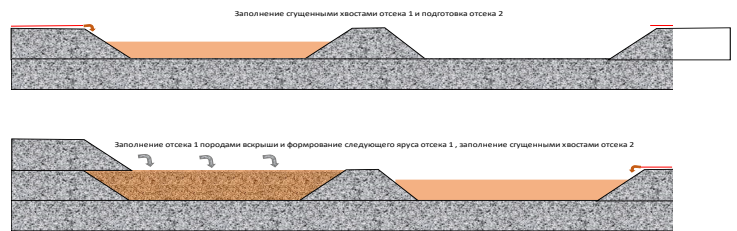
Вариант предполагает возможность подачи в одну точку пород вскрыши и сгущенных хвостов. Это позволит обеспечить устойчивое перемешивание материалов с формированием плотных отложений.

Вариант формирования отвала с покартовым заполнением.

Вариант возможен при подаче пород на складирование конвейерным или автомобильным транспортом.

Из пород вскрыши формируются карты. В карты подаются сгущенные хвосты с заполнением по высоте на 1/3 (уточняется при тестировании). Подача сгущенных хвостов переключается на карту 2. Далее в карту производится подача пород вскрыши в карту 1. При заполнении хвосты проникают в поры пород вскрыши. После полного заполнения карты до уплотняемого состояния производится формирование следующего яруса.

Эскизы складирования приведены ниже.



По выполненным предварительным расчетам дренажа из склада хвостов не ожидается. Соотношение объема образованных пород вскрыши и объема образованных хвостов обеспечивают предлагаемую технологию складирования. При этом:

- ❖ Подача хвостов для совместного складирования с породами не приведет к принципиальным изменениям параметров отвала и технологии формирования отвала.
- ❖ Отпадет необходимость строительства хвостохранилища с инфраструктурой.

Выводы:

- Предлагаемая технология позволяет сократить площади, отчуждаемые на складирование отходов.
- Предлагаемая технология обеспечивает устойчивое формирование единого отвала пород вскрыши и хвостов.
- Предлагаемая технология позволяет отказаться от строительства и дальнейшей эксплуатации хвосто-

хранилища. Снижение капитальных и эксплуатационных расходов.

- Предлагаемая технология позволяет принципиально сократить пылящие площади.

Безусловно, при проработке технологии совместного складирования должны учитываться климатические условия региона.

5. Укрупненное сравнение вариантов складирования хвостов

	Традиционное складирование X	Складирование СгХ	Совместное складирование ПВ и СгХ
Требуемая площадь хвостохранилища при годовом подъеме 1,5 м/год	24 млн. м ²	22 млн. м ²	0 млн. м ²
Требуемая площадь отвала пород вскрыши при высоте яруса 30 м	9-12 млн. м ²	9-12 млн. м ²	10-14 млн. м ²
Потребность в воде из внешних источников	35 млн. м ³	23 млн. м ³	26 млн. м ³
	3,7 тыс. м ³ /час	2,7 тыс. м ³ /час	3,0 тыс. м ³ /час

6. Последовательность выполнения работ

Учитывая, что породы вскрыши и хвосты обогащения каждого месторождения имеют свои особенности по минералогическому и гранулометрическому составу, необходим индивидуальный подход к проработке возможного совместного складирования хвостов и пород вскрыши.

Если предлагаемая технология представляет для Вас интерес, предлагаем следующую последовательность выполнения работ.

Этап 1. Тестирование, сбор исходных данных.

Цель:

- Получение показателей, необходимых для расчета участка сгущения, расходу флокулянта, гидротранспорту хвостов.

- Моделирование процесса совместного складирования пород вскрыши и сгущенных хвостов при различных коэффициентах вскрыши.

Результат:

Отчет с расчетом технологических схем сгущения, гидротранспорта сгущенных хвостов и совместного складирования. Расчет технологического оборудования. Укрупненный расчет капитальных и эксплуатационных затрат.

Этап 2. Полупромышленные испытания (считаем целесообразным с учетом масштабности проекта). Отработка технологии совместного складирования.

Результат:

Получение уточненных данных для выполнения Проекта.

Этап 3. Проектирование, внедрение технологии.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Смешивание пустой породы и хвостов для улучшения характеристик «сухого штабеля»: проектирование и оценка смесей. Ральф Берден, Г. Уорд Уилсон.



Флотационная машина REFLUX™

Быстрая флотация

Лучшее качество продукта

Флотомашина REFLUX™ (RFC) кардинально меняет кривую производительности, обеспечивая более быструю флотацию, отличное извлечение и лучшее качество продукта — и все это при компактных размерах.

Работая с более низким энергопотреблением, при этом с производительностью, намного превышающей возможности флотомашин с открытым типом камер, флотомашина RFC эффективно извлекает полезный продукт с различным фракционным составом, сохраняя при этом превосходное качество продукции.

Ключевые преимущества

- Пропускная способность до 10 раз выше
- Повышенное содержание и извлечение
- Снижение энергопотребления до 60%
- Меньшая занимаемая площадь

→ Узнайте больше
flsmidth.eco/3Spl0QH



КУЗБАССКАЯ САГА «НОВЫЕ ВРЕМЕНА – НОВЫЕ ГЕРОИ»

6 июня 2024 года в рамках XXXII Международной специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» в ВК «Кузбасская ярмарка» Новокузнецка впервые прошла интерактивная сессия «Новые времена – Новые герои». Организатором мероприятия выступило агентство по работе с маркетинговым нигилизмом «Маркетинг от Тимченко».

Представители горнорудной промышленности и смежных областей, дистрибьюторы и производители, эксперты из ведущих университетов познакомили участников с новыми игроками отрасли, представили продукты и разработки, предложили решения актуальных вопросов индустрии.

Событие стало одной из премьер новой Южной площадки выставки. На торжественной церемонии открытия выступили генеральный директор и основатель выставочной компании «Кузбасская ярмарка» Владимир Табачников, представитель генерального партнера мероприятия Группы ПИР («Партнерство, Инвестиции, Развитие») – руководитель направления импортной спецтехники и ВЭД Группы ПИР Андрей Черепанов и Светлана Тимченко – генеральный директор агентства «Маркетинг от Тимченко».

Интерактивная сессия включила 4 тематических блока. В первом блоке «От геологоразведки до ГОКа» официальный дистрибьютор тяжелой карьерной техники SANY Heavy Equipment – Группа ПИР («Партнерство, Инвестиции, Развитие») представила участникам линейку крупнотоннажной техники SANY во главе с новинкой – карьерным самосвалом SANY SET240S грузоподъемностью до 220 тонн. Также был представлен комплексный подход к решению задач клиентов на всех этапах – от покупки и поставки до эксплуатации и технического обслуживания карьерной спецтехники. Отдельное внимание было уделено новому подразделению «ПИР-Логистик», которое предлагает транспортировку машин и запчастей SANY по всей России.

Стратегический партнер сессии – ведущий дилер горнодобывающего и горно-перерабатывающего оборудования «Инстройтехком» (ИСТК) представил возможности 14-тонной погрузочно-доставочной машины WJ6 завода SITON и дизельной самоходной буровой установки КАМАСН KY-250D. Кроме этого, на сессии презентовали расширенное предложение специализированного сервисно-производственного центра ИСТК в Кемерово. В обновленном центре площадью 14 000 квадратных метров проводится капитальный ремонт горно-шахтного оборудования различных брендов.

Технологический эксперт российского рынка в области буровзрывных работ и эволюционный партнер мероприятия – Группа ЭВОБЛАСТ предложила горнодобывающей отрасли решения сразу в нескольких тематических блоках. Сначала были продемонстрированы возможности электронных детонаторов для снижения экологической нагрузки от взрывных работ. Также участникам рассказа-



ли о курсе повышения квалификации специалистов «Безопасное и эффективное ведение взрывных работ» от нового подразделения ЭВОБЛАСТ Инжиниринг.

Логистический партнер и одна из крупнейших транспортных компаний GEFSCO Россия представила решения транспортировки грузов для предприятий горнодобывающей отрасли, включая доставку техники непосредственно до месторождений в удаленные уголки страны. Представитель старейшего российского производителя промышленных взрывчатых веществ «Промсинтез» рассказал о деятельности и продуктах предприятия. Также на сессии состоялась премьера новейшей разработки – эмульсионного взрывчатого вещества Эмулит.

Блок «По пути цифровой трансформации» прошел при поддержке форума по развитию горнодобывающей и геолого-поисковой отраслей «МАЙНЕКС Россия». Он начался с выступления ГК АДЕМ – разработчика программного обеспечения для технологической подготовки производства. Были представлены инженерные решения для тяжелого машиностроения и основные процессы проектирования и производства.

Эксперт компании GEOSUPPORT рассказал о возможностях геотехнического мониторинга с помощью интерферометрических радаров, которые могут фиксировать деформацию в зоне проведения горных работ. Разработчики сервиса Benzamat® представили цифровые инновации в сфере контроля и учета топлива. А технологию по применению искусственного интеллекта и компьютерного зрения на транспорте презентовала компания SKAI.

В секции «Безопасность. Охрана труда и окружающей среды» свои решения продемонстрировал научный центр ВостНИИ – единственный отраслевой институт со 100% государственным участием, который обеспечивает комплексное научное, техническое и информационное сопровождение горной отрасли. Выступление было посвящено проблемам экологии и мерам борьбы с загрязнением воздуха, подземных, поверхностных вод и деградацией почвы при угледобыче. Проблема может быть решена путем внедрения безотходных и малоотходных технологий.

Новые времена – новые герои

Четвертый блок «Кадры решают все!» прошел при стратегическом партнерстве НИТУ МИСиС.

Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ) представил образовательную программу подготовки инженеров. При разработке своих программ университет опирается на технологические и социальные запросы предприятий отрасли.

Одна из крупнейших угольно-энергетических компаний – СУЭК-Кузбасс презентовала хорошо зарекомендовавшие себя практики адаптации и удержания кадров на предприятиях. В основе корпоративных программ – понимание запросов сотрудника, его уровень удовлетворенности работой и вовлеченности в деятельность организации. В свою очередь, Группа ЭВОБЛАСТ представила корпоративную программу «Молодой специалист» по привлечению перспективных кадров и популяризации горного дела. Она дает сотруднику возможность карьерного роста и развития внутри компании.

Завершил деловую программу сессии тематический брид «Надежная профессия – успех на всю жизнь». Сотрудники горнодобывающих предприятий – с многолетним опытом и молодые специалисты – поделились личными секретами успеха на пути к профессии.

Ярким финалом интерактивной сессии стало торжественное награждение всех участников – настоящих Героев нового времени.

«Год назад мы предложили промышленной отрасли наш авторский проект «Новые времена – Новые герои». Его основной миссией является предоставление россий-



скому потребителю практического инструмента – навигационной карты компаний, которые берут на себя ответственность, предлагают лучшую технику и комплексный подход к решению задач заказчика. Они не боятся глобальных перемен, не словом, а делом стремятся внести свой вклад в развитие российской промышленности.

В таком масштабном формате интерактивной сессии «Новые времена – Новые герои» прошли впервые. И мы гордимся, что мероприятие состоялось на самой главной отраслевой площадке – в рамках выставки «Уголь России и Майнинг». Я могу смело сказать, что встреча состоялась!» – заявила Светлана Тимченко, генеральный директор агентства «Маркетинг от Тимченко».



Код МРНТИ 52.13.21

*С.А. Сагидуллаев

Главный эксперт управления горно-металлургической промышленности
Комитета промышленной безопасности МЧС РК (г. Астана, Казахстан)

УПРАВЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ ПРИ ВЗРЫВАНИИ ПОРОД РАЗЛИЧНОЙ КРЕПОСТИ И ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы выбора наиболее эффективного способа управления взрывом для качественного дробления пород различной крепости и трещиноватости. Установлено, что потенциальная энергия зарядов ВВ при взрыве может расходоваться на бесполезное переизмельчение пород в ближайшей к заряду зоне. Поэтому основным условием качественного дробления пород становится выбор такого способа взрывания, который позволяет управлять физико-механическими воздействиями взрыва. Необходимо перераспределить основную часть энергии взрыва на дробление пород, находящихся за зоной, окружающих заряд. Разработан и испытан способ качественного дробления пород путем управления физико-механическими воздействиями взрыва. Взрывом управляют с помощью очередности инициирования зарядов и временных промежутков между взрывами, которые устанавливают с помощью замедлений в системе коммутации взрывной сети.

Ключевые слова: управление взрывом, физико-механические воздействия, качественное дробление, направление энергии взрыва, очередность инициирования, временные промежутки, соударение, волны напряжений, соседние заряды.

Әртүрлі күштер мен жарықтар жыныстарының жарылуы кезіндегі физикалық-механикалық әсерлерді басқару

Андатпа. Мақалада әртүрлі беріктік пен жарықшақты жыныстарды сапалы ұсақтау үшін жарылысты басқарудың ең тиімді әдісін таңдау мәселелері қарастырылады. Жарылыстағы ЖЗ зарядтарының потенциалдық энергиясы зарядқа жақын аймақта тау жыныстарын пайдасыз қайта ұнтақтауға жұмсалуды мүмкін екендігі анықталды. Сондықтан тау жыныстарын сапалы ұсақтаудың негізгі шарты жарылыстың физикалық-механикалық әсерін басқаруға мүмкіндік беретін жарылыс әдісін таңдау болып табылады. Жарылыс энергиясының негізгі бөлігін зарядты қоршап тұрған аймақтан тыс жыныстарды бөлшектеуге қайта бөлу қажет. Жарылыс зарядтардың басталу кезектілігі және жарылыстар арасындағы уақыт аралықтары арқылы басқарылады, олар жарылыс желісінің коммутация жүйесінде баяулау арқылы орнатылады. Жарылыстың физикалық-механикалық әсерін басқару арқылы тау жыныстарын сапалы ұсақтау әдісі жасалды және сыналды.

Түйінді сөздер: жарылысты басқару, физика-механикалық әсерлер, сапалы ұсақтау, жарылыс энергиясының бағыттау, инициация кезегі, уақыт аралықтары, соқтығысу, кернеу толқындары, көрші зарядтар.

Control of the physical and mechanical influences in blasting operations of the rocks with various strength and fracturing

Abstract. The article considers the issues of the most effective method to control the blast with purpose of the high-quality crushing the rocks of various strength and fracturing. The potential energy may be uselessly expended for the excessively crushing of the rocks near charge zone is established. So the choice of the effective method to control the physical and mechanical influences for high-quality crushing of the rocks is required. It is necessary to direct the most part of energy to crush the rocks founded out of the charge zone. The control of the blast is realized with the help of sequence of the initiation of charges and time intervals between blasts. A method of high-quality crushing of rocks by controlling the physical and mechanical effects of an explosion has been developed and tested.

Key words: control of the blast, physical and mechanical influences, high-quality crushing, direction of the blast energy, arrangement of the initiation, the time intervals, co-strike, strain waves, neighboring charges.

Введение

Известно, что потенциальная энергия заряда ВВ при взрыве в горных породах делится на две основные части – на энергию, перешедшую в ударные волны, и энергию, оставшуюся в продуктах детонации [1, 2]. Разрушение горных пород есть следствие совместного воздействия обеих частей энергии заряда.

В энергию ударных волн при взрыве в скальных породах переходят от 40 до 60% потенциальной энергии ВВ [3, 4]. При неправильно выбранном способе взрывания, не позволяющем управлять процессами распределения этой энергии, значительная ее часть тратится на неблагоприятные виды физико-механических воздействий. Она может расходоваться на необратимые потери в ближайшей к заряду зоне. Результатом этого обычно становится бесполезное переизмельчение твердой среды вокруг зарядов. При этом гораздо меньшая часть энергии, перешедшей в ударные волны, может пойти на дробление горных пород, находящихся на некотором удалении от зарядов, т.е. на работу, которая при взрыве является полезной. Поэтому основным условием, способствующим качественному дроблению массива, становится выбор такого способа взрывания, который бы позволял управлять энергией, перераспределяя основную ее часть на выполнение полез-

ной работы, т.е. на дробление горной породы, находящейся за зоной, окружающей заряд [5, 6].

Методы управления взрывом

Для управления взрывами на горных предприятиях широко применяют способы взрывания, в которых очередность инициирования зарядов и временные промежутки между взрывами устанавливают с помощью замедлений из капсулей-детонаторов неэлектрической системы инициирования или из пиротехнических реле в сочетании с детонирующими шнурами [7].

При короткозамедленном взрывании происходит взаимодействие взрывов зарядов со смежными сериями замедлений. Эффективность разрушения массива при этом определяется следующими факторами: взаимодействием волн напряжений от соседних зарядов; развитием плоскостей обнажения в процессе взрывания; направлением и скоростью разлета и соударения кусков породы от взрыва соседних зарядов. Все факторы являются зависимыми и в совокупности определяют качество дробления породы при взрывном разрушении массива.

При управлении взрывами в крепких породах применяют малые интервалы замедлений, способствующие наложению и усилению волн напряжений в упругой среде.

В породах средней крепости используют средние интервалы замедлений, позволяющие развить поверхности обнажения в процессе взрывания. В слабых породах предпочтение отдается большим интервалам замедлений, способствующим разлету и соударению кусков породы [8, 9].

В одном из способов многорядного короткозамедленного взрывания, включающем взрывание скважинных зарядов внутри блока, одну часть зарядов внутри блока взрывают до закрытия макротрещин, образуемых взрывами оконтуривающих зарядов, а другую часть зарядов внутри блока взрывают за время существования макротрещин в закрытом состоянии. Способ применяется для взрывания трещиноватых пород и заключается в опережающем взрывании контурных скважин, при котором происходит смыкание (схлопывание) трещин оконтуренного массива с последующим взрыванием скважин внутри блока. Схлопывание трещин превращает блок в монолит, что благоприятствует интенсивному прохождению волн напряжений через массив, активизирует трещинообразование, проникновение продуктов детонации в макротрещины, сдвигание призм выброса в сторону поверхностей обнажения, дробление кусков породы при разлете за счет соударения. Способ реализуется по принципу «одно замедление – один ряд скважин».

Недостатком способа является пиковое нагружение массива волнами напряжений и продуктами детонации, большой разброс горной массы в развале и, как следствие, узкая область применения. Способ не применим в слаботрещиноватых породах, оказывает вредное сейсмическое воздействие на окружающие объекты, затрудняет экскавацию горной массы.

К более универсальным относится клинообразный способ взрывания с центральным расположением ряда начала детонации. Способ реализуется коммутацией замедлений на поверхности массива по схеме «елочка». При этом по центральному ряду вначале образуется клинообразная выемка, которая затем клинообразно расширяется и продвигается вглубь массива. Особенностью способа является взрывание скважин на поверхность обнажения, образуемую клинообразной выемкой, с поочередным инициированием скважин в направлении от основания клина к его острию, при этом скважина центрального ряда начала детонации взрывается последней. Способ реализуется по принципу «одно замедление – одна скважина» и позволяет рассредоточить нагружение массива волнами напряжений и продуктами детонации и, таким образом, уменьшить сейсмичку до безопасного уровня. Благодаря клинообразной поверхности обнажения формируется компактная форма развала, облегчающая экскавацию горной массы.

Недостатком данного способа является плохая управляемость взрывом и вследствие этого недостаточная проработка массива всеми видами физико-механических воздействий, обеспечивающих хорошее качество дробления горных пород. В результате после взрыва наблюдается большой выход некондиционной фракции в виде негабаритов, затрудняющих экскавацию горной массы, повышающих затраты на вторичное дробление.

Образование клинообразной выемки начинается со взрывания скважин на одну поверхность обнажения, ко-

торая, углубляясь внутрь массива, сужается по фронту, ограничивая действие волн напряжений, отраженных от поверхности обнажения. Это сужает действие прямых и отраженных волн напряжений от соседних зарядов, снижает интенсивность их взаимодействия, препятствует проявлению интерференции, которая могла бы усилить действие создаваемых ударными и отраженными волнами сжимающих и растягивающих нагрузок. Это не позволяет ослабить массив, создать в нем условия для трещинообразования, проникновения газообразных продуктов детонации в радиальные макротрещины и разрушения массива давлением газов.

Под действием взрыва, производимого данным способом взрывания, происходит переизмельчение породы вблизи заряда и откалывание призмы выброса от массива с недостаточным ее разрушением для последующего более качественного дробления кусков породы в процессе их разлета и соударения.

Другим недостатком этого способа является то, что направления разлета кусков породы пересекаются под острыми углами, что препятствует их качественному дроблению. Известно, что дробление становится эффективным при встречном взрывании или углах пересечения потоков, близких к 90° . Данный же способ взрывания не позволяет направить призмы выброса соседних зарядов навстречу друг другу или под углами, близкими к 90° .

Результатом применения данного способа становится плохое качество дробления пород, неравномерный их гранулометрический состав, наличие в развале переизмельченной горной массы и некондиционной фракции в виде негабаритов, затрудняющих экскавацию, повышающих затраты на вторичное дробление. После изучения взаимосвязи между системой и технологией разработки полезных ископаемых [10] удалось создать способ взрывания, повышающий качество дробления горных пород взрывом за счет улучшения управления разрушающими физико-механическими воздействиями, комплексного их использования и направления на максимальное достижение результата при взрывании пород любой крепости и трещиноватости.

Улучшение качества дробления горных пород взрывом достигается тем, что в способе взрывания с центральным расположением ряда начала детонации вначале последовательно одну за другой взрывают две крайние скважины центрального ряда. Затем взрывают две боковые соседние скважины, расположенные по разные стороны от него, образуя клиновой вруб, на который потом поэтапно взрывают соседние скважины, на каждом этапе сохраняя форму клина, причем скважину, образующую острие клина, взрывают с опережением.

Способ поясняется чертежами, где на рис. 1 представлена схема короткозамедленного взрывания с очередностью инициирования зарядов, позволяющей эффективно управлять взрывом, перераспределяя энергию на все виды физико-механических воздействий, обеспечивающих качественное дробление пород. Очередность инициирования скважинных зарядов указана цифрами 1-14.

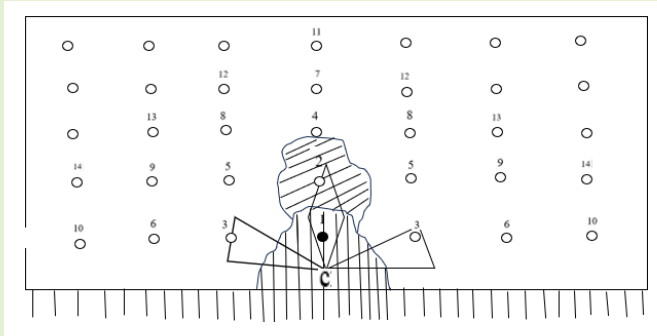






Рис. 1. Схема короткозамедленного взрывания с заданной очередностью инициирования зарядов.

Сурет 1. Зарядтарды бастаудың берілген кезектілігі бар қысқа мерзімді жарылыс схемасы.

Figure 1. A short-range detonation scheme with a given sequence of charge initiation.

Обозначение

-  *Направление движения отбитой горной массы после взрыва скважины 2.*
-  *Направление движения горной массы после взрыва скважин 3.*
-  *Объем горной массы, отбиваемый скважиной 2, развивающий плоскости обнажения.*
-  *Плоскости обнажения после взрыва скважины 1.*

1, 2, 3 и т.д. – номера скважин и порядок их инициирования.

Вначале последовательно друг за другом взрывают две крайние скважины центрального ряда начала детонации. Скважину 1 взрывают без замедления, а скважину 2 взрывают со штатным замедлением. Затем со следующим интервалом замедления взрывают боковые скважины 3. Таким образом, после взрыва скважины 2 массив приводится в напряженное состояние, облегчающее действие зарядов второй очереди – скважин 3, образующих клиновой вруб с двумя дополнительными плоскостями обнажения. При этом возникает сложная картина наложения друг на друга волн напряжений, усиленных интерференцией, массив ослабляется. В нем появляются радиальные трещины, в которые проникают газообразные продукты взрыва. Под действием давления газов массив разрушается.

В дальнейшем процесс дробления кусков породы происходит за счет соударения их между собой в точке С. Поскольку кускам породы от взрыва скважины 2 приходится преодолевать большее расстояние до точки С, чем кускам от взрыва скважин 3, скважина 2 взрывается с опережением. Это позволяет потокам от взрыва всех трех скважин пересечься в одной точке. Причем потоки кусков от взрыва скважин 3 пересекаются под углом, близким к 180°. Происходит практически лобовое столкновение направленных навстречу друг другу потоков кусков породы, что способствует интенсивному их дроблению и укладке взорванной и раздробленной горной массы в компактный развал.

В результате первого этапа после взрыва четырех скважин образуется клиновой вруб с двумя направленными под углом друг к другу поверхностями обнажения, на которые взрываются соседние скважины, начиная со скважины 4, образующей острие клина. При этом по максимуму проявляются все виды физико-механических воздействий. Далее, после взрыва скважин 4-14, дробление за счет соударения уменьшается. В то же время сопротивление массива взрывному разрушению ослабляется уже за счет интенсивного развития плоскостей обнажения, увеличения интенсивности отраженных волн напряжений и взаимодействия их с ударными волнами от соседних зарядов. Это ускоряет трещинообразование массива, проникновение в макротрещины продуктов детонации, способствующих окончательному разрушению массива и разлету кусков породы.

Промышленные испытания способа проводились при взрывании пород различной крепости и трещиноватости. В слабых и трещиноватых породах с коэффициентом крепости $f = 8 - 12$ по шкале Протождяконова способ испытывали с большими интервалами замедлений в 42 и 65 мс. Это позволило несколько уменьшить интенсивность взаимодействия волн напряжений в массиве, но увеличить скорость разлета кусков породы. Большие интервалы замедлений в сочетании с предлагаемой последовательностью взрывания скважин позволили усилить эффект дробления слабых и сильно трещиноватых пород, обеспечив свободный разлет разрушенных до мелких фрагментов призм выброса с высокой скоростью в направлениях, наиболее благоприятных для дробления горной массы за счет использования кинетической энергии.

В породах средней крепости с $f = 12 - 16$ способ применяли с интервалами замедлений в 33 и 42 мс.

При этом эффект взаимодействия волн напряжений значительно усилился за счет резкого уменьшения интервала замедления между взрывами скважины 2 и скважин 3 до 9 мс. Доминирующим фактором при этом стала предлагаемая очередность взрывания, обеспечивающая интенсивное развитие плоскостей обнажения, способствующих усилению действия отраженных волн напряжений. Создаваемые прямыми и отраженными волнами сжимающие и растягивающие нагрузки ослабили массив, способствовали активному трещинообразованию и дроблению породы давлением газов.

В крепких породах с $f = 16 - 20$ применяли замедления в 25 и 33 мс, благодаря чему интервал между взрывами скважин 2 и 3 был уменьшен до 8 мс.

В результате реализации данного способа взрывания в крепких породах наибольшее количество энергии было направлено на увеличение напряженного состояния, создание интерференции волн напряжений и ослабление прочности массива. Последующее развитие плоскостей обнажения и рациональное направление разлета кусков породы позволили завершить разрушение массива и получить нужный гранулометрический состав горной массы в развале.

Результаты промышленных испытаний данного способа взрывания пород разной крепости и трещиноватости представлены в таблице 1. Гранулометрический состав

Таблица 1

Результаты испытаний способа взрывания в породах разной крепости и трещиноватости

Кесте 1

Әртүрлі бекіністер мен жарықтар жыныстарындағы жарылыс әдісін сынау нәтижелері

Table 1

Test results of the blasting method in rocks of different strength and fracturing

Показатели взрывания	Карьеры и способы взрывания					
	Мынарал		Оркен-Атансор		Кентобе	
	Штатный	Испытываемый	Штатный	Испытываемый	Штатный	Испытываемый
Крепость пород по шкале Протодяконова	8-12	8-12	12-16	12-16	16-20	16-20
Категория трещиноватости по классификации Межведомственного Совета	I-II	I-II	II-III	II-III	IV-V	IV-V
Диаметр скважин, мм	86	86	156	156	250	250
Глубина скважин, м	11-14	11-14	11-12	11-12	11,5	11,5
Сетка бурения, м ²	3x3	3x3	5x5	5x5	6x5	6x5
Объем взорванного блока, м ³	95500	72470	111430	80570	75980	83540
Количество израсходованных ВВ, кг	85000	64500	78000	56400	62300	68500
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,89	0,89	0,70	0,70	0,82	0,82
Предельный размер куска, мм	800	800	800	800	800	800
Выход негабарита, %	8,0	6,4	5,0	3,2	5,0	4,3

Таблица 2

Оценка качества дробления

Кесте 2

Ұсақтау сапасын бағалау

Table 2

Evaluation of crushing quality

Наименование карьеров	Показатели кусковатости и содержание фракций в развале, %				
	-200мм	-400мм	-600мм	-800мм	+800мм
Мынарал	8,2	30,2	29,7	25,5	6,4
Оркен-Атансор	6,4	26,1	34,6	29,7	3,2
Кентобе	5,3	24,5	38,1	27,8	4,3

взорванной данным способом породы на разных карьерах характеризовался равномерной кусковатостью без переизмельчения. Крупность кусков увеличивалась в направлении от центра к периферии массива. Кусковатость определялась фотометрическим способом и оценивалась по содержанию пяти фракций в развале: -200, -400, -600, -800 и +800 мм (таблица 2).

Как видно из таблиц 1 и 2, применение предлагаемого способа взрывания позволяет повысить качество дробления пород любой крепости и трещиноватости с 5-8% некондиционности до 3,2-6,4%.

Таким образом, предлагаемый способ взрывания позволил улучшить управление взрывом за счет целенаправ-

ленного распределения взрывной энергии на все виды физико-механических воздействий, обеспечивающих качественное дробление горных пород любой крепости и трещиноватости.

Заключение

В отличие от многорядного способа взрывания предлагаемый способ позволяет исключить пиковое нагружение массива волнами напряжений, перенаправить основную часть энергии на дробление пород, находящихся на удалении от зарядов. А опережающее взрывание двух крайних скважин центрального ряда начала детонации позволяет привести массив в напряженное состояние и образовать

клиновой вруб с двумя дополнительными плоскостями обнажения, направив физико-механические воздействия взрыва на интенсивное соударение кусков породы и дробление. В дальнейшем сопротивление массива взрывному разрушению ослабляется за счет развития плоскостей обнажения, увеличения интенсивности отраженных от них волн напряжений и взаимодействия их с ударными волнами от соседних зарядов. Это способствует дроблению пород, находящихся на удалении от зарядов. Данный спо-

соб взрывания позволил улучшать управление взрывом за счет целенаправленного распределения взрывной энергии на все виды физико-механических воздействий, обеспечивающих качественное дробление горных пород любой крепости и трещиноватости. Это позволяет улучшить гранулометрический состав горной массы в развале, уменьшить переизмельчение, снизить выход некондиционной фракции в виде негабаритов, улучшить процесс экскавации, снизить затраты на вторичное дробление.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козырев С.А. Оценка взаимодействия скважинных зарядов при различных интервалах замедлений между ними. / С.А. Козырев, В.Н. Камянский, И.А. Аленичев. // Взрывное дело. 2017. №117/74. С. 60-75 (на русском языке)
2. Камянский В.Н. Оценка влияния сейсмозрывных нагрузок в ближней зоне взрыва. // ГИАБ. 2017. №23. С. 316-325 (на русском языке)
3. Козырев С., Аленичев И., Каменский В. Особенности разрушения внеконтурного массива горных пород, связанного с подрывом системы скважинных зарядов. // Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM, 2017. T17. №13. – С. 653-659 (на английском языке)
4. Волков М.А. Изучение физико-механических свойств горных пород на разных этапах разрушения. / М.А. Волков, Д.В. Соловьев, Л.А. Белина, А.Г. Пимонов. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. С. 16-19 (на русском языке)
5. Калюжный Е.С. Определение физико-механических свойств горных пород Сарбайского карьера. / Е.С. Калюжный, В.А. Асанов, С.А. Съедина, Н.Д. Рахимов. // Горный журнал Казахстана. 2018. №9. С. 26-29 (на русском языке)
6. Кабве Е. Измерение скорости детонации и анализ дробления для оценки эффективности взрывных работ. // Журнал механики горных пород и геотехники. 2018. №10 (3). С. 523-533 (на английском языке)
7. Жариков С.Н., Кутуев В.А. О закономерностях протекания детонации взрывчатых веществ. // Взрывное дело. 2022. №135/92. С. 115-131 (на русском языке)
8. Силва Дж. Анализ надежности проведения взрывных работ в зависимости от типа и времени замедления. / Силва Дж., Ли Л., Джернанд Джерери М. // Международный журнал горных наук и технологий. 2018. Т. 28. №2. С. 195-204 (на английском языке)
9. Казаков Н.Н., Викторов С.Д., Шляпин А.В., Лапиков И.Н. Дробление горных пород взрывом в карьерах. // Научное издание. 2020. С. 400-404 (на русском языке)
10. Ракишев Б.Р. Взаимосвязь между системой и технологией открытой разработки полезных ископаемых. // Горный журнал Казахстана. 2017. №1. С.20-27 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Козырев С.А. Ұңғымалардың өзара әрекеттесуін бағалау заряд олардың арасындағы әр түрлі баяулау аралықтарында. / С.А. Козырев, В.Н. Камянский, И.А. Аленичев. // Жарылыс іс. 2017. №117/74. Б. 60-75 (орыс тілінде)
2. Камянский В.Н. Жақын жарылыс аймағында сейсмикалық жарылыс жүктемелерінің әсерін бағалау. // Тау-кен ақпараттық аналитикалық бюллетень. 2017. №23. Б. 316-325 (орыс тілінде)
3. Козырев С., Аленичев И., Каменский В. Ұңғымалық зарядтау жүйесінің бұзылуымен байланысты тау жыныстарының контурдан тыс массивінің жойылу ерекшеліктері. // SGEM Халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференциясы, 2017. T17. №13. – Б. 653-659 (ағылшын тілінде)
4. Волков М.А. Жоюдың әртүрлі кезеңдеріндегі тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу. / М.А. Волков, Д.В. Соловьев, Л.А. Белина, А.Г. Пимонов. // Кузбасс мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. 2017. Б. 16-19 (орыс тілінде)
5. Калюжный Е.С. Сарбай карьерінің тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттерін анықтау. / Е.С. Калюжный, В.А. Асанов, С.А. Съедина, Н.Д. Рахимов. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2018. №9. Б. 26-29 (орыс тілінде)
6. Кабве Е. Жарылыс жұмыстарының тиімділігін бағалау үшін детонация жылдамдығын өлшеу және ұсақтауды талдау. // Тау жыныстары механикасы және геотехника журналы. 2018. №10 (3). Б. 523-533 (ағылшын тілінде)
7. Жариков С.Н. Жарылғыш заттардың детонациясының заңдылықтары. / С.Н. Жариков, В.А. Кутуев. // Жарылыс іс. 2022. №135/92. Б. 115-131 (орыс тілінде)

8. Сильва Дж. Баяулау түрі мен уақытына байланысты жарылыс жұмыстарының сенімділігін талдау. / Сильва Дж., Ли Л., Джернанд Джереми М. // Халықаралық тау-кен ғылымдары және технологиялар журналы. 2018. Т. 28. №2. Б. 195-204 (ағылшын тілінде)
9. Казаков Н.Н., Викторов С.Д., Шляпин А.В., Лапиков И.Н. Карьерлердегі жарылыспен тау жыныстарын ұсақтау. // Ғылыми басылым. 2020. Б. 400-404 (орыс тілінде)
10. Ракишев Б.Р. Пайдалы қазбаларды ашық игеру жүйесі мен технологиясы арасындағы байланыс. // Қазақстан тау-кен журналы. 2017. №1. Б.20-27 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Kozyrev S.A. Otsenka vzaimodeistviya skvazhinnykh zaryadov pri razlichnykh intervalakh zamedlenii mezhdu nimi. / S.A. Kozyrev, V.N. Kamyanskii, I.A. Alenichev. // Vzryvnoe delo. 2017. №117/74. S. 60-75 [Kozyrev S.A. Evaluation of the interaction of borehole charges at various intervals of deceleration between them. / Kozyrev S.A., Kamyansky V.N., Alenichev I.A. // Explosive business. 2017. №117/74. P. 60-75] (in Russian)
2. Kamyanskii V.N. Otsenka vliyaniya seismovzryvnykh nagruzok v blizhnei zone vzryva. // GIAB. 2017. №23. S. 316-325 [Kamyansky V.N. Assessment of the impact of seismic and explosive loads in the near explosion zone. // MIAB. 2017. №23. P. 316-325] (in Russian)
3. Kozyrev S., Alenichev I., Kamensky V. Features of the destruction of an out-of-contour rock mass associated with the undermining of the borehole charge system. // International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM, 2017. Vol. 17. №13. – P. 653-659 (in English)
4. Volkov M.A. Izuchenie fiziko-mekhanicheskikh svoystv gornyykh porod na raznykh etapakh razrusheniya. / M.A. Volkov, D.V. Solov'ev, L.A. Belina, A.G. Pimonov. // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017. S. 16-19 [Volkov M.A. Study of the physical and mechanical properties of rocks at different stages of destruction. / M.A. Volkov, D.V. Solovyov, L.A. Belina, A.G. Pimonov. // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2017. P. 16-19] (in Russian)
5. Kalyuzhnyi E.S. Opredelenie fiziko-mekhanicheskikh svoystv gornyykh porod Sarbaiskogo kar'era. / E.S. Kalyuzhnyi, V.A. Asanov, S.A. S'edina, N.D. Rakhimov. // Gornyy zhurnal Kazakhstana. 2018. №9. S. 26-29 [Kalyuzhny E.S. Determination of the physico-mechanical properties of rocks of the Sarbai quarry. / E.S. Kalyuzhny, V.A. Asanov, S.A. S'edina, N.D. Rakhimov. // Mining Journal of Kazakhstan. 2018. №9. P. 26-29] (in Russian)
6. Kabve E. Measurement of detonation velocity and crushing analysis to assess the effectiveness of blasting operations. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnics. 2018. №10 (3). P. 523-533 (in English)
7. Zharikov S.N., Kutuev V.A. O zakonomernostyakh protekaniya detonatsii vzryvchatykh veshchestv. // Vzryvnoe delo. 2022. №135/92. S. 115-131 [Zharikov S.N., Kutuev V.A. On the patterns of detonation of explosives. // Explosive business. 2022. №135/92. P. 115-131] (in Russian)
8. Silva J. Analysis of the reliability of blasting operations depending on the type and time of deceleration. / Silva J., Lee L., Jernand Jeremy M. // International Journal of Mining Sciences and Technologies. 2018. Vol. 28. №2. P. 195-204 (in English)
9. Kazakov N.N., Viktorov S.D., Shlyapin A.V., Lapikov I.N. Droblenie gornyykh porod vzryvom v kar'erakh. // Nauchnoe izdanie. 2020. S. 400-404 [Kazakov N.N. Crushing of rocks by explosion in quarries. / N.N. Kazakov, S.D. Viktorov, A.V. Shlyapin, I.N. Lapikov. // Scientific publication. 2020. P. 400-404] (in Russian)
10. Rakishev B.R. Vzaimosvyaz' mezhdu sistemoi i tekhnologiei otkrytoi razrabotki poleznykh iskopaemykh. // Gornyy zhurnal Kazakhstana. 2017. №1. S.20-27 [Rakishev B.R. The relationship between the system and the technology of open-pit mining. Mining journal of Kazakhstan. 2017. №1. P. 20-27] (in Russian)

Сведения об авторах:

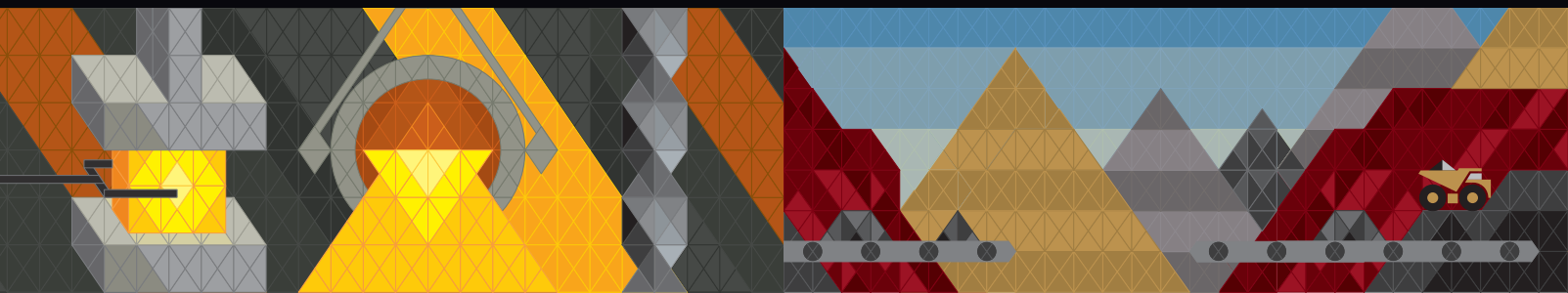
Сагидуллаев С.А., Главный эксперт управления горно-металлургической промышленности Комитета промышленной безопасности МЧС РК (г. Астана, Казахстан), sagidullaev.a@emer.kz; <https://orcid.org/0009-0005-4585-0687>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сагидуллаев С.А., ҚР ТЖМ өнеркәсіптік қауіпсіздік комитеті тау-кен металлургия өнеркәсібі басқармасының бас сарапшысы (Астана қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Sagidullaev S., Chief Expert of the Department of Mining and Metallurgical Industry of the Committee for Industrial Safety of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan (Astana, Kazakhstan)



Металлургия. Металлообработка

24–27 сентября 2024
Пермь

16-я выставка современных технологий, оборудования, материалов для машиностроения, металлообрабатывающей промышленности, сварочного, подготовительного и литейного производства

крупнейший специализированный
региональный проект в России



+7 (342) 206-44-17
ochkina@proexpo.ru

metal.proexpo.ru

Рудник. Урал / The Mine. Ural

23–25 октября 2024
Екатеринбург

9-я международная выставка современных технологий, оборудования и спецтехники для добычи, обогащения и транспортировки полезных ископаемых

одна из главных выставок
горной тематики в России



+7 (342) 264-64-14
sheina@proexpo.ru

mine.proexpo.ru



Металлообработка. Сварка — Урал

18–21 марта 2025
Екатеринбург

международная выставка технологий, оборудования, материалов для машиностроения, металлообрабатывающей промышленности и сварочного производства

крупнейший специализированный
региональный проект в России



+7 (342) 264-64-27
egorova@proexpo.ru

metal-ekb.proexpo.ru

Металлургмаш. Литмаш. Металлоконструкции

18–21 марта 2025
Екатеринбург

выставка технологий и оборудования для металлургии, литейной промышленности и готовой металлопродукции

место встречи специалистов
в области металлургии
и литейного производства



+7 (342) 264-64-24
bav@proexpo.ru

metalmash.proexpo.ru

Код МРНТИ 38.17.17:52.31.47

G. Tarassenko¹, Y. Muraley¹, Y. Demicheva², *Y. Bukayev¹¹Yessenov University (Aktau, Kazakhstan),²LLP Kazakhstan Agency for Applied Ecology (Aktau, Kazakhstan)

EXPLORING THE GEOLOGY AND TECTONICS OF THE MOYINKUM TROUGH FOR OIL AND GAS PROSPECTS

Abstract. The studied area, located in the surface region of the Republic of Kazakhstan and Uzbekistan, has become an object of increased interest in recent years. It is important to increase the share of the Ustyurt region in the total increase in natural gas reserves. However, the main problem faced by specialists is the need to study the location of clusters within the Moyinkum bend to determine the state of oil and gas operations. The purpose of our study is to study deeper stratigraphic complexes, including Lower-Middle Devonian and pre-Devonian fields, in order to increase the gas potential of the region. It is planned to lay an exploration well with a depth of 5,000 meters on the Jardai square. To achieve these goals, it is planned to reclaim three previously drilled wells and carry out a complex of geophysical works.

Key words: field, oil and gas content, exploration, natural gas, seismic survey, geological section, sag, production, natural gas, well.

Мұнай-газ перспективалы үшін мойынкүм ойпатының геологиясы мен тектоникасын зерттеу

Аннотация. Қазақстан мен Өзбекстан Республикаларының Үстірт аймағында орналасқан зерттелетін аумақ соңғы жылдары қызығушылықтың артуына айналды. Табиғи газ қорлары өсімінің жалпы көлеміндегі Үстірт өңірінің үлесін ұлғайту маңызды болып табылады. Алайда, мамандардың алдында тұрған басты мәселе мұнай-газ жұмыстарының жай-күйін анықтау үшін Мойынкүм иілісі шеңберінде кластерлердің орналасуын зерделеу қажеттілігі болып табылады. Біздің зерттеуіміздің мақсаты-аймақтың газ әлеуетін арттыру мақсатында төменгі орта девондық және девонға дейінгі шөгінділерді қоса алғанда, тереңірек стратиграфиялық кешендерді зерттеу. Жардай алаңында тереңдігі 5000 метр барлау ұңғымасын салу жоспарлануда. Алға қойылған мақсаттарға қол жеткізу үшін бұрын бұрғыланған үш ұңғыманы рекультивациялау және геофизикалық жұмыстар кешенін жүргізу көзделді.

Үйінді сөздер: кен орны, мұнай-газ, геологиялық барлау жұмыстары, табиғи газ, сейсмикалық барлау, геологиялық кесу, иілу, өндіру, табиғи газ, ұңғыма.

Изучение геологии и тектоники мойынкүмского прогиба на предмет перспектив добычи нефти и газа

Аннотация. Исследуемая территория, расположенная в поверхностном регионе республик Казахстан и Узбекистан, стала объектом повышенного интереса в последние годы. Важным является увеличение доли устыртского региона в общем объеме прироста запасов природного газа. Однако основной проблемой, с которой сталкиваются специалисты, является необходимость изучения расположения кластеров в рамках мойынкүмского изгиба для определения состояния нефтегазовых работ. Целью нашего исследования является изучение более глубоких стратиграфических комплексов, включая ниже-средне-девонские и до-девонские отложения, с целью увеличения газового потенциала региона. Планируется заложить разведочную скважину глубиной 5000 метров на Жардайской площади. Для достижения поставленных целей предполагается провести рекультивацию трех ранее пробуренных скважин и провести комплекс геофизических работ.

Ключевые слова: месторождение, нефтегазоносность, геологоразведочная работа, природный газ, сейсморазведка, геологический разрез, прогиб, добыча, природный газ, скважина.

Introduction

The work area is tectonically located within the Moyinkum trough, which, in turn, is part of the Shu-Sarysu depression.

The latter is regionally extended by the Tastinsky uplift, located in the axial part and extending to the northwest, divided into two parts: eastern and western. Within the eastern wing, a number of troughs and uplifts are established, including the Moyinkum trough located in the southeastern sector of the Shu-Sarysu depression (Figure 1).

The Moyinkum Trough is composed of Middle and Upper Paleozoic sedimentary sequences overlain by Mesocainozoic sediments. The Upper Devonian, Carboniferous and Permian sediments were formed under platform conditions.

They are separated from the sedimentary-volcanogenic formations by a regional fault of sedimentation, stratigraphic and angular unconformities caused by the change of the orogenic tectonic regime to the platform regime [1].

The accumulation of Middle-Upper Paleozoic sediments in the Moyinkum trough, as well as in the entire Shu-Sarysu Basin, occurred in the conditions of differentiated tectonic movements of separate blocks against the background of general subsidence of the entire territory.

As a result of uplift of the whole region at the end of the Paleozoic, denudation of sediments occurred within the Moyinkum trough until the Late Cretaceous. Only from the Late Cretaceous the accumulation of Mesocenozoic cover began.

Literature review and problem statement

The geological and tectonic structure of the trough, within which both uplifted and curved zones (moulds) are estab-



Figure 1. Overview map of the work area.
Сурет 1. Жұмыс ауданының шолу картасы.
Рис. 1. Обзорная карта района работ.

lished, is complex, as evidenced by numerous variants of its tectonic zoning. The present report presents the scheme of tectonic zoning proposed by A. Bigarayev on the basis of the study of the tectonic zones (moulds) [2, 3]. Bigarayev based on the study and behavior of structural surfaces of the Paleozoic complex using data on the behavior of other geophysical fields. In particular, the character of the gravity field behavior (Figure 2) can serve as one of the confirmations of the presence of such a tectonic element as the Kayraktin and other waves [6-9].

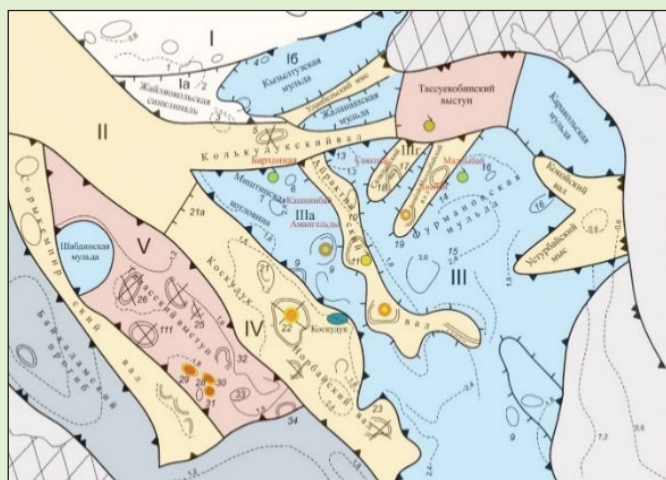


Figure 2. Moyinkum trough. Tectonic zoning scheme.
Сурет 2. Мойынқұм пілімі. Тектоникалық аймақтарға бөлу схемасы.

Рис. 2. Мойынқумский прогиб. Схема тектонического районирования.

Name of regional and local geostructural elements:

I – Nizhneshuyskaya block: 1 – Bestobe;

I – Zhailayakol syncline: 2 – Shuyskaya, 3 – South-Shuyskaya;

Ib – Kyzyltuz mulda: 4 – Andygul;

II – Tastinsky macrovalley (uplift):

IIa – Kolkudyk Shaft: 5 – Kolkudyk;

III – Moyinkum trough:

IIIa – Mishta basin: 6 – Barkhannaya, 7 – Bekmurat, 8 – Amangeldy, 9 – Orynбай, 9a – Amangeldy – 2, 9b – Karatau;

IIIb – Ayrakty rampart: 10 – Kashymbai, 11 – Zharkum, 12 – Ayrakty;

IIIb – Furmanovskaya mulda: 13 – Sultankudyk, 14 – Kolgaly – 1, 15 – Kolgaly – 2, 16 – Kenes, 16a – Markesh;

IIIg – Sayakpai rampart: 17 – Sayakpai, 18 – Sayapai West;

IIId – Anabai-Maldyбай rampart: 19 – Anabai, 20 – Maldyбай;

IV – Koskudyk-Norbai rampart: 21 – Bestak, 21a – Mishty Western, 22 – Kumyrlы, 23 – Akбай;

B – Talas bulge: 24 – Togusken Western, 25 – Togusken Eastern, 26 – Zailma, 27 – Ucharal Northern, 28 – Kempirto-be, 29 – Ucharal Western, 30 – Kyzylzhar, 31 – Ucharal, 32 – Togusken Southern, 33 – Kozhekudyk, 34 – Elemen.

The boundaries of the trough run along the Zhalaier-Naiman anticlinoric system in the northeast (Shu-Ili Mountains) and related buried tectonic elements: the Tassuekobinsky ledge, Karakolsky Muldinsky, Kokoysky and related Usturbaysky ledges, which border the trough in a semicircle in the east. From the north, the Moyinkum trough is bounded by the Kolkudyk rampart, which in turn is a branch of the Tast uplift. In the southwest, the boundary of the Moyinkum trough is defined by the vast Koskudyk-Norbai rampart, while the southern boundary of the trough is the folded formations of the Karatau megaval and the adjacent relatively submerged Talas uplift.

Within the trough, in turn, there is a number of extended ramparts: the Airaktin rampart starting from the Kolkudyk rampart in the north and extending in the southeastern direction, the Sayakpai and Anabai-Moldabai ramparts starting from the western slope of the Tassuekobi escarpment extending in the east and having a southwestern strike, i.e., the strike is orthogonal to the strike of the Airaktin and Koskudyk-Norbai ramparts. In the space between the above-mentioned ramparts and the three uplifts, the Myshtinskaya and Furmanovskaya soaps and the Airaktinskaya mulda of the same name, located to the south of the Airaktinskaya rampart, are distinguished.

The Airaktin (Moyinkum) rampart of northwestern strike, separating the Airaktin and Furmanov fields, unites local structures of Kashkinbai, Airakta, Eastern Airakta, Zhuala and Zharkum.

Two structures are associated with the Sayakpai Shaft: Sayakpai and Sayakpai West. On the continuation of the Sayakpai arm in the southwestern direction, gravity data also suggest a more submerged system of shafts. Local structures are developed within them: Amangeldy, Bosoba and Sulushoky.

According to geophysical surveys, local structures such as Barkhany, Sayakpai, Koskudyk, Anabai, Moldyбай, Kolgaly, etc. are also identified within the muld. As a rule, local structures are confined to roll-shaped protrusions adjacent to faults.

At present, a number of structures and fields have been identified within the Moyinkum trough in the Amangeldy activity zone. Information on the structure of these structures is given below.

Materials and methods

The Amangeldy structure is a brachianticline fold of asymmetric shape with a gentle dip of the northwest wing and bounded from the southeast by a discontinuous upward-type disturbance, in the northern part closely adjoining the lower wing. Analyzing the wave field, it is possible to note an increase in the thickness of Lower Carboniferous sediments in the northeastern direction, which indicates the paleo-reconstruction existing at that time in the southwestern part of the monument and, as a consequence, the existence of more favorable conditions for the fieldion of more sandy rock gradients.

At the roof of the lower vise on the trailing isohypsis is 1950 m, the amplitude of the structure is more than 150 m. The dimensions of the structure are significant 10.0x4.5 km, and Amangeldy is the largest structure within the Moyinkum trough. For all other structural surfaces there is a complete correspondence with the structural plans.

The Anabai structure is located at the southwestern end of the Anabai-Maldyбай escarpment complicating the northwestern slope of the Furman-Muldy. The geological structure of the structure is being clarified using 3D. According to the performed constructions, the Anabai structure is an anticline elongated in the northeastern direction and associated with a tectonic disturbance, west of which the surface of the Visayan-Turnean complex experiences a dip with the formation of a deep depression. According to the reflecting horizon, the structure is closed along the isohypsis – 2200 m, has dimensions of 6.0 x 2.0 km, amplitude of 50 m.

The Airakta structure is a brachianticline fold of submeridional strike. The Airakta uplift is separated from the Koskudyk

section by a low-amplitude deflection of 50 m amplitude. The northern part of the structure is complicated by tectonic faults.

The considered sedimentary strata are widespread in the study area, and the plan position and configuration of the reflecting horizons are preserved. The structural plans of this area are characterized by an isometric dome-shaped fold with an amplitude of 100 m.

Productivity of the Airaktinskaya structure is established in the Upper Turonian, Lower Visean coal-terrigenous and Lower Permian sediments.

During well testing a commercial gas flow was obtained in 3 wells (Nos. 1, 6, 11) with a flow rate of 9-27 thousand m³/day in the Nizhneviseyskaya field.

On the structural map of the Devonian sediments roof (OG IV) absolute surface elevations vary from 2500 m to 2900 m.

In the most elevated part of the Ayrakta structure there is an isometric elevation oriented submeridionally and having a mark in the vault of 2500 m.

In general, the structural plan of the IV horizon is characterized by a uniform monoclinial dip in the northwestern direction.

The structural plan of the Turnean (OG C1t), Lower Visean (OG III), Middle Visean (OG IIIId) and Serpukhov (OG IIIk) sediments is largely inherited, preserving the plan position and configuration of the main elements.

The structural map of the Lower Permian terrigenous sediments (OG II) generally preserves the spatial position of the structural forms of the underlying horizons and has a northwestern strike.

Thus, the Airacts are studied in detail in the Lower Carboniferous sediments (reflecting horizon III on the roof of the Tournaisian Stage and the base of the Lower Visean gas-bearing horizon) and in the subsalt sediments of the Permian (reflecting horizon II).

Along the reflecting horizon III, the structure has the shape of a triangle of northwest direction, with dimensions of 17x11 km and amplitude of 260 meters.

The structure plan has been updated based on drilling data and the thickness of sediments on the vault of the lower vise is constant.

The structural plan of Permian sediments from seismic data generally coincides with that of the Lower Carboniferous and has been studied by drilling structural wells.

According to the drilling data, it differs somewhat from the Lower Carboniferous plan, which is due to the increase in the thickness of the Lower and, especially, Middle-Upper Carboniferous to the north. This is reflected in a significant elongation of the structure vault to the north, along the long axis of the structure.

The size of the structure along the isohypsis is 600 m, its area is 16 x 4 km, and its area is about 60 square kilometers.

The Maldybai structure in the contract area, according to the results of previous works, is a series of parallel shaft-shaped uplifts complicated by tectonic faults, extending in the northeastern direction: Sayakpai and Maldybai.

The main faults of the regional trace are the faults passing through the southeastern wing of Sayakpai rampart and Zhar-kum structure, on the northwestern slope of Maldybai rampart. Unfortunately, the density of the profile network does not allow to identify and trace the main elements of regional significance everywhere.

The surfaces along the stratigraphic boundaries of the Maldybai section are constructed on the basis of a single northeastern orientation of seismic profile 209061, so they should be accepted as schematic. The Maldybay structure is a brachyanticlinal fold of northeastern strike. The northeastern closure of the structure extends beyond the working area.

On the structural map of the Devonian sediments roof (OG IV) absolute elevations vary from 2200 m to 3200 m. In the most elevated part there is an elevation in the form of a narrow brachyanticlinal fold oriented submeridionally and having a mark in the vault – 2200m.

The structural maps of the surface of the Tournaisian sediments (OG C1t), the roof of the terrigenous Lower Visean layer (OG III), the roof of the Middle Visean sediments (OG IIIId), the roof of the Serpukhov limestone layer (OG IIIk) are inherited, preserving the planned position and configuration of the main elements. Absolute elevations in the most elevated part of the study area are – 1050 m, and in the most submerged zone – 2000 m. The Maldybay structure within the study area is delineated by the isohypsis – 1050 m. Absolute levels of OH III in the study area vary from 1700 to 2300 m. The contour of the structure within the area of works is outlined by isohypsis – 1800 m, with the amplitude of elevations of 100 m.

There are no Lower Permian fields in the area of the Maldybay structure.

7 wells were drilled in the Maldybay area. Gas content was established at Nizhneserpukhovskaya and Nizhnevisey fields, and a gas fountain was obtained in well No.1. The Maldybay structure is of interest from the point of view of gas content and requires further study.

The Barkhan structure is located in the western part of the square and has the form of a brachyanticlinal fold of northwestern strike. In the temporal section, the Barkhan structure is a small arch complicated by a linear series of faults, on which well #1 was drilled and the East Barkhan uplift is observed through a deflection bounded by a tectonic disturbance. The indefinite contour of the structure on the structural maps is probably due to the sparse network of profiles, which does not take into account the small size of the selected structures. The presence of faults in the vault is probably explained by their formation during the growth stage of the structure, i.e., during the period of vault stretching.

Structurally, the Devonian sediments roof (OG IV) in the area of Barkhannaya well No. 1 shows a small arc-shaped uplift with an amplitude of 50 m and a closing isohypse of 2800 m, and the East Barkhannaya tributary structure is outlined through a small deflection at the same absolute level.

On the surface of the Tournaisian sediments (OG C1t), the Barkhannaya structure is a very gentle brachyanticlinal fold of sublatitudinal strike. It has a small amplitude (about 50 m) and indistinct contours. Absolute elevations vary within the area from 2300 m to 2400 m.

In the southwestern part of the study area, the roof of the terrigenous Lower Visean Stage (OG III) is distinguished by a low-amplitude dome in the Barkhannaya area, the circumference of the isohypsis of which is 2200 m. This structure is separated from the rift structure by a shallow trough. The eastern Barkhana within the work area is associated with a tectonic disturbance and is also delineated by an isohypsis of 2200 meters.

The dome structure on the roof of the Middle Aegean sediments (OG III_d) and the roof of the Serpukhov Stage (OG III_k) has significantly increased in size, the amplitude of uplift is 50 meters. The structure is oriented sublatitudinally. It is separated by a low-amplitude sag from the near-fault structure of the Barkhanskaya area, practically uniting into a single structure.

The structural map of the Lower Permian terrigenous sediments (OG II) is almost completely flattened, with only the tear fault structure bounded by the disturbance, the amplitude of uplift is 50 m, and the isohypsis contour is 750 m.

Wells #1 and #3 Barkhannaya were drilled on the proposed western dome, and well #4 was drilled on the low-amplitude sag between the East Barkhannaya structure. During open hole testing in well No. 1 Barkhannaya from the Lower Visean sediments, a gas fountain with a visual flow rate of up to 100 thousand m³/day was detected when sampling the interval during drilling at absolute levels – 2143–2272 m. Optimal location of well No.1 Barkhannaya drilled according to seismic data at a high level and the presence of tectonic disturbance at the base suggests that the positive result was obtained for the Lower Visean horizon. Well No. 2 was drilled at the base of a tectonic fault behind the contour of isohypses of the eastern slope, sampling and testing of which did not give positive results, the object turned out to be dry.

In this area, according to the results of the present study of the Lower Paleozoic, Zhardayskaya structure is distinguished, the main productive horizons are located at depths of 4–5 km.

The territory of the Moyinkum trough is characterized by poorly studied, practically no regular network of seismic profiles allowing to establish with a high degree of reliability the morphological features of the structure of the selected prospective structures. Besides, as it follows from the data of the works performed, the productive horizons are characterized by sharp changes in reservoir properties, which, given the limited gas resources at each site, determines a high degree of project risk. Therefore, along with mapping and preparation of designs, justification of the degree of productivity of the studied objects before drilling operations is one of the main tasks.

The study of cause-and-effect relations of gas content with the peculiarities of tectonic structure of local structures and second-order tectonic elements (shafts, uplifts) within the Moyinkum trough allowed us to conclude that tectonic disturbances affect the degree of preservation of gas fields. However, it is not possible to study the extent of this impact and other geologic factors that determined the productivity of individual structures due to insufficient data. In this regard, it is planned to additionally cover the Barkhannaya, Sultankudyk, Kashkinbai and Maldybai structures using the CDP method. To increase the efficiency of geological exploration works along with seismic survey it is planned to carry out a wide range of works using other geophysical methods.

Metal-telluric sounding method, as the experience of their implementation in the South Torgai basin shows, allows not only to divide the section into geoelectric boundaries, but also to identify productive hydrocarbon areas within the studied area. Gravimetric methods in combination with seismic methods allow to substantiate the structure of structures and variations in the gravity field, which allows to identify relatively unconsolidated zones, which may be due to the development of weathering crust or zones of intense fracturing.

Geochemical methods, which include helium surveying, can identify areas of maximum concentration of hydrocarbon fluids, but without a specific reference to depth. The problem of depth relation of gas anomalies should be solved by studying electrical and seismic wave fields. A total of 4500 measurements are planned on a 300x300m grid.

Thus, before the start of deep drilling it is planned to justify their prospectivity for hydrocarbon gases and to justify the location of prospecting wells along with the preparation of structures.

The specific location of exploration work at the sites and the scope of this work is summarized below. In accordance with the program it is planned to conduct additional studies of explored gas fields Kumyrly-Koskudyk, Barkhannaya-Sultankudyk (Kashkinbai), Anabai-Maldybai, Airakty. It is planned to study these objects on Lower Carboniferous sediments. In the course of the works, the structural features of the structure will be clarified and the main promising complexes, including Devonian and pre-Devonian, will be identified [4].

Exploration of Devonian and pre-Devonian sediments is one of the main tasks and one of the areas for their development in conditions of relatively high hypsometric position is the Airakta Shaft. The shaft, as noted in the Tectonics section, is located between two relatively large Paleozoic troughs, which in turn are composed of Lower Middle Devonian and Predevonian sediments. The rock and material composition of these fields has been studied on the sides of the depression, where metamorphic rocks predominate in the section. However, according to seismic data within the Mishta and Furman depressions of the Barkhannaya-Sultankudyk (Zhardai) section, they may be represented by clayey rocks or clayey shales, as well as occur on the vault of the Airakta Shaft. The thickness of these sediments within the basins may exceed 5000 m. The nature of occurrence, thickness of rocks of the Lower-Middle Devonian and Predevonian complexes, possible types of reservoirs and reservoirs on the ramparts have not been studied. The most elevated position within this rampart is occupied by the conventionally identified Zhardayskaya structure, which is essentially located within the Barkhannaya-Sultankudyk (Kashkinbay) section and is associated with the pre-Devonian sedimentary complex. The probability of the presence of reservoirs associated with disintegrated rocks of the Dodevonian complex is confirmed, as noted in the previous sections, by the presence of a gas field at the Ortalyk field in rocks represented by clay shales [5, 6].

Results

To increase gas production potential, it is necessary to study deep stratigraphic complexes, including Neoglacial and pre-Devonian fields. As part of this, an exploration well with a depth of 5,000 meters is planned to be drilled in the Zhardai area. The purpose of the well is to search for gas fields in Lower Devonian sediments and to study the structure, lithology, reservoir-filtration and geochemical characteristics of the Devonian layer. Based on the drilling results, it is planned to determine the prospects of gas supply in the Moyinkum depression. In addition, it is planned to drill well 1C at the West Sultankuduk structure.

Further exploration of the deep complexes is suggested, which may lead to an increase in gas potential. Various research objectives such as studying the structure, lithology, reservoir-fil-

tration and geochemical characteristics of the Devonian layer are indicated.

Discussion of the results

Plans to drill a 5,000-meter-deep exploration well at the Zhardai field and conduct studies of neoglacial and pre-Devonian sediments indicate a desire to increase gas production potential.

The study of deep stratigraphic complexes, including Devonian sediments, is essential for determining gas and oil prospects in the region. Planned study of the structure, lithology, reservoir-filtration and geochemical characteristics of the Devonian reservoir for the purpose of field prospecting makes it possible to estimate potential resources and develop effective strategies for further development.

The installation of well 1C at the West Sultankuduk structure is also an important step and opens up new prospects for

studying the deep complexes and searching for gas fields in this zone.

Studies aimed at studying various characteristics of the Devonian layer, such as structure, lithology and geochemistry, will help to better define the field potential and develop optimal production strategies.

Conclusion

Drilling a research well at the Zhardai prospect and well 1C at the West Sultankuduk structure, as well as rehabilitation of three previously drilled wells (Barkhannaya #1, Maldybay #1, #4) will allow for a detailed study of the productivity of Permian, Carboniferous and Upper Devonian sediments using survey techniques. This could lead to the identification of gas prospects in the Moyinkum Basin and increase the potential for gas production.

REFERENCES

1. Tarassenko G.V. *Effect of the Earth and the Formation of Oil. «Where Geoscience Meets the Silk Road», Almaty: EAGE, KazGeo, 2010. P. 121-124 (in English)*
2. Tarassenko G.V., Tuzelbayeva A.K., Demicheva Y.V., Bukayev Y.Z. *Conditions of formation and chemical composition of Mangyshlak globular nodules in the western part of Kazakhstan. // International Scientific and Practical Conference «WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS», Penza: ICNS «Science and Enlightenment». 2021. – P. 192-194 (in English)*
3. Tarassenko G.V. *Formation of oil-based cold fusion and electricity in the earth's crust. // «International Geological Congress 34th IGC», Brisbane: Australia, 2012. – P. 175-177 (in English)*
4. *Instrukcija po oformleniju otchetov o geologicheskom izuchenii nedr Respubliki Kazahstan. «IAC», 2004. – 113 s [Instructions for the preparation of reports on the geological study of the subsoil of the Republic of Kazakhstan. «IAC», 2004. – 113 p.] (in Russian)*
5. *Instrukcija po otboru, dokumentacii, obrabotke, hraneniju, sokrashheniju i likvidacii kerna skvazhin kolonkovogo i razvedochnogo burenija. Moskva. «Geoinformmark», 1994. – 32 s. [Instructions for the selection, processing, storage, reduction and elimination of core wells for core and exploratory drilling. Moscow. Geoinformmark, 1994. – 32 p.] (in Russian)*
6. *Porjadok otbora, privjazki, hranenija, dvizhenija i kompleksnogo issledovanija kerna, i gruntov neftegazovyh skvazhin. Rukovodjashhij dokument. 39-0147716-505-85-RD. AO NPF «Geofizika», Moskva, 1985. – 3 s. [The procedure for the selection, binding, storage, movement and comprehensive study of core and soils of oil and gas wells. The guidance document. 39-0147716-505-85-RD. JSC NPF Geophysics, Moscow, 1985. – 3 p.] (in Russian)*
7. Yong-Fei Zheng. *Plate tectonics in the twenty-first century. // Science China Earth Sciences. 2022. Vol. 66. P. 1-40 (in English)*
8. Zhen-Jie Zhang et al. *Lithospheric thickness records tectonic evolution by controlling metamorphic conditions. // Science Advances. 2023. Vol. 9. P. 9-12 (in English)*
9. Guoxiong Chen et al. *Hadean tectonics: Insights from machine learning. // Geology. 2023. Vol. 51. P. 718-722 (in English)*
10. Li J. et al. *Anisotropic zoning in the upper crust of the Tianshan Tectonic Belt. // Science China Earth Sciences. 2021. Vol. 64. P. 651-666 (in English)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Tarassenko G.V. *Жердің әсері және мұнайдың түзілуі. «Жер туралы геогылымдар Жібек жолымен кездесетін жерде»: Алматы: EAGE, KazGeo, 2010. Б. 121-124 (ағылшын тілінде)*
2. Tarassenko G.V., Tuzelbayeva A.K., Demicheva Y.V., Bukayev Y.Z. *Қазақстанның батыс бөлігіндегі Маңғышлақ сфералық конкрецияларының түзілу шарттары мен химиялық құрамы. // «ӘЛЕМДІК ҒЫЛЫМ: ПРОБЛЕМАЛАР МЕН ИННОВАЦИЯЛАР» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы, Пенза: «Ғылым және білім» ХҒС, 2021. – Б. 192-194 (ағылшын тілінде)*
3. Tarassenko G.V. *Жер қыртысында мұнай мен электр энергиясына негізделген суық термоядролық синтездің қалыптасуы. // 34-ші Халықаралық Геологиялық конгресс «IGC 5-10», Брисбен: Австралия, 2012. – Б. 175-177 (ағылшын тілінде)*
4. *Қазақстан Республикасының жер қойнауын геологиялық зерттеу туралы есептерді ресімдеу жөніндегі Нұсқаулық. «АТО», 2004. –113 б. (орыс тілінде)*
5. *Бағаналы және барлау бұрғылау ұңғымаларының өзегін іріктеу, құжаттау, өңдеу, сақтау, қысқарту және жою жөніндегі нұсқаулық. Мәскеу. «Геоақпарат», 1994. – 32 б. (орыс тілінде)*
6. *Өзекті және мұнай-газ ұңғымаларының топырақтарын іріктеу, байлау, сақтау, қозғалу және кешенді зерттеу тәртібі. Басқару құжаты. 39-0147716-505-85-БҚ. «Геофизика» АҚ ФӨФ, Мәскеу, 1985. – 3 б. (орыс тілінде)*

7. Yong-Fei Zheng. XXI ғасырдағы плиталар тектоникасы. // Ғылым Қытай Жер туралы ғылым. 2022. Т. 66. Б. 1-40 (ағылшын тілінде)
8. Zhen-Jie Zhang et al. Литосфераның қалыңдығы метаморфтық жағдайларды бақылау арқылы тектоникалық эволюцияны көрсетеді. // Ғылым жетістіктері. 2023. Т. 9. Б. 9-12 (ағылшын тілінде)
9. Guoxiong Chen et al. Хадей тектоникасы: Машиналық оқыту нәтижелері. // Геология. 2023. Т. 51. Б. 718-722 (ағылшын тілінде)
10. Li J. et al. Тяньшань тектоникалық белдеуінің жер қыртысының жоғарғы бөлігіндегі анизотропты зоналылық. // Ғылым Қытай Жер туралы ғылым. 2021. Т. 64. Б. 651-666 (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Tarassenko G.V. Эффект Земли и формации Нефти. «Где Геонауки о Земле встречаются с шелковым путем»: Алматы: EAGE, KazGeo, 2010, С. 121-124 (на английском языке)
2. Tarassenko G.V., Tuzelbayeva A.K., Demicheva Y.V., Bukayev Y.Z. Условия образования и химический состав шаровидных конкреций Мангышлака в западной части Казахстана. // Международная научно-практическая конференция «МИРОВАЯ НАУКА: ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИИ», Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2021. – С. 192-194 (на английском языке)
3. Tarassenko G.V. Формирование холодного термоядерного синтеза на основе нефти и электричества в земной коре. // 34-й Международный геологический конгресс «IGC 5-10», Брисбен: Австралия, 2012. – С. 175-177 (на английском языке)
4. Инструкция по оформлению отчетов о геологическом изучении недр Республики Казахстан. «ИАЦ», 2004. – 113 с. (на русском языке);
5. Инструкция по отбору, документации, обработке, хранению, сокращению и ликвидации керна скважин колонкового и разведочного бурения. Москва. «Геоинформмарк», 1994. – 32 с. (на русском языке)
6. Порядок отбора, привязки, хранения, движения и комплексного исследования керна, и грунтов нефтегазовых скважин. Руководящий документ. 39-0147716-505-85-РД. АО НПФ «Геофизика», Москва, 1985. – 3 с. (на русском языке)
7. Yong-Fei Zheng. Тектоника плит в XXI веке. // Наука Китай Науки о земле. 2022. Т. 66. С. 1-40 (на английском языке)
8. Zhen-Jie Zhang et al. Толщина литосферы отражает тектоническую эволюцию, контролируя метаморфические условия. // Достижения науки. 2023. Т. 9. С. 9-12 (на английском языке)
9. Guoxiong Chen et al. Тектоника Хадея: результаты машинного обучения. // Геология. 2023. Т. 51. С. 718-722 (на английском языке)
10. Li J. et al. Анизотропная зональность в верхней части земной коры тектонического пояса Тяньшань. // Наука Китай Науки о земле. 2021. Т. 64. С. 651-666 (на английском языке)

Information about the authors:

Tarassenko G.V., Candidate of Geological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geology at Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), gennadiy.tarassenko@yu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0003-3278-3903>

Muralev Y.D., PhD, Associate Professor, Head of the Institute for Sustainable Development of Arid Territories of Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), yevgeniy.muralev@yu.edu.kz; <https://orcid.org/0009-0006-6041-6341>

Demicheva Y.A., Master of Engineering and Technology, Data Manager of LLP Kazakhstan Agency of Applied Ecology (Aktau, Kazakhstan), helenka-56@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-1289-4944>

Bukayev Y.Z., Master of Natural Sciences, Researcher at the Institute for Sustainable Development of Arid Territories of Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), eldar_2306@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5993-3719>

Авторлар туралы мәліметтер:

Тарасенко Г.В., т.ғ.к., Yessenov University «Экология және геология» кафедрасының профессоры (Ақтау қ., Қазақстан)

Муралев Е.Д., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Yessenov University Құрғақ аумақтарды тұрақты дамыту институтының жетекшісі (Ақтау қ., Қазақстан)

Демичева Е.А., техника және технологиялар магистрі, ЖШС «Қазақстан Қолданбалы Экология Агенттігі» деректер менеджері (Ақтау қ., Қазақстан)

Букаев Е.З., жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Yessenov University Құрғақ аумақтарды орнықты дамыту институтының ғылыми қызметкері (Ақтау қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Тарасенко Г.В., к.г.-м.н., профессор кафедры «Экология и геология» Yessenov University (г. Ақтау, Казахстан)

Муралев Е.Д., к.т.н., ассоциированный профессор, руководитель Института устойчивого развития аридных территорий Yessenov University (г. Ақтау, Казахстан)

Демичева Е.А., магистр техники и технологий, менеджер данных ТОО «Казахстанское Агентство Прикладной Экологии» (г. Ақтау, Казахстан)

Букаев Е.З., магистр естественных наук, научный сотрудник Института устойчивого развития аридных территорий Yessenov University (г. Ақтау, Казахстан)

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ И ДОКАЗАННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ



ME Elecmetal обладает знаниями, опытом и производственными возможностями для обеспечения вашего предприятия надежными и эффективными решениями в технологиях дробления и измельчения.



ME FIT Grinding

Изнашиваемые детали для мельниц
и дробилок всех типов

- | | |
|-----------------------|----------------|
| ■ Полусамоизмельчения | ■ Гирационных |
| ■ Самоизмельчения | ■ Щековых |
| ■ Шаровых | ■ Конусных |
| ■ Стержневых | ■ Вертикальных |

ME Elecmetal

тел.:

+7 914 880 4545

+7 777 247 0787

+1 778 875 7525

mongolia@me-elecmetal.com
www.me-elecmetal.com

Код МРНТИ 53.31.15

И.М. Алматыв¹, *О.Г. Хайитов²¹Государственное учреждение «Институт минеральных ресурсов» (г. Ташкент, Узбекистан),²Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан)

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛУКОКСА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКТАУ

Аннотация. В данной работе рассматриваются технологии по переработке полукокса горючих сланцев с определением параметров традиционных методов обогащения и гидрометаллургические способы извлечения полезных компонентов; выщелачивание по извлечению в сернокислотный раствор ценных компонентов, а также селективное извлечение на ионообменные смолы методом сорбции ценных компонентов ванадия, молибдена и урана. Представленные способы не реализованы в промышленном объеме, так как переработка горючих сланцев в республике не имеется. Проанализированы перспективные технологические схемы переработки полукокса горючих сланцев. Процесс включает выщелачивание в чанах с серной кислотой 160 г/л, в комнатной температуре, Т:Ж = 1:5, продолжительность 60 минут.

Ключевые слова: горючий сланец, полукокс, сланцевая смола, гидрометаллургия, ICP-MS, концентрат.

Ақтау кен орнының жанғыш тақтатастардың жартылай коксын өңдеудің кешенді технологиясын әзірлеу

Аннотация. Бұл жұмыста байытудың дәстүрлі әдістерінің параметрлерін және пайдалы компоненттерді алудың гидрометаллургиялық әдістерін анықтай отырып, жанғыш тақтатастардың жартылай коксын қайта өңдеу технологиялары қарастырылады. Ванадий, молибден және уранның құнды компоненттерін сорбциялау әдісімен бағалы компоненттерді күкірт қышқылды ерітіндіге алу, сондай-ақ ион алмастырғыш шайырларға селективті алу бойынша шаймалау. Ұсынылған тәсілдер өнеркәсіптік көлемде іске асырылмаған, өйткені республикада жанғыш тақтатастарды қайта өңдеу жоқ. Жанғыш тақтатастардың жартылай коксын өңдеудің перспективалық технологиялық схемалары талданды. Процесс күкірт қышқылы ыдыстарында 160 г/л, бөлме температурасында шаймалауды қамтиды, Т:Ж = 1:5, ұзақтығы 60 минут.

Түйінді сөздер: жанғыш тақтатастар, жартылай кокс, тақтатастар шайыры, гидрометаллургия, ICP-MS, концентрат.

Development of an integrated technology for processing semi-coke of oil shale of Aktau deposit

Abstract. This paper discusses technologies for processing oil shale semi-coke with determination of the parameters of traditional enrichment methods and hydrometallurgical methods for extracting useful components. Leaching for the extraction of valuable components into a sulfuric acid solution, as well as selective extraction onto ion exchange resins by the sorption method of valuable components of vanadium, molybdenum and uranium. The presented methods have not been implemented on an industrial scale, since oil shale processing is not available in the Republic. Promising technological schemes for processing oil shale semi-coke are analyzed. The process includes leaching in vats with sulfuric acid 160 g/l, at room temperature, T:L = 1:5, duration 60 minutes.

Key words: oil shale, semi-coke, shale tar, hydrometallurgy, ICP-MS, concentrate.

Введение

В настоящее время в качестве основных источников сырья для химической и энергетической промышленности рассматривают нефть и природный газ, однако следует отметить, что это постоянный рост энергопотребления на фоне истощения запасов традиционных нефтяных и газовых месторождений.

В связи с этим, в последние годы большое внимание уделяется разработке технологии горючих сланцев [1-6]. По данным 1999 года, разведанные запасы горючих сланцев Республики Узбекистан огромны и оцениваются в 47 млрд. тонн [7]. В Узбекистане геологические запасы расположены в основном в Кызылкумском регионе и прогнозные их ресурсы составляют порядка 24,6 млрд т. Разведанные запасы по категории А + С оцениваются примерно в 300 млн тонн. Значительными запасами горючих сланцев располагает Южный Узбекистан, в частности, Байсунское месторождение, Сангрунтауское и Актауское (Навоийская обл.), а также Уртабулакское (Бухарская обл.) [8]. Следует отметить, что рядом ученых Узбекистана проведены исследования по извлечению металлов из горючих сланцев различными химическими методами [9-12].

К сожалению, на территории Узбекистана в настоящее время отсутствуют производственные мощности для переработки горючих сланцев. В качестве расширения топливно-энергетического баланса и сырьевой базы радиоактивных и редкоземельных металлов можно рассматривать вовлечение в промышленное производство металлоносных горючих сланцев Республики Узбекистан.

Результаты

С целью разработки, технологии переработки горючих сланцев месторождения Актау с извлечением ценных элементов были проведены научно-исследовательские работы, которые включают: изучение минералогического, химического составов, проведение традиционных методов обогащения, гидрометаллургические исследования, определение возможности извлечения ценных элементов из полукокса горючих сланцев. Результаты минералогического анализа представлены табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, сульфиды и продукты их изменения составляют 3,7%; сульфаты 5,4%; порообразующие и др. минералы (силикаты) от 6 до 27%; карбонаты 4,5%; аксессуарные минералы от 0,6 до 1,8%; органические, углеродистые вещества от 13 до 15%. Основная часть горючих сланцев состоит из сложных гидрослюд. Для изучения химического состава горючих сланцев был проведен анализ методом ICP-MS. Среднее содержание основных ценных металлов в исходной пробе и в полукоксе горючих сланцев приведено в табл. 2.

Исходя из данных таблицы 2, в полукоксе горючих сланцев – продукте окислительного обжига при температуре 850 °С, содержание ценных металлов заметно повышается по сравнению с исходной пробой, г/т: ванадия от 880 до 915, молибдена от 360 до 397, сумма редких элементов от 131,9 до 203,2 и таллия от 12 до 33,1.

С целью возможности обогащения золы проведены эксперименты на концентрационном столе при следующем режиме: частота качаний – 110 ходов в минуту; амплитуда качаний – 11 мм; поперечный наклон деки – 20 мм/м; расход смывной воды – 4,45 л/мм. Для гравитационного

Таблица 1

Результаты минералогического анализа полукокса горючих сланцев месторождения

Кесте 1

Кен орнының жанғыш тақтатастарының жартылай коксын минералогиялық талдау нәтижелері

Table 1

The results of mineralogical analysis of the semi-coke of oil shale deposits

№ п/п	Наименование минералов		Содержание, %
I	Сульфиды и продуктивных изменения:	Пирит	~3,7
		Пирротин	
II	Сульфаты:	Гипс + ангидрит	~5,4
III	Породообразующие идр. минералы (силикаты):	Кварц	18,5
		плагиоклазы (альбит + олигоклаз)	8,0
		Гидрослюды сложного состава (гидромусковит + глауконит и др.)	27,0
		Хлориты + др. хрупкие слюды(маргарит)	6,0
		Минералы гр. волластонита	5,17
IV	Карбонаты:	Кальцит	4,5
		доломит	Ч. зн.
V	Акцессорные минералы	рутил и его разновидности	0,6
		Апатит	~1,8
VI	Органические, углеродистые вещества	Органические, углеродистые вещества	~13,0-15,0

обогащения были подготовлены пробы полукокса с различным классом крупности: -1+0 мм; -0,5+0 мм; -0,315+0 мм. Результаты гравитационного обогащения пробы приведены в табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, при обогащении золы горючих сланцев при различном классе крупности наилучший результат на концентрационном столе был получен при крупности исходной пробы -0,5+0 мм. При данном размере частиц в тяжелую фракцию перешло (%): ванадия 7,6, молибдена 2,46. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение гравитационного обогащения для золы полукокса горючих сланцев является нецелесообразным.

Для определения влияния степени измельчения полукокса на выход класса -0,074+0 мм были проведены опыты в шаровой мельнице типа 40МЛ в течение различного времени. Измельчение осуществлялось при постоянной шаровой загрузке в соотношении Т:Ж:Ш = 1:0,5:8. Измельченные пробы подвергались мокрому грохочению при классе крупности -0,074+0 мм. Полученные данные представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, в полукоксе выход класса крупности -0,074+0 мм исходной золы составил 39,1%, после измельчения в течение 10, 20 и 30 минут – 63,9, 75,2 и 89,0%.

Исследования по флотационному обогащению полукокса проводили в лабораторных флотомашинах марки 240-ФМЛ с объемом камеры 3 л. Навеска исходного материала в опытах составила 1 кг.

Схема флотации включает измельчение золы при разных процентных соотношениях класса крупности -0,074+0 мм, основную флотацию проводили с получением черновой концентрата и хвостов.

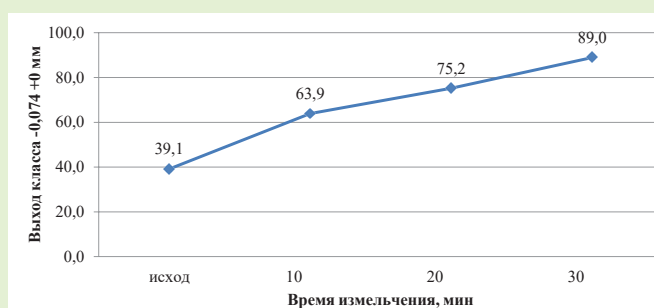


Рис. 1. Кривая измельчения полукокса горючих сланцев во времени.

Сурет 1. Жанғыш тақтатастардың жартылай коксын уақыт бойынша ұнтақтау қисығы.

Figure 1. The grinding curve of the semi-coke of oil shale in time.

Далее были проведены опыты с различным соотношением расхода реагента. В табл. 4 приведены результаты с самой высокой степенью извлечения при использовании следующих реагентов: жидкое стекло, таловое масло и керосин. Расходы реагентов составляют: сода – 10 кг/т; жидкое стекло – 1,5 кг/т; таловое масло – 1,0 кг/т; керосин – 1,0 кг/т; Т-92 – 0,06 кг/т.

Как видно из данных табл. 4, при флотационном обогащении полукокса горючих сланцев с использованием талового масла и керосина был получен грубый коллективный черновой концентрат с выходом 3,7% и 4,3%, т.е. наблюдается незначительное повышение содержания металлов во втором опыте, при котором извлечение метал-

Таблица 2

Содержание отдельных элементов (г/т), их кларки концентраций в исходной пробе и в полукоксе горючих сланцев месторождения по данным масс-спектрометрического анализа (ICP-MS)

Кесте 2

Масс-спектрометриялық талдау (ICP-MS) деректері бойынша бастапқы Сынамадағы және кен орнының жанғыш тақтатастарының жартылай кокс құрамындағы әкелеген элементтердің (г/т), олардың кларктарының құрамы

Table 2

The content of individual elements (g/t), their concentration clarks in the initial sample and in the semi-coke of the field's oil shale according to mass spectrometric analysis (ICP-MS)

Элементы	Кларк в земной коре	Исх.	Полукокс	Элементы	Кларк в земной коре	Исх.	Полукокс
<i>Li</i>	32,0	23,0	26,4	<i>Sb</i>	0,5	7,2	0,8
<i>Be</i>	3,8	1,4	1,89	<i>Te</i>	0,001	0,36	0,18
<i>Na</i>	25 000	7800	12 800	<i>Ba</i>	650	860	831
<i>Mg</i>	18 700	17000	14 800	<i>La</i>	29,0	21,0	34,9
<i>Al</i>	80 500	63000	66 600	<i>Ce</i>	70,0	32,0	56,9
<i>K</i>	25 000	13000	15 400	<i>Pr</i>	9,0	3,7	9,4
<i>Ca</i>	29 600	66000	47 600	<i>Nd</i>	37,0	16,0	33,6
<i>Sc</i>	10,0	12,0	11,60	<i>Sm</i>	8,0	4,7	4,6
<i>V</i>	90,0	880	915	<i>Eu</i>	1,3	1,6	1,27
<i>Cr</i>	83,0	95,0	178	<i>Gd</i>	8,0	3,4	6,29
<i>Mn</i>	1 000	610	528	<i>Tb</i>	4,3	0,68	0,784
<i>Fe</i>	46 500	33000	35 200	<i>Dy</i>	5,0	3,6	5,07
<i>Co</i>	18,0	13,0	13,2	<i>Ho</i>	1,7	0,89	1,4
<i>Ni</i>	58,0	220	131	<i>Er</i>	3,3	2,6	2,49
<i>Cu</i>	47,0	77	79,8	<i>Tm</i>	0,27	0,4	0,341
<i>Zn</i>	83,0	130	149	<i>Yb</i>	0,33	3,1	3,16
<i>As</i>	1,7	7,3	0,2	<i>Lu</i>	0,8	0,27	0,291
<i>Se</i>	0,05	8,7	9,3	<i>P</i>	208	131,9	203,2
<i>Sr</i>	340	320	361	<i>W</i>	1,3	1,5	3,05
<i>Y</i>	20,0	26	31,1	<i>Tl</i>	1,0	12,0	33,1
<i>Nb</i>	20,0	7,3	7,18	<i>Pb</i>	16,0	14,0	11,0
<i>Mo</i>	1,1	360	397	<i>Th</i>	13,0	8,6	4,5
<i>Cd</i>	0,13	21,0	5,94	<i>U</i>	2,5	54,0	52,0
<i>Sn</i>	2,5	2,5	0,88				

лов в пенный продукт составило, %: опыт 1: Мо-7,4; V-4,6; опыт 2: Мо-13,1; V-5,7.

Исходя из полученных результатов и многочисленных лабораторных опытов, можно считать, что извлечение ценных компонентов из полукокса горючих сланцев методом флотации не целесообразно и не требует дальнейшего углубленного изучения. С целью извлечения ценных компонентов из золы горючих сланцев проводилось сернокислотное выщелачивание. Выщелачивание осуществлялось в термо-

стойких стаканах и колбах емкостью 0,5 и 1,0 л под тягой. Агитация пульпы проводилась механическим способом.

На первом этапе выщелачивания были проведены опыты при различной концентрации серной кислоты для извлечения металлов, имеющихся в значительных содержаниях в исследуемом полукоксе, такие как: молибден, ванадий, уран и другие.

Выщелачивание проводили при различной концентрации серной кислоты в следующем режиме: классе

Таблица 3

Результаты опытов по обогащению полукокса горючих сланцев на концентрационном столе

Кесте 3

Концентрациялық үстелде жанғыш тақтатастардың жартылай коксын байыту бойынша тәжірибелердің нәтижелері

Table 3

The results of experiments on the enrichment of semi-coke of oil shale at the concentration table

Крупность исходной пробы	Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			V	Mo	V	Mo
-1+0	Концентрат	4,8	0,049	0,061	5,52	3,46
	Промпродукт	42,9	0,057	0,060	57,47	30,21
	Хвосты	52,3	0,030	0,108	37,01	66,33
	Исходная	100	0,043	0,085	100	100
-0,5+0	Концентрат	5,0	0,055	0,05	7,60	2,46
	Промпродукт	42,1	0,038	0,10	44,87	40,21
	Хвосты	52,9	0,032	0,12	47,52	57,33
	Исходная	100	0,036	0,11	100	100
-0,315+0	Концентрат	2,5	0,067	0,05	5,13	1,25
	Промпродукт	30,2	0,041	0,09	37,79	24,08
	Хвосты	67,3	0,028	0,012	57,08	74,67
	Исходная	100	0,033	0,011	100	100

Таблица 4

Результаты флотационного обогащения полукокса горючих сланцев по данным рентген-флуоресцентного анализа

Кесте 4

Рентген-флуоресцентті талдау деректері бойынша жанғыш тақтатас жартылай коксын флотациялық байыту нәтижелері

Table 4

Results of flotation enrichment of semi-coke of oil shale according to X-ray fluorescence analysis

Время измельчения, мин.	Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			V	Mo	V	Mo
Опыт 1						
20	Черновой концентрат	3,7	0,039	0,14	4,6	7,4
	Хвосты	95,9	0,031	0,068	95,4	92,6
	Полукокс	99,6	0,032	0,071	100	100
Опыт 2						
30	Черновой концентрат	4,3	0,04	0,19	5,7	13,1
	Хвосты	94,8	0,031	0,057	94,3	86,9
	Полукокс	99,1	0,031	0,062	100	100

крупности -0,5+0 мм, продолжительность 60 мин, соотношение Т:Ж = 1:5, температура – комнатная. Навеска исходного материала 50 г с 30% добавкой хлористого натрия при обжиге полукокса до получения полукокса. Следует отметить, что ранее проведенные опыты без добавления хлористого натрия не дали положительного результата. Данные при добавлении хлористого натрия, приведенные в табл. 5, показывают возможность перевода молибдена, ванадия и урана из металлоносного полу-

кокса горючих сланцев от 60 до 80% в металлоносный сернокислотный раствор.

Как следует из данных табл. 5, при выщелачивании полукокса горючих сланцев с увеличением расхода серной кислоты степень извлечения металлов в раствор повышается, %: ванадия – от 24,79 до 69,23, молибдена – от 16,92 до 78,68 и урана от 15,16 до 87,30. На основании полученных результатов исследований можно считать, что извлечение ванадия, молибдена и урана из полукокса горючих

Таблица 5
 Результаты выщелачивания исследуемого полукокса горючих сланцев при различной концентрации серной кислоты

Кесте 5
 Күкірт қышқылының әртүрлі концентрациясында зерттелетін жанғыш тақтатас жартылай коксын шаймалау нәтижелері

Table 5
 The results of leaching of the investigated semi-coke of oil shale at different concentrations of sulfuric acid

Наименование реагента	Выход кека, %	Содержание металлов в кеках, г/т			Извлечение в раствор, %		
		V	Mo	U	V	Mo	U
H ₂ SO ₄ – 3%	84,0	340	450	76	24,79	16,92	15,16
H ₂ SO ₄ – 5%	83,0	290	320	65	37,86	42,77	29,71
H ₂ SO ₄ – 10%	93,0	216	202	21	58,69	67,76	79,73
H ₂ SO ₄ – 15%	96,0	159	132	13	69,23	78,68	87,30
Исходное содержание элементов в РФА		434	520	86			

сланцев серноокислотным выщелачиванием может быть эффективным и перспективным. В связи с этим, дальнейшие исследования по сорбции ванадия, молибдена и урана планируется провести с использованием различных сорбентов.

Заключение

В результате проведенных исследований представлены следующие выводы:

1. Данные минералогического анализа показывают, что основная часть горючих сланцев представлена сложными гидрослюдами – 27%, сульфиды и продукты их изменения составляют 3,7%; сульфаты 5,4%; породообразующие и др. минералы (силикаты) от 6 до 27%; карбонаты 4,5%; акцессорные минералы от 0,6

до 1,8%; органические, углеродистые вещества от 13 до 15%.

2. На основе анализа ICP-MS следует, что в золе горючих сланцев после окислительного обжига при температуре 850 °C содержание ценных элементов заметно повышается, г/т: ванадия от 880 до 915, молибдена от 360 до 397, сумма редких элементов от 131,9 до 203,2 и таллия от 12 до 33,1.

3. Традиционные методы обогащения – гравитация и флотация оказались не эффективными для обогащения золы горючих сланцев.

4. При серноокислотном выщелачивании золы горючих сланцев с увеличением расхода серной кислоты степень извлечения металлов в раствор повышается, %: ванадия – от 24,79 до 69,23, молибдена – от 16,92 до 78,68 и урана от 15,16 до 87,30.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стрижакова Ю.А. Горючие сланцы. Генезис, составы, ресурсы: М.: Недра, 2008, С. 192 (на русском языке)
2. Huairong Zhou. Комплексная схема эффективного пиролиза сланца с использованием угля и глубокой переработки пиролизного масла. / Huairong Zhou, Hongwei Li, Runhao Duan, Qingchun Yang. // Энергия. 2020. С. 196 (на английском языке)
3. Морев А.А. Теплотехнические аспекты использования зольных теплообменников в схемах комплексной энерготехнологической переработки сернистых горючих сланцев. / А.А. Морев, А.Н. Мракин, А.А. Селиванов. // Проблемы энергетики. 2015. №5-6. С. 60-65 (на русском языке)
4. Хачатурян В.Г. Опыт и перспективы использования горючих сланцев в промышленности России и за рубежом. // Науки о земле. Известия ТулГУ. 2016. Вып. 3. С. 216-224 (на русском языке)
5. Алимов Р.С., Борминский С.И. Применение сланцевой смолы в качестве флотореагента при флотации сульфидных руд. // Республиканская конференция молодых ученых «Инновационные идеи молодых ученых, геологов и специалистов в развитии минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан», 2010. – С. 70-71 (на русском языке)
6. Алматов И.М. Пути комплексной переработки горючих сланцев месторождения Актау (Узбекистан). / Алматов И.М., Усенов Р.Б., Махмарежабов Д.Б. // Обогащение руд. 2023. №6. С. 28-32 (на русском языке)
7. Умарова И.К. Исследование возможности извлечения сульфидных минералов при комплексной переработке горючих сланцев. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов. // Горный журнал Казахстана. 2021. №10. С. 34-38 (на русском языке)

8. Умарова И.К. Технологические исследования на обогатимость золотосодержащих руд месторождения Кызылалма участка Самарчук. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов, Ш.А. Бердикулов. // Горный журнал Казахстана. 2022. №1. С. 43-48 (на русском языке)
9. Гуро В.П. Жидкостно-экстракционное концентрирование ионов металлов в продуктах переработки горючих металлоносных сланцах. / В.П. Гуро, М.А. Ибрагимова. // Узбекский химический журнал. 2009. №6. С. 38-41 (на русском языке)
10. Wei Guo. Термическое поведение пиролиза горючих сланцев в условиях низкотемпературного прямого окислительного процесса. / Wei Guo, Qinchuan Yang, Xu Zhang, Shaotao Xu, Sunhua Deng, Qiang Li. // Публикация ACS. 2021. С. 18074-18083 (на английском языке)
11. Исоков М.У., Юсупходжаев А.М., Алимов Р.С., Сомова У.А. Перспективы освоения горючих сланцев Республики Узбекистан. // Материалы научно-практической конференции «Проектирование и научное сопровождение инновационных технологий в добыче и переработке нефти и газа», 2015. – С. 180-186 (на английском языке)
12. Almatov I.M. Перспективность переработки черносланцевых руд с попутным извлечением редких и редкоземельных элементов в Республике Узбекистан. / Almatov I.M., Yusupkhodjaev A.M., Sagdieva M.G., Soatov S.A. // Мировые научные журналы. 2021. Т. 9. Вып. 5. 2021. С. 1937-1940 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Стрижакова Ю.А. Жанғыш тақтатастар. Генезис, құрамдар, ресурстар: М.: Жер қойнауы, 2008, Б. 192 (орыс тілінде)
2. Huairong Zhou. Көмірмен жұмыс істейтін мұнай тақтатастарын тиімді пиролиздеудің және пиролиз мұнайын жоғары құнды конверсиялаудың кешенді схемасы. / Huairong Zhou, Hongwei Li, Runhao Duan, Qingchun Yang. // Энергия. 2020. Б. 196 (ағылшын тілінде)
3. Морев А.А. Күкіртті жанғыш тақтатастарды кешенді энергетикалық өңдеу схемаларында күл жылу алмастырғыштарын пайдаланудың Жылу техникалық аспектілері. / А.А. Морев, А.Н. Мракин, А.А. Селиванов. // Энергетика мәселелері. 2015. № 5-6. Б. 60-65 (орыс тілінде)
4. Хачатурян В.Г. Ресейде және шетелде жанғыш тақтатастарды қолдану тәжірибесі мен болашағы. // Жер туралы ғылымдар. Тулгу жаңалықтары. 2016. Т. 3. Б. 216-224 (орыс тілінде)
5. Алимов Р.С., Борминский С.И. Сульфидті кендерді флотациялау кезінде тақтатастар шайырын флотореагент ретінде қолдану. // «Өзбекстан Республикасының минералды-шикізат базасын дамытудағы жас ғалымдардың, геологтардың және мамандардың инновациялық идеялары» жас ғалымдардың республикалық конференциясы, 2010. – Б. 70-71 (орыс тілінде)
6. Алматов И.М. Ақтау кен орнының жанғыш тақтатастарын кешенді өңдеу жолдары (Өзбекстан). / И.М. Алматов, Р.Б. Усенов, Д.Б. Махмарежабов. // Кендерді байыту. 2023. №6. Б. 28-32 (орыс тілінде)
7. Умарова И.К. Жанғыш тақтатастарды кешенді өңдеу кезінде сульфидті минералдарды алу мүмкіндігін зерттеу. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2021. №10. Б. 34-38 (орыс тілінде)
8. Умарова И.К. Самарчук учаскесінің Қызылалма кен орнының құрамында алтын бар кендерін байытуға арналған технологиялық зерттеулер. / И.К. Умарова, О.Г. Хайитов, Ш.А. Бердіқұлов. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2022. №1. Б. 43-48 (орыс тілінде)
9. Гуро В.П. Жанғыш металл тақтатастарын қайта өңдеу өнімдеріндегі металл иондарының сұйық-экстракциялық концентрациясы. / В.П. Гуро, М.А. Ибрагимова. // Өзбек химия журналы. 2009. №6. Б. 38-41 (орыс тілінде)
10. Wei Guo. Төмен температуралық кототықтырғыш жағдайлардағы сланец пиролизінің термиялық әрекеті. / Wei Guo, Qinchuan Yang, Xu Zhang, Shaotao Xu, Sunhua Deng, Qiang Li. // ACS басылымы. 2021. Б. 18074-18083 (ағылшын тілінде)
11. Исоков М.У., Юсупходжаев А.М., Алимов Р.С., Сомова У.А. Өзбекстан Республикасындағы мұнай тақтатастарын дамыту перспективалары. // «Мұнай мен газды өндіру мен өңдеудегі инновациялық технологияларды жобалау және ғылыми қамтамасыз ету» ғылыми-практикалық конференциясының материалдары, 2015. – Б. 180-186 (ағылшын тілінде)
12. Almatov I.M. Өзбекстан Республикасындағы сирек және сирек жер элементтерін кездейсоқ өндірумен қара тақтатастар кенін өңдеу перспективасы. / Almatov I.M., Yusupkhodjaev A.M., Sagdieva M.G., Soatov S.A. // Ғаламдық ғылыми журналдар. 2021. Т. 9. Шығ. 5. Б. 1937-1940 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Strizhakova Yu.A. Goryuchie slantsy. Genezis, sostavy, resursy: M.: Nedra, 2008, S. 192 [Strizhakova Yu.A. Oil shales. Genesis, compositions, resources: M.: Nedra, 2008, P. 192] (in Russian)
1. Huairong Zhou. An integrated scheme of coal-assisted oil shale efficient pyrolysis and high-value conversion of pyrolysis oil. / Huairong Zhou, Hongwei Li, Runhao Duan, Qingchun Yang. // Energy. 2020. P. 196 (in English)
2. Morev A.A. Teplotekhnicheskie aspekty ispol'zovaniya zol'nykh teploobmennikov v skhemakh kompleksnoi energotekhnologicheskoi pererabotki sernistykh goryuchikh slantsev. / A.A. Morev, A.N. Mrakin,

- A.A. Selivanov. // *Problemy energetiki*. 2015. №5-6. S. 60-65 [Morev A.A. Thermal engineering aspects of the use of ash heat exchangers in the schemes of complex energy technological processing of sulphurous oil shales. / A.A. Morev, A.N. Mrakin, A.A. Selivanov. // *Problems of energy*. 2015. №5-6. P. 60-65] (in Russian)
3. Khachatryan V.G. Opyt i perspektivy ispol'zovaniya goryuchikh slantsev v promyshlennosti Rossii i za rubezhom. // *Nauki o zemle. Izvestiya TulGU*. 2016. Vyp. 3. S. 216-224 [Khachatryan V.G. Experience and prospects of using oil shales in industry in Russia and abroad. // *Earth Sciences. News of Tula State University*. 2016. Issue 3. P. 216-224] (in Russian)
 4. Alimov R.S., Borminskii S.I. Primenenie slantsevoi smoly v kachestve flotoreagenta pri flotatsii sul'fidnykh rud. // *Respublikanskaya konferentsiya molodykh uchenykh «Innovatsionnye idei molodykh uchenykh, geologov i spetsialistov v razvitii mineral'no-syr'evoi bazy Respubliki Uzbekistan»*, 2010. – S. 70-71 [Alimov R.S., Borminsky S.I. Application of shale resin as a flotation agent in flotation of sulfide ores. // *Republican Conference young scientists «Innovative ideas of young scientists, geologists and specialists in the development of the mineral resource base of the Republic of Uzbekistan»*, 2010. – P. 70-71] (in Russian)
 5. Almatov I.M. Puti kompleksnoi pererabotki goryuchikh slantsev mestorozhdeniya Aktau (Uzbekistan). / Almatov I.M., Usenov R.B., Makhmarezhabov D.B. // *Obogashchenie rud*. 2023. №6. S. 28-32 [Almatov I.M. Ways of complex processing of oil shales from the Aktau deposit (Uzbekistan). / I.M. Almatov, R.B. Usenov, D.B. Makhmarezhabov. // *Ore enrichment*. 2023. №6. P. 28-32] (in Russian)
 6. Umarova I.K. Issledovanie vozmozhnosti izvlecheniya sul'fidnykh mineralov pri kompleksnoi pererabotke goryuchikh slantsev. / I.K. Umarova, O.G. Khaiitov. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2021. №10. S. 34-38 [Umarova I.K. Investigation of the possibility of extracting sulfide minerals in the complex processing of oil shales. / I.K. Umarova, O.G. Khayitov. // *Mining Journal of Kazakstan*. 2021. №10. P. 34-38] (in Russian)
 7. Umarova I.K. Tekhnologicheskie issledovaniya na obogatimost' zolotosoderzhashchikh rud mestorozhdeniya kyzylalma uchastka Samarchuk. / I.K. Umarova, O.G. Khaiitov, Sh.A. Berdikulov. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2022. №1. S. 43-48 [Umarova I.K. Technological studies on the enrichment of gold-bearing ores of the Kyzylalma deposit of the Samarchuk site. / I.K. Umarova, O.G. Khayitov, Sh.A. Berdikulov. // *Mining Journal of Kazakstan*. 2022. №1. P. 43-48] (in Russian)
 8. Guro V.P. Zhidkostno-ekstraktsionnoe kontsentririrovanie ionov metallov v produktakh pererabotki goryuchikh metallonosnykh slantsakh. / V.P. Guro, M.A. Ibragimova. // *Uzbekskii khimicheskii zhurnal*. 2009. №6. S. 38-41 [Guro V.P. Liquid extraction concentration of metal ions in products of processing of combustible metal-bearing shales. / V.P. Guro, M.A. Ibragimova. // *Uzbek Chemical Journal*. 2009. №6. P. 38-41] (in Russian)
 9. Wei Guo. Thermal Behavior of Oil Shale Pyrolysis under Low-Temperature Co-Current Oxidizing Conditions. / Wei Guo, Qinchuan Yang, Xu Zhang, Shaotao Xu, Sunhua Deng, Qiang Li. // *ACS Publication*. 2021. P. 18074-18083 (in English)
 10. Isokov M.U., Yusupkhodzhaev A.M., Alimov R.S., Somova U.A. Prospects for the development of oil shale in the Republic of Uzbekistan. // *Materials of the scientific-practical conference «Design and scientific support of innovative technologies in mining and processing oil and gas»*, 2015. – P. 180-186 (in English)
 11. Almatov I.M. Perspektivity of black shale ore processing with the incidental extraction of rare and rare earth elements in the Republic of Uzbekistan. / Almatov I.M., Yusupkhodzhaev A.M., Sagdieva M.G., Soatov S.A. // *Global Scientific journals*. 2021. Vol. 9. Issue 5. P. 1937-1940 (in English)

Сведения об авторах:

Хайитов О.Г., д-р геол.-минерал наук, профессор, академик Академии наук Турон, заведующий кафедрой «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), o_hayitov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7735-5980>

Алматов И.М., доктор философии по техническим наукам, старший научный сотрудник, начальник центра аналитических исследований ГУ «Институт минеральных ресурсов» Университета геологических наук (г. Ташкент, Узбекистан), ilkhom90@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6614-9487>

Авторлар туралы мәліметтер:

Хаитов О.Г., геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, Турон Ғылым Академиясының академигі, Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің «Тау-кен ісі» кафедрасының меңгерушісі Ислам Каримов (Ташкент қ., Өзбекстан)

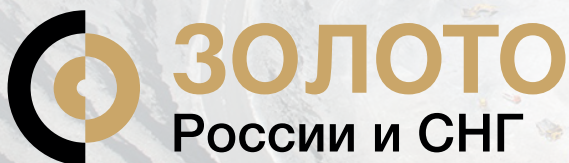
Алматов И.М., техника ғылымдары бойынша философия докторы, аға ғылыми қызметкер, Геология ғылымдары университетінің «Минералдық ресурстар институты» аналитикалық зерттеулер орталығының бастығы (Ташкент қ., Өзбекстан)

Information about the authors:

Khayitov O.G., Dr. geol.-mineral Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences Turon, Head of the Mining Department of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

Almatov I.M. PhD in Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Analytical Research Center of the State Institution «Institute of Mineral Resources» of the University of Geological Sciences (Tashkent, Uzbekistan)

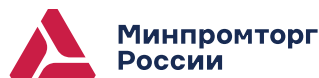
3-й международный конгресс и выставка



24–25 сентября 2024, Москва

VOSTOCK CAPITAL
— 21 год динамичного успеха —

При поддержке:



Ключевые моменты в программе конгресса 2024:

200+ РУКОВОДИТЕЛЕЙ КЛЮЧЕВЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ КОМПАНИЙ

России и стран СНГ, инициаторы инвестиционных проектов, компании-разработчики и производители оборудования и технологий для предприятий соберутся вместе на одной площадке для обсуждения наиболее острых вопросов в индустрии!

40+ КРУПНЕЙШИХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ:

строительство ГОКов, модернизация, расширение мощностей и освоение новых месторождений

40+ ДОКЛАДЧИКОВ и участников дискуссий: представители проектов, регуляторные органы, ведущие эксперты отрасли

30+ ЧАСОВ ДЕЛОВОГО И НЕФОРМАЛЬНОГО ОБЩЕНИЯ:

встречи один-на-один по заранее согласованному графику, деловые обеды, кофе-брейки, интерактивные дискуссии, коктейльный прием и многое другое

ФОКУС-СЕССИЯ: НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ: эффективные стратегии сотрудничества бизнеса и государства

ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ И ОБОРУДОВАНИИ

для добычи и переработки золота - презентация нового оборудования и передовых решений для горной добычи

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯМИ: модернизация для устойчивого будущего

ДИСКУССИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИРЕКТОРОВ: эффективное использование техногенных россыпей и отвалов

ФИНАНСОВЫЕ АСПЕКТЫ и управление ресурсами в индустрии золотодобычи

АКТУАЛЬНО! CASE-STUDY:

Судьба известных и перспективы будущих проектов в золотодобывающем секторе

Предотвращение рисков: продвинутые **МЕТОДЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНФРАСТРУКТУРЫ при обустройстве месторождений

ЭКСКЛЮЗИВНАЯ ВЫСТАВКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ.

Технологические презентации, роуд-шоу, специализированная выставка технологий, оборудования и услуг от мировых лидеров

[GOLDMININGRUS.COM](https://goldminingrus.com)

+7 (495) 109 9 509 (Москва)
events@vostockcapital.com



Среди постоянных участников мероприятия:



Код МРНТИ 53.07.03

М.К. Есенов¹, *Л.И. Раматуллаева¹, А.А. Волненко¹, Г.К. Ивахнюк²
¹AUEZOV UNIVERSITY (Шымкент қ., Қазақстан),
²САНКТ-ПЕТЕРБУРГ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ИНСТИТУТЫ
 (Санкт-Петербург қ., Ресей)

ДИСПЕРСТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАҒЫ ЖЫЛУ ЖӘНЕ МАССА АЛМАСУ ПРОЦЕСТЕРІНЕ САЛҚЫНДАТҚЫШ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. W салқындатқыш ағынының жылдамдығы 1-4 м/с-қа дейін өскен кезде барабанның көлденең орналасуы кезінде барабанды материалмен толтыру коэффициентінің мәні 8,11%, ал барабанның көлбеу бұрышында $\alpha = 1^\circ$ 5,68% төмендейтіні дәлелденді. Бұл газдың құлаған бөлшектерге әсер ету күшінің артуымен түсіндіріледі және олар перифериялық араластырғыш құрылғының қалақтарынан құлаған кезде түсіру жағына қарай үлкен қашықтыққа түсіріледі, бұл олардың кептіргіште болу уақытын τ азайтады және материалдың жылу тасымалдағышпен жанасу уақытын және температураны θ , төмендетуге әкеледі: 2°C ($\alpha = 0^\circ$); $1,7^\circ\text{C}$ ($\alpha = 1^\circ$). Кептіргіштен шығатын t_2 кептіру агентінің температурасы сәйкесінше 5-6 $^\circ\text{C}$ артады. Бұл дайын өнімнің ылғалдылығының сәйкесінше өсуіне әкеледі: 2,2% ($\alpha = 0^\circ$), 3,09% ($\alpha = 1^\circ$). Мысалы, t_1 80 $^\circ\text{C}$ жоғарылаған кезде, θ_2 материалының температурасы артады: 8,5 $^\circ\text{C}$ ($\alpha = 0^\circ$), 3,5 $^\circ\text{C}$ ($\alpha = 2^\circ$). Барабанда кептіру агентінің массалық жылдамдығының артуы (w_p) 1,8-2,8 кг/(м²с) аралығында толтыру коэффициентінің 18-20% төмендеуіне әкеледі.

Түйінді сөздер: жылу тасымалдағыштың жылдамдығы, жылу және масса алмасу процестері, дисперсті материалдарды өңдеу, кептіргіш, кептіру қондырғылары, кептіру агенті, барабан агрегаттары.

Studying the influence of coolant speed on the processes of heat and mass transfer in technological equipment for processing disperse materials

Abstract. It has been proven that with an increase in coolant flow rate w in the range from 1-4m/s with a horizontal drum position, the value of the drum filling coefficient with material ψ decreases by 8.11%, and with the drum inclination angle $\alpha = 1^\circ$ by 5.68%. This is explained by the fact that the force of the gas on falling particles increases and, when falling from the blades of the peripheral mixing device, they are carried a greater distance towards unloading, which reduces the time τ of their stay in the dryer and leads to a decrease in the time of contact of the material with the coolant and temperature θ_2 by 2°C ($\alpha = 0^\circ$); $1,7^\circ\text{C}$ ($\alpha = 1^\circ$). The temperature of the drying agent t_2 leaving the dryer increases by 5-6 $^\circ\text{C}$. In soybeans, this leads to an increase in the moisture content of the finished product by 2,2% ($\alpha = 0^\circ$), 3,09% ($\alpha = 1^\circ$). Thus, with an increase in t_1 by 80 $^\circ\text{C}$, the temperature of the material θ_2 increases by 8,5 $^\circ\text{C}$ ($\alpha = 0^\circ$), 3,5 $^\circ\text{C}$ ($\alpha = 2^\circ$). It was revealed that an increase in the mass velocity of the drying agent in the drum (w_p) 1.8-2.8 kg/(m²s) entails a decrease in the filling factor by 18-20%.

Key words: coolant speed, heat and mass transfer processes, processing of dispersed materials, dryer, drying installations, drying agent, drum units.

Изучение влияния скорости теплоносителя на процессы тепло- и массообмена в технологическом оборудовании для обработки дисперсных материалов

Аннотация. Доказано, что при возрастании скорости потока теплоносителя $w = 1-4$ м/с при горизонтальном расположении барабана значение коэффициента заполнения барабана материалом ψ уменьшается на 8,11%, а при угле наклона барабана $\alpha = 1^\circ$ – на 5,68%. Здесь увеличивается сила воздействия газа на падающие частицы и они при падении с лопаток перемешивающего устройства сносят на большее расстояние в сторону разгрузки, что снижает время τ их пребывания в сушилке и приводит к снижению времени контакта материала с теплоносителем и температуры θ_2 на 2°C ($\alpha = 0^\circ$); $1,7^\circ\text{C}$ ($\alpha = 1^\circ$). Температура сушильного агента t_2 , выходящего из сушилки, увеличивается на 5-6 $^\circ\text{C}$; ведет к возрастанию влажности готового продукта на 2,2% ($\alpha = 0^\circ$), 3,09% ($\alpha = 1^\circ$). При повышении t_1 на 80 $^\circ\text{C}$ температура материала θ_2 увеличивается на 8,5 $^\circ\text{C}$ ($\alpha = 0^\circ$), 3,5 $^\circ\text{C}$ ($\alpha = 2^\circ$). Увеличение массовой скорости агента сушки в барабане (w_p) 1,8-2,8 кг/(м²с) влечет за собой понижение коэффициента заполнения на 18-20%.

Ключевые слова: скорость теплоносителя, процессы тепло- и массообмена, обработка дисперсных материалов, сушилка, сушильные установки, сушильный агент, барабанные агрегаты.

Кіріспе

Соңғы өнімді дайындау немесе шығару процесінде шикізат немесе материалдар кептірілмеген жерде мұндай өндірісті табу қиын. Көптеген технологиялық процестерде бұл дайын өнімнің сапасын да, бүкіл технологиялық желінің тиімділігін де анықтайтын операциялардың бірі. Кептіру процестері энергияны көп қажет ететіні белгілі, сондықтан олардың тиімділігі өндірістің экономикалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді.

Осыған байланысты материалдарды кептіруге арналған қондырғылар [1-5, 9-12] біртекті, жоғары сапалы өнімді алу кезінде жоғары тиімділік пен біркелкі кептіруді қамтамасыз етуі керек. Артықшылығы кептіру процесінің үздіксіздігін, ыңғайлылықты, техникалық қызмет көрсетудің және жөндеудің қарапайымдылығын, қондырғының максималды өнімділігін және материалдың ылғалдылығын кетіру үшін жылу мен электр энергиясының минималды шығындарымен кептіру кеңістігіндегі ерекше ылғалды көтеруді қамтамасыз ететін қондырғыларға берілуі керек.

Материалдар мен әдістер

Сонымен қатар, процестің, аппараттың және барлық технологияның экологиялық тазалығы туралы заманауи талапты ұмытпауымыз керек. Газ, сұйық және қатты қалдықтарды тазарту үшін шаң-газ ұстағыштар мен басқа да қондырғыларды құру игерудің жетілмегендігін көрсетеді.

[1-5, 9-12] материалға берілетін жылудың жоғарылауына кептіру кеңістігінің көлемінің ұлғаюымен, орташа температура айырмашылығының және жылу беру коэффициентінің жоғарылауымен қол жеткізуге болатыны белгілі.

Аппарат көлемінің ұлғаюы кептіргіштің алып жатқан аумағы мен металл сыйымдылығының өсуіне байланысты. Сонымен қатар, бұл кептіру агентінің шығынын және, әрине, оны жылытуға кететін шығындарды арттырады. Сонымен, диаметрі өзгергенін көрсететін мәліметтер келтірілген D_0 1м-ден 3,5 м-ге дейін салқындатқышты дайындауға жұмсалатын энергия шығынын он есе арттырады. Сонымен қатар, жетектің қуаты шамамен 30 есе артады.

Температура айырмашылығын арттыру арқылы кептіру қондырғысының тиімділігін арттыру Δt_{cp} әрдайым қол

жетімді бола бермейді [7], өйткені кіретін салқындатқыштың температурасы көбінесе кептірілген материалдардың физика-химиялық қасиеттерімен шектеледі. Сонымен қатар, құрылғының кіреберісіндегі газ температурасының 100 °С-тан 400 °С-қа дейін жоғарылауы [6] жылыту қондырғысының энергия сыйымдылығын 7 есе арттыруға әкеледі.

Жоғарыда айтылғандардан, кептіру қондырғылары үшін қолайлы кептіру процесін қарқындатудың үнемді жолдарының бірі жылу беру α коэффициентін арттыру болып табылады.

Д.М. Стерлиннің [8] айтуы бойынша α барабан аппараттарындағы коэффициентінің барабанның айналу жылдамдығын N және кептіру аймағындағы кептіру агентінің массалық жылдамдығын арттыру арқылы жоғарылатуға болады (ρ, w), бұл жылу алмасу коэффициентінің жоғарылауына ғана емес, сонымен қатар газды жылытуға жұмсалатын энергия шығынының артуына және барабаннан материал бөлшектерінің көбірек тасымалдануына әкеледі. Бұл тәсіл алдын-ала жан-жақты талдауды қажет етеді.

Кептірілетін материалдың бөлшектерін үрленетін кептіру агентімен тікелей байланыстыру арқылы сусымалы, тұйыршықты және ұсақ бөлшектерді өңдеу үшін қолданылатын барабанды кептіргіштер кептіргіш қондырғылардың басқа түрлеріне қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие [4]:

- техникалық қызмет көрсету оңай;
 - олар салыстырмалы түрде үлкен өнімділікке ие (буланған ылғал бойынша ол 10 т/сағ. дейін жетеді);
 - жоғары температуралы газдарды қолдану мүмкіндігіне байланысты өте үнемді, өйткені барабан айналғанда материал үздіксіз араласады және бөлшектер өте қысқа уақыт ішінде Газбен үрленеді;
 - оларда бөлшектердің диаметрі 300 мм ге дейін болатын ірі материалдарды кептіруге болады.
- Сондықтан олар әртүрлі салаларда кеңінен қолданылды (50%-дан астам).

Дисперсті материалдарды кептіру үшін шахта, пневматикалық, аэрофонтанды кептіргіштер мен қайнаған қабаты бар кептіргіштер де қолданылады.

Шахта кептіргіштері әр түрлі [1-3] шахта ішіндегі материалдың қозғалу сипаты бойынша:

- материал шахтаның ішіне еркін түседі;
- материалдың еркін түсуі әртүрлі пішіндегі сөрелерді орнату арқылы жасанды түрде баяулайды;
- материал шахтада үздіксіз массамен қозғалады және оның қозғалыс жылдамдығы шахтадан алынған кептірілген материалдың мөлшерімен анықталады;
- шахтадағы материалдың қозғалыс жылдамдығы шахта ішінде орналасқан тасымалдау механизмдерінің жылдамдығымен анықталады.

Олар төмен өнімділікке, күрделі дизайнға ие және үлкен өндіріс орындарын алады.

Пневматикалық аппараттарда материалды кептіру салқындатқыштың (қыздырылған ауа немесе жанғыш газдар) жоғары ағынында жүреді. Материалдың бөлшектерінің мөлшері мен тығыздығына байланысты ағынның жылдамдығы 10-45 м/с болуы керек, бұл газдың энергия шығынын едәуір арттырады.

Ең қарқынды-аэрофонтанды кептіргіштер мен қайнаған қабаты бар құрылғылар. Олардағы гидродинамикалық

жағдай газ және қатты фазалардың жылдамдық өрісімен анықталады, бұл фазалардың аппаратта және оның жеке аймақтарында болу уақыты бойынша таралуын, сондай-ақ фазалардың араласу жағдайларын анықтайды. Мысалы, пневматикалық кептіргіштерде қатты және газ фазаларының қозғалысы идеалды выгтыстыруға жақын режимде жүзеге асырылады, бұл осы кептіргіштердің оң жағы. Классикалық қайнаған қабаты бар кептіргіштерде және аэрофонтанды кептіру қондырғыларында материалдың қарқынды араласуы жүреді, яғни режим тамаша араластыру режиміне жақын, бұл дайын өнімнің біркелкі емес ылғалдылығына әкеледі.

Соңғы уақытта материалдарды кептіруге перспективалы болып бір аппаратта газ және қатты фазалардың екі жанасу аймағын біріктіретін аралас аппараттар табылады, онда әр түрлі гидродинамикалық режимдерде кептіру жүзеге асырылады, бұл процесті едәуір күшейтуге мүмкіндік береді.

Бос және байланысты ылғалдылығы бар ылғалды материалдар көбінесе жоғары бастапқы ылғалдылыққа ие және айқын адгезиялық-когезиялық қасиеттерге ие. Мұндай жағдайларда кептірудің бірінші кезеңі бір-біріне жабысатын және жиналатын материалдардың бөлінуін қамтамасыз етуі керек. Осы мақсатта [2, 8, 9] пневмокөлік режимінде кептірілген өнімді шығарумен ауа жылдамдығының жоғарылауы кезінде жылдам араластырғыштары бар аппараттарды пайдалануға болады. Екінші кезең-кептіру камерасы.

Аралас кептіргіштер, әдетте, алынған өнімді сусыздандыруға арналған екі немесе үш құрылымнан тұрады. Оларға [8, 9] жатады:

- «қайнаған» қабаттан, пневматикалық көліктен және циклоннан тұратын аралас циклонды кептіргіш;
- эжектор мен циклонның тіркесімі болып табылатын аралас аэрофонтанды кептіргіш;
- саңырауқұлақ роторы бар барабан аппаратынан және кептіру бағанынан тұратын біріктірілген қарсы ток кептіргіш;
- қайнаған және фонтанды қабаты бар таспалы кептіргіш;
- көлденең пневмокөлік пен барабан аппаратынан тұратын аралас кептіргіш.

Аралас кептіргіштер өте көп, бұл өңделген өнімнің физика-химиялық сипаттамаларының (дисперсті материал, суспензия, шлам) қасиеттерінің, гранулометриялық құрамының және т.б. ерекшеліктерімен және оның сапасына қойылатын соңғы талаптармен байланысты. Дегенмен, олардың негізгі кемшілігі-олар әртүрлі конструкциялардың комбинацияларынан тұрады, бұл кептіргіштер санының артуына ғана емес, сонымен қатар қызмет көрсету персоналының өсуіне әкеледі. Бұл қазір қымбат. Аралас кептіргіштерді негізінен жобалау ұйымдары әзірледі, олар белгілі конструкциялар мен оларды есептеу әдістерін қолдана отырып, оларды біріктірді.

Нәтижелер

Мұндай кемшіліктер дисперсті материалдың қайнаған қабатында және біз жасаған барабан аппаратында екі фазалық байланыс аймағы бар кептіргіштен айырылған [10], өйткені бұл біртұтас құрылым.

Құрылымның сенімділігіне, қызмет көрсетудің қарапайымдылығына және материалдардың кең спектрін өңдеу мүмкіндігіне байланысты ауыл шаруашылығында, химия және тамақ өнеркәсібінде қолданылатын кептіру қондырғыларының барлық конструкцияларының ішінде барабан агрегаттары ең кең таралған (50%-дан астам) болды.

Көптеген ғалымдардың күш-жігері барабан кептіргіштерінде болатын жылу-масса алмасу процестерін күшейтуге бағытталған. Олардың жұмыс тиімділігін арттырудың әртүрлі әдістері, барабанның теріс бұрышын және оларды есептеу әдістерін қолдана отырып, қондырғылардың жаңа конструкциялары, ішкі тарату құрылғыларының жаңа конструкциялары жасалды. Алайда, жүргізілген зерттеулердің материалдары әртүрлі сипатта болады, бұл барабан түріндегі кептіргіштердің ең қолайлы дизайнын зерттеуде, есептеуде, жобалауда және таңдауда айтарлықтай қиындықтар туғызады.

Барабанды кептіргіштер кептірілетін материал бөлшектерінің үрленетін кептіру агентімен тікелей жанасуы есебінен сусымалы, түйіршікті және ұсақ кесекті Материалдарды өңдеу үшін қолданылады. Соңғысы, әдетте, кептіру агентінің температурасы жоғары (400-900 °С).

Барабанды кептіру қондырғыларының негізгі бөлігі болып табылады [6] айналмалы барабан көкжиекке қарай белгілі бір көлбеу бұрышпен орнатылған (әдетте +3°...-3°). Соңғы уақытқа дейін тек оң бұрыш қолданылды (0° + 3°), яғни барабан тиеу жағынан кептірілетін материалдың түсіру жағына қарай еңіспен орнатылды. Бірақ соңғы кездері барабанның көлбеу бұрышына көлбеу жүктеме жағына бағытталған кезде ауысу байқалды. Барабанның ішінде материалды араластыруға арналған ішкі саптама бар (1-кесте) [4].

Материалды барабан бойымен жылжыту иық пышақтарынан түсетін және үйіндідегі бөлшектерге, кептіру аген-

тінің қысым күшіне және ауырлық күшіне әсер ету арқылы жүзеге асырылады.

Материалды жақсырақ араластыру, материалдың кептіру агентімен жанасу аймағын ұлғайту үшін, демек, кептіру агентінен кептіру барабандарының ішіне жылу массасы мен жылу беру коэффициентін арттыру үшін құю құрылғысы (саптама) орнатылады.

Барабанның басында материалды тиеу жағынан қабылдау-бұрандалы саптама, ал одан әрі негізгі, ол ретінде қалақша саптамалары, секторлық немесе олардың комбинациялары пайдаланылады.

Жақсы сусымалы және бөлшектердің диаметрі бар материалдарды кептіру кезінде $d_q < 8$ мм диаметрі барабандарда $D_6 = 1000...1600$ мм әдетте сектор саптамасы қолданылады, ал $d_q > 8$ мм – қалақша. Егер материал жабысуға бейім болса, бірақ кептіруден кейін оның ағымы жақсарды, содан кейін диаметрі $D_6 = 1000...2200$ мм барабандарда алдыңғы бөлігінде қалақша, содан кейін сектор немесе тарату орнатылады. $D_6 = 2500...2800$ мм материалдың ағындылығына және бөлшектердің диаметріне қарамастан, ұзындығы 2 м қалақша саптамасы, ал қалған кеңістікте секторлық және тарату қондырғысы орналасқан [7].

Кептіру барабанындағы жылу алмасу тиімділігіне кептіру агентінің қозғалыс жылдамдығы айтарлықтай әсер ететіні белгілі. Сонымен, кептіру агенті барабан бойымен неғұрлым жоғары жылдамдықпен қозғалса, жылу беру коэффициенті соғұрлым жоғары болады.

Автор [10] w салқындатқышының ағынының жылдамдығы 1 м/с-тан 4 м/с-қа дейін өскен кезде, барабанның көлденең орналасуы кезінде барабанды материалмен толтыру коэффициентінің ψ мәні 8,11%-ға, ал барабанның көлбеу бұрышында $\alpha = 1^\circ$ -тен 5,68%-ға төмендейтінін көрсететін эксперименттік мәліметтер

Кесте 1

Ішкі саптаманың негізгі түрлерінің параметрлері

Table 1

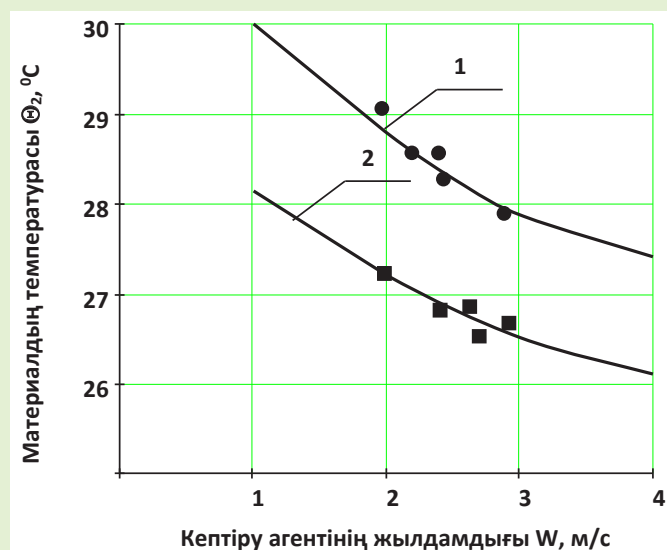
Parameters of the main types of internal nozzle

Таблица 1

Параметры основных типов внутренней насадки

Саптама түрі	Барабанның диаметрі, м	Саптама қалақтарының саны, дана.	Барабанды материалмен толтыру коэффициенті, %	Бөлшектердің құлауының орташа биіктігі, м
Қалақша	1,0	6	15	0,617
	1,2	8		0,741
	1,6	12		1,080
	2,0	14	18	1,045
	2,1	16		1,345
	2,5	18		1,545
	2,8	20		1,590
Секторлық	1,0	25	25	0,150
	1,2	25		0,191
	1,6	25		0,245
	2,0	28	21	0,344
	2,2	28		0,398
	2,5	28		0,452
	2,8	51		0,439

алды. Бұл газдың құлаған бөлшектерге әсер ету күшінің артуымен түсіндіріледі және олар перифериялық араластырғыш құрылғының қалақтарынан құлаған кезде түсіру жағына қарай үлкен қашықтыққа түсіріледі, бұл олардың кептіргіште болу τ уақытын азайтады және материалдың жылу тасымалдағышпен жанасу уақытын және температураны төмендетуге θ_2 -ден 2°C және $\alpha = 0^\circ$ және де $1,7^\circ\text{C}$ -ден $\alpha = 1^\circ$ әкеледі (сурет 1). Сонымен қатар, кептіргіштен шығатын t_2 кептіру агентінің тем-



Қисықтар мен эксперименттік нүктелерді белгілеу:
1 – $\alpha = 0^\circ$; 2 – $\alpha = 1^\circ$.

Сурет 1. Барабаннан шығатын материалдың температурасының кептіру агентінің жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 1. Dependence of the temperature of the material leaving the drum on the speed of the drying agent.

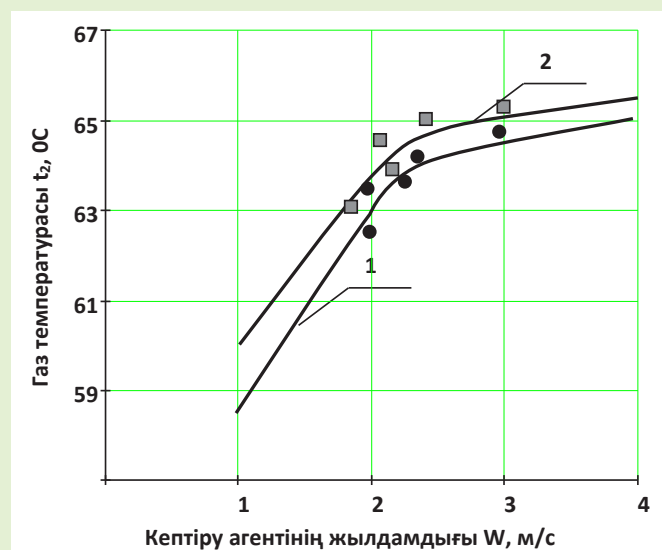
Рис. 1. Зависимость температуры материала, выходящего из барабана, от скорости сушильного агента.

Талқылау

Авторлар [11, 12], айналмалы саптамасы бар барабан аппаратында жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде барабанда кептіру агентінің массалық жылдамдығының артуы ($w\rho_d$) 1,8-ден 2,8 $\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$ шегінде (5-сурет) толтыру коэффициентінің іс жүзінде 18-20%-ға төмендеуіне әкеп соқтыратынын анықтады. Қисық сызықтардың сипаты $\psi = f(w\rho_d)$ материалдың тығыздығына қарамастан барабанның оң және теріс көлбеу бұрышына ұқсас. Сонымен қатар, тығыздығы жоғары материалды кептіру жағдайында барабанды толтыру коэффициентінің мәні жоғары мәндерге ие.

5-суреттен көріп отырғанымыздай [12] материалдың тығыздығы бірдей болған кезде теріс көлбеу бұрышындағы барабанды толтыру коэффициенті коэффициенті $\alpha_\theta = -1^\circ$ көбірек, $\alpha_\theta = 1^\circ$ оң жағдайына қарағанда. Бұдан шығатыны, теріс көлбеу бұрышпен жұмыс істейтін кептіргіш $\alpha_\theta = -1^\circ$, айтарлықтай резервтерге ие, өйткені барабан арқылы өтетін салқындатқыштың мөлшерін көбейту мүмкіндігі бар.

пературасы сәйкесінше 6°C және 5°C -қа артады (2-сурет). Бұл, өз кезегінде, дайын өнімнің ылғалдылығының сәйкесінше 2,2% және 3,09% өсуіне әкеледі. 4-суретте көрсетілген графиктерді талдау [11] t_1 барабанының кіреберісіндегі салқындатқыштың температурасы дайын өнімнің температурасына да әсер ететіндігін көрсетеді. Сонымен, t_1 80°C -қа жоғарылаған кезде, θ_2 материалының температурасы $\alpha = 0^\circ$ болғанда $8,5^\circ\text{C}$ -қа, ал $\alpha = 2^\circ$ болғанда $3,5^\circ\text{C}$ -қа артады.



Қисықтар мен эксперименттік нүктелерді белгілеу:
1 – $\alpha = 0^\circ$; 2 – $\alpha = 1^\circ$.

Сурет 2. Барабаннан шығатын газ температурасының кептіру агентінің жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 2. Dependence of the temperature of the gas leaving the drum on the speed of the drying agent

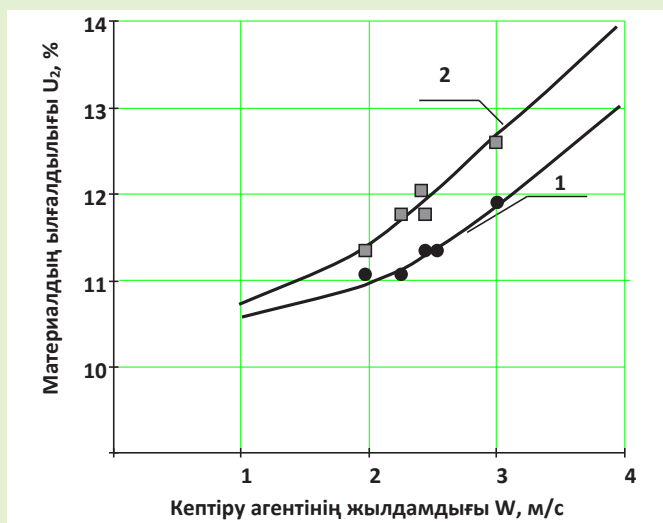
Рис. 2. Зависимость температуры газа, выходящего из барабана, от скорости сушильного агента.

Михайлов Н.М. [12] барабан кептіргіште жылу алмасудың көлемдік коэффициенті мен ауа жылдамдығы арасындағы байланыс теңдеу арқылы көрсетілетінін атап өтті:

$$\alpha_v = A(\gamma v)^k. \quad (1)$$

Алайда, мұндай өңдеу, автордың өзі атап өткендей, практикалық емес, өйткені ауа жылдамдығы иық пышақтарынан түскен бөлшектер мен иық пышақтарындағы бөлшектер үшін жылу алмасу қарқындылығына әр түрлі әсер етеді. Бұл жағдайда A және k коэффициенттерінің мәні кептіргіштің дизайнына ғана емес, сонымен қатар оның жұмыс режиміне, атап айтқанда барабанның айналу санына және бөлшектердің мөлшеріне байланысты болады.

[8-12] толтыру дәрежесі барабанның бұрышына қарамастан газдардың жылдамдығына кері әсер ететіндігі анықталды. Соңғысы өзгергенімен, барабанды толтырудың шекті мәндері және $G = f(w)$ функциясының

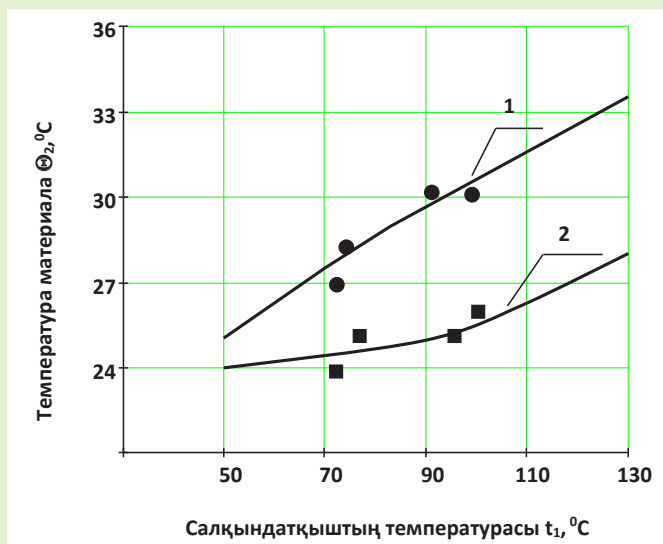


Қисықтар мен эксперименттік нүктелерді белгілеу:
1 – $\alpha = 0^\circ$; 2 – $\alpha = 1^\circ$.

Сурет 3. Барабаннан шығатын материалдың ылғалдылығының кептіру агентінің жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 3. Dependence of the humidity of the material leaving the drum on the speed of the drying agent.

Рис. 3. Зависимость влажности материала, выходящего из барабана, от скорости сушильного агента.

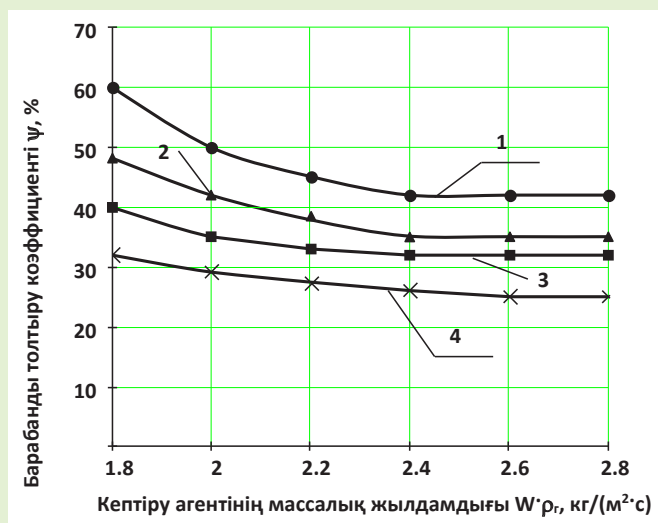


Қисықтар мен эксперименттік нүктелерді белгілеу:
1 – $\alpha = 0^\circ$; 2 – $\alpha = 2^\circ$.

Сурет 4. Барабаннан шығатын материалдың температурасының кіретін салқындатқыштың температурасына тәуелділігі.

Figure 4. Dependence of the temperature of the material leaving the drum on the temperature of the incoming refrigerant.

Рис. 4. Зависимость температуры материала, выходящего из барабана, от температуры поступающего хладагента.



Қисықтарды белгілеу:

1 – барабанның бұрышы $\alpha_b = -1^\circ$ болғанда $\rho_m = 950 \text{ кг/м}^3$;
2 – барабанның бұрышы $\alpha_b = 1^\circ$ болғанда $\rho_m = 950 \text{ кг/м}^3$;
3 – барабанның бұрышы $\alpha_b = -1^\circ$ болғанда $\rho_m = 1200 \text{ кг/м}^3$;
4 – барабанның бұрышы $\alpha_b = 1^\circ$ болғанда $\rho_m = 1200 \text{ кг/м}^3$.

Сурет 5. Барабанды толтыру коэффициентінің салқындатқыштың массалық жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 5. Dependence of the drum filling factor on the mass velocity of the coolant.

Рис. 5. Зависимость коэффициента заполнения барабана от массовой скорости теплоносителя.

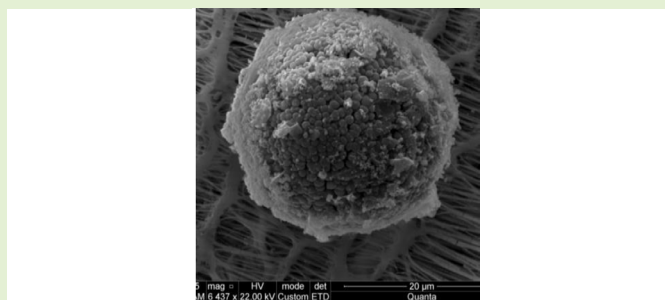
көлбеу бұрышы өзгереді, бірақ аппараттың өнімділігі төмендейді.

Шаң кешендерінің пішінін, өлшемін және құрамдас құрамын терең зерттеу үшін біз негізгі технологиялық операцияларды орындау кезінде кеуек диаметрі 0,8 мкм болатын PTFE сүзгілеріне шаң үлгілерін таңдадық. Қосымша зерттеулер Quanta 200 сканерлеуші электронды микроскопында электронды микроскопия және энергия дисперсиялық рентгендік микроанализ арқылы жүргізілді.

Тоқтатылған шаң бөлшектерінің дисперсті құрамын физика-химиялық талдаудың жалпы нәтижелері және аэрозоль үлгілерінің электрондық фотосуреттерінің мысалдары 6-ші суретте келтірілген. Ұнтақтау процесінде пайда болған шаң-мөлшері 67,0 нм-ден 2,0 мкм-ге дейінгі жеке немесе агломераттарға жиналған микро және нанокұрылымды бөлшектер түрінде кристалды және сфералық пішіндері бар әртүрлі химиялық сипаттағы шаң бөлшектерінің күрделі гетерогенді қоспасы.

Шаңның пайда болуы технологиялық операцияларды орындау кезінде пайда болады, негізінен жұмыс процесінде қолданылатын шикізаттан. Алынған үлгілерде анықталған шаң бөлшектері бір-біріне жабысып қалған немесе агломераттарға жиналған аэрозоль болды. Пішіні мен құрамы бойынша шаң бөлшектерінің көп бөлігі полиморфты құрылымның ыдырауының типтік аэрозолі болды, олар әртүрлі пішіндегі полиэдралар болып табылатын көптеген үшкір жиектері немесе кристалдық құрылымы бар.

Сондай-ақ, қалқымалы шаңның құрамында жеке, көбінесе сопақ немесе дөңгелек, аэрозоль бөлшектері-конденсаттар болды (6-сурет).



Сурет 6. Шаң үлгілерінің микрофотосы.
Figure 6. Microphoto of dust samples.
Рис. 6. Микрофото образцов пыли.

Қорытынды

Өнеркәсіптің әртүрлі салаларында ең көп таралған технологиялық процесс: тау-кен, химия, тамақ, фарма-

цевтика, сондай-ақ құрылыс материалдары, бояулар, минералды тыңайтқыштар және т.б. өндірістерде кептіру болып табылады, оны жүзеге асыру үшін негізінен (50%-дан астам) барабан аппараттары қолданылады. Кептіру барабанында, пайдалану мен дизайнның қарапайымдылығына қарамастан, салқындатқыштың айналмалы және құйылатын қабаттағы дисперсті қатты заттармен күрделі өзара әрекеттесуі жүреді. Кептіргіш барабан агрегаты, әдетте, саптамасы бар барабан аппаратының өзінен, салқындатқышты салқындатуға арналған қыздырғыш немесе тоңазытқыштан, желдеткіштен, дымқыл материалды мөлшерлеп беруге арналған қоректендіргіштен, тиеу және түсіру бункерлерінен, шаң жинау және газ тазарту жүйесінен тұрады, яғни химиялық немесе тамақ өнеркәсібінің барлық машиналары мен аппараттары бар технологиялық қондырғының аналогы болып табылады.

Кептіргіш барабан агрегаттары бойынша жүргізілген зерттеулерді талдауға сүйене отырып, бірдей жағдайларда жаңа сындарлы шешімдерді зерттеудің оңтайлы әдістемесі негізделген.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Есенов М.К. Тау-кен және қайта өңдеу өндірісіндегі шаң деңгейін төмендету үшін технологиялық жабдықты экологиялық модернизациялау аспектілері. / М.К. Есенов, Л.И. Раматуллаева, А.С. Колесников, Г.К. Ивахнюк. // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетені. 2023. №10. Б. 136-148 (ағылшын тілінде)
2. Чжан Дж. Сұйықтандыру технологиясын қолдана отырып, тамақ өнімдерін өңдеудегі жылу беруді жақсарту: шолу. / Дж. Чжан, Л. Янг, А.С. Муджумдар. // Азық-түлік ғылымы және диетология саласындағы сыни шолулар. 2018. №58 (14). Б. 2359-2376 (ағылшын тілінде)
3. Хоссейн М.С. Азық-түлікті конвективті кептіру кезінде жылу беруді арттыру: шолу. / М.С. Хоссейн, М. Рокнуззаман. // Азық-түлік технологиясы және биопроецестер. 2020. №13 (5). Б. 781-801 (ағылшын тілінде)
4. Есенов М.К. Қоршаған ортаны қорғау үшін аэрозоль бөлшектерін ұстауды оңтайландыру. / М.К. Есенов, Л.И. Раматуллаева, А.А. Волненко, Г.К. Ивахнюк. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2024. №4. Б. 50-58 (қазақ тілінде)
5. Гинсбург А.С. Тамақ өнеркәсібінің кептіру қондырғыларын есептеу және жобалау: М.: Агропромиздат, 1985, Б. 374 (орыс тілінде)
6. Лыков М.В. Химия өнеркәсібінде кептіру: М.: Химия, 1970, Б. 430 (орыс тілінде)
7. Першин В.Ф. Барабан типті машиналар: теория, есептеу және жобалау негіздері: Воронеж: Басылым. ВГУ, 1990, Б. 243 (орыс тілінде)
8. Стерлин Д.М. ДСП өндірісінде кептіру: М.: Леспром, 1977, Б. 178 (орыс тілінде)
9. Сажин Б.С. Кептіру техникасының негіздері: М.: Химия, 1984, Б. 320 (орыс тілінде)
10. Серімбетов Б.А. Жылжымалы тарату құрылғысы бар барабанды кептіру аппараттарын есептеу және модельдеу: автореф. дисс ... канд. Шымкент: 1999. 27 б. (орыс тілінде)
11. Теңізбаев Е.Ж. Айналмалы тарату элементтері бар кептіргіш барабан аппараттарында жылу-масса алмасу: автореф. дисс ... канд. Шымкент: 2003. 144 б. (орыс тілінде)
12. Михайлов Н.М. Электрстанцияларында отынды кептіру мәселелері: М.: Мемэнергоиздат, 1951, Б. 274 б. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Yessenov M.K. Aspects of ecological modernization of technological equipment to reduce the level of dust from mining and processing production. MIAB. / Yessenov M.K., Ramatullaeva L.I., Kolesnikov A.S., Ivakhniyuk G.K. // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2023. №10. P. 136-148 (in English)
2. Zhang J. Heat transfer enhancement in food processing using fluidization technology: a review. / Zhang J., Yang L., Mujumdar A.S. // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018. №58 (14). P. 2359-2376 (in English)

3. Hossain M.S. Heat transfer enhancement during convective drying of food products: a review. / Hossain M.S., Roknuzzaman M. // *Food and Bioprocess Technology*. 2020. №13 (5). P. 781-801 (in English)
4. Yessenov M.K. Optimization of aerosol particle capture for environmental protection. / M.K. Yessenov, L.I. Ramatullayeva, A.A. Volnenko, G.K. Ivakhniyuk. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2024. №4. P. 50-58 (in Kazakh)
5. Ginzburg A.S. Calculation and design of drying plants in the food industry: M.: Agropromizdat, 1985, S. 374 [Ginzburg A.S. Calculation and Design of Drying Installations in the Food Industry: Moscow: Agropromizdat, 1985, P. 374] (in Russian)
6. Lykov M.V. Sushka v khimicheskoi promyshlennosti: M.: Khimiya, 1970, P. 430 [Lykov M.V. Drying in the Chemical Industry: Moscow: Chemistry, 1970, P. 430] (in Russian)
7. Peshin V.F. Mashiny barabannogo tipa: osnovy teorii, rascheta i konstruirovaniya: Voronezh: Izd. VGU, 1990, S. 243 [Peshin V.F. Drum Machines: Fundamentals of Theory, Calculation, and Design: Voronezh: Publishing House of Voronezh State University, 1990, P. 243] (in Russian)
8. Steplin D.M. Sushka v proizvodstve dpevesno-stpuzhechnykh plit: M.: Lesppom, 1977, S. 178 [Sterlin D.M. Drying in the Production of Wood Chipboards: Moscow: Lesprom, 1977, P. 178] (in Russian)
9. Sazhin B.S. Osnovy tekhniki sushki: M.: Khimiya, 1984, S. 320 [Sazhin B.S. Fundamentals of Drying Technology: Moscow: Chemistry, 1984, P. 320] (in Russian)
10. Serimbetov B.A. Raschet i modelirovanie barabannykh sushil'nykh apparatov s podvizhnym raspredelitel'nyim ustroystvom: avtoref. diss ... kand. Shymkent: 1999. 27 s. [Serimbetov B.A. Calculation and Modeling of Drum Drying Apparatuses with a Moving Distribution Device: Abstract of Dissertation. Shymkent: 1999. 27 p.] (in Russian)
11. Tenizbaev E.Zh. Teplomassoobmen v sushil'nykh barabannykh apparatakh s vrashchayushchimisya raspredelitel'nyimi elementami: avtoref. diss ... kand. Shymkent: 2003. 144 p. [Tenizbaev E.Z. Heat and Mass Transfer in Drum Dryers with Rotating Distribution Elements: Abstract of Dissertation. Shymkent: 2003. 144 p.] (in Russian)
12. Mikhailov N.M. Voprosy sushki topliva na elektrostantsiyakh: M.: State Energy Publishing House, 1951, p. 274 [Mikhailov N.M. Issues of Fuel Drying at Power Plants: Moscow: State Energy Publishing House, 1951, P. 274] (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Есенов М.К. Аспекты экологической модернизации технологического оборудования для снижения уровня запыленности горно-обогатительных производств. / М.К. Есенов, Л.И. Раматуллаева, А.С. Колесников, Г.К. Ивахнюк. // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023. №10. С. 136-148 (на английском языке)
2. Чжан Дж. Улучшение теплопередачи в пищевой промышленности с использованием технологии псевдооживления: обзор. / Дж. Чжан, Л. Янг, А.С. Муджумдар. // *Критические обзоры в области науки о продуктах питания и диетологии*. 2018. №58 (14). С. 2359-2376 (на английском языке)
3. Хоссейн М.С. Повышение теплопередачи при конвективной сушке пищевых продуктов: обзор. / М.С. Хоссейн, М. Рокнуззаман. // *Пищевые технологии и биопроцессы*. 2020. №13 (5). С. 781-801 (на английском языке)
4. Есенов М.К. Оптимизация улавливания аэрозольных частиц для охраны окружающей среды. / М.К. Есенов, Л.И. Раматуллаева, А.А. Вольненко, Г.К. Ивахнюк. // *Горный журнал Казахстана*. 2024. №4. С. 50-58 (на казахском языке)
5. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности: М.: Агропромиздат, 1985, С. 374 (на русском языке)
6. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности: М.: Химия, 1970, С. 430 (на русском языке)
7. Першин В.Ф. Машины барабанного типа: основы теории, расчета и конструирования: Воронеж: Изд. ВГУ, 1990, С. 243 (на русском языке)
8. Стерлин Д.М. Сушка в производстве древесно-стружечных плит: М.: Леспром, 1977, С. 178 (на русском языке)
9. Сажин Б.С. Основы техники сушки: М.: Химия, 1984, С. 320 (на русском языке)
10. Серимбетов Б.А. Расчет и моделирование барабанных сушильных аппаратов с подвижным распределительным устройством: автореф. дисс ... канд. Шымкент: 1999. 27 с. (на русском языке)
11. Тенизбаев Е.Ж. Тепломассообмен в сушильных барабанных аппаратах с вращающимися распределительными элементами: автореф. дисс ... канд. Шымкент: 2003. 144 с. (на русском языке)
12. Михайлов Н.М. Вопросы сушки топлива на электростанциях: М.: Госэнергоиздат, 1951, С. 274 (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Есенов М.К., М. Әуезов ат. Оңтүстік Қазақстан университетінің КеАҚ «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» кафедрасының докторанты (Шымкент қ., Қазақстан), kticz@bk.ru; <https://orcid.org/0009-0009-9925-5049>

Раматуллаева Л.И., М. Әуезов ат. Оңтүстік Қазақстан университетінің КеАҚ «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» кафедрасының байланысты профессоры, т.ғ.к. (Шымкент қ., Қазақстан), Ramatullaeva_l@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1771-9903>

Волненко А.А., М. Әуезов ат. Оңтүстік Қазақстан университетінің КеАҚ «Механика және машина жасау» ФЗИ директоры, т.ғ.д., профессор (Шымкент қ., Қазақстан), nii_mm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6800-9675>

Ивахнюк Г.К., Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институтының профессоры 2328 (Санкт-Петербург қ., Ресей), fireside@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3983-2328>

Information about authors:

Yessenov M.K., doctorant of the Department of «Life Safety and Environmental Protection» of the NCJCK of the South Kazakhstan University named after M. Auyezov (Shymkent, Kazakhstan)

Ramatullayeva L.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Life Safety and Environmental Protection» of the NCJCK of the M. Auyezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Volnenko A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Research Institute «Mechanics and Mechanical Engineering» of the NCJCK of the M. Auyezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Ivakhnyuk G.K., Professor St.-Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia)

Информация об авторах:

Есенов М.К., докторант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» НАО Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова (г. Шымкент, Казахстан)

Раматуллаева Л.И., к.т.н, асоц. профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» НАО Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова (г. Шымкент, Казахстан)

Волненко А.А., д.т.н, профессор, директор НИИ «Механика и машиностроение» НАО Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова (г. Шымкент, Казахстан)

Ивахнюк Г.К., профессор Санкт-Петербургского государственного технологического института (г. Санкт-Петербург, Россия)



TECH MINING RUSSIA

www.techmining.ru

6-Я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА СТРОИТЕЛЬСТВО, МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

12 сентября
2024

Москва
Novotel Moscow City



16+





САХАПРОМЭКСПО

**НЕДРА ЯКУТИИ. СПЕЦТЕХНИКА.
ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГО.
СВЯЗЬ. БЕЗОПАСНОСТЬ**

**30 – 31 октября 2024 г.
ЯКУТСК**

Организаторы:



**Выставочная компания
Сибэкспосервис**
г. Новосибирск



**Выставочная компания
СахаЭкспоСервис**
г. Якутск

Тел: (383) 3356350
[E-mail: vk ses@yandex.ru](mailto:vk ses@yandex.ru)
www.ses.net.ru

Код МРНТИ 52.45.25

*А. Доберсек, А. Кирнарский

«ENGINEERING DOBERSEK GmbH» (г. Менхенгладбах, Германия)

ПЕРСПЕКТИВЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

Аннотация. В статье приведены результаты пилотных испытаний тонкого дробления особо твердой и твердой железной руды Криворожского бассейна (Кривбасса) на полупромышленном ролл-прессе в замкнутом цикле с вибрационным грохотом при граничной крупности разделения 3,15 мм. Установлена возможность сокращения энергозатрат на шаровое измельчение руды на 30...35%, что позволяет адекватно поднять переработку по исходной руде. Установлены рациональные рабочие параметры ролл-пресса при работе на железной руде Кривбасса, степень механического разупрочнения руды при тонком дроблении в HPGR, энергопотребление после тонкого дробления руды, уровень повышения производительности шаровых мельниц за счет тонкого дробления. Магнитная сепарация продукта ролл-пресса позволяет вывести 22% отвальных хвостов. На заключительной стадии тонкого измельчения до крупности 95% класса -0,056 мм применена вертикальная бисерная мельница TOWERMILL, при этом удельные энергозатраты составили 9,8 кВт-ч/т измельченной железной руды.

Ключевые слова: обогащение, железная руда, вибрационный грохот, отвальные хвосты, энергосбережение, крупность, мельница.

Темір рудасын байытудың энергия сыйымдылығын төмендету перспективалары

Аңдатпа. Мақалада 3,15 мм бөлінудің шекаралық үлкендігі кезінде тербелмелі экраны бар жабық циклді жартылай өнеркәсіптік ролікті пресе Криворожск бассейнінің (Кривбасс) аса қатты және қатты темір кенін ұсақ ұсақтауға арналған пилоттық сынақтардың нәтижелері келтірілген. Кенді шарлы ұнтақтауға жұмсалатын энергия шығынын 30...35%-ға қысқарту мүмкіндігі анықталды, бұл бастапқы кен бойынша қайта өңдеуді барабар көтеруге мүмкіндік береді. Кривбасс темір рудасы жұмыс істеген кезде ролікті престің ұтымды жұмыс параметрлері, кенді ұсақтағаннан кейін HPGR-де ұсақ ұсақтау кезінде кенді механикалық бөлшектеу дәрежесі, ұсақ ұсақтау арқылы шар диірмендерінің өнімділігін арттыру деңгейіне орнатылады. Ролікті пресе өнімінің магниттік бөлінуі үйінді құйрықтарының 22% шығаруға мүмкіндік береді. 95% -0,056 мм классқа дейін ұсақтаудың соңғы сатысында тік моншақ диірмені қолданылды TOWERMILL, меншікті энергия шығыны 9,8 кВт-сағ/т ұсақталған темір рудасын құрады.

Түйінді сөздер: байыту, темір кені, дірілдек таселек, қалдықтар үйінді, энергия үнемдеу, іргілігі диірмен.

Prospects for reducing the energy intensity of iron ore beneficiation

Abstract. The article presents the results of pilot testing of fine crushing of especially hard and hard iron ore from the Kryvorezhensk (Kryvbass) on a semi-industrial roller press in a closed cycle with a vibrating screen at a boundary particle size of 3.15 mm. The possibility of reducing energy consumption for ball milling of ore by 30...35% has been established, allowing for an adequate increase in processing of the original ore. Rational operating parameters of the roller press during work on Kryvbass iron ore, the degree of mechanical ore softening during fine crushing in HPGR, energy consumption after fine crushing of ore, and the level of increased productivity of ball mills due to fine crushing have been determined. Magnetic separation of the roller press product allows for the recovery of 22% of tailings. In the final stage of fine grinding to a particle size of 95% in the class of -0.056 mm, a vertical bead mill TOWERMILL, was used, with specific energy consumption of 9.8 kWh per ton of crushed iron ore.

Key words: dressing, iron ore, vibroshaker, tailings dump, energy saving, scale, mill.

При питании шаровой мельницы продуктом дробления в валках высокого давления (HPGR) имеет место существенное сокращение энергозатрат при шаровом измельчении минерального сырья [1]. Улучшение измельчаемости руды может использоваться для повышения производительности существующих агрегатов, или для достижения более тонкоизмельченного помола, если это обусловлено технологическим процессом. При модернизации существующих и проектировании новых обогатительных фабрик процесс рудоподготовки с использованием HPGR может исключать мелкое дробление и/или первую стадию измельчения – классификации. Для подтверждения этой идеи были проведены пилотные технологические испытания крепких и особо крепких железных руд месторождений северной, центральной и южной части Кривбасса. Испытания проводились на полупромышленном ролл-прессе Köppern 60/10 – 230 (рис. 1).

Технические характеристики ролл-пресса Köppern 60/10 – 230 приведены в таблице 1.

Сначала тесты проводили в открытом цикле при различном давлении прессования (не менее трех тестов). Если влажность исходного материала значительно варьируется, то проводятся дополнительные испытания на пробах рудной шихты с наиболее высокой и наиболее низкой влажностью при заданной величине давления прессования. После завершения испытаний в открытом цикле переходили к проведению тестов в замкнутом режиме работы. В этом режиме измельчение осуществляется при одном или двух различных значениях давления прессования. В каждом случае требуется около пяти проходов, каждый раз с добавлением надрешетного продукта +3,15 мм к



Рис. 1. Полупромышленная установка ролл-пресса Köppern 60/10 – 230.

Сурет 1. Köppern 60/10 – 230 жартылай өнеркәсіптік ролікті пресе қондырғысы.

Figure 1. Semi-industrial roller press installation Köppern 60/10 – 230.

новой партии загружаемого исходного материала с целью достижения устойчивого процесса измельчения в HPGR. Оптимальные рабочие параметры ролл-пресса при работе на железной руде Кривбасса сведены в таблицу 2.

Разупрочнение руды оценивалось по степени уменьшения индекса Бонда для продукта HPGR по сравнению с исходным продуктом, при этом отдельно замеряли индекс Бонда для неклассифицированной и классифицированной тонкодробленной руды. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Таблица 1

Технические характеристики роллер-пресса Koppert 60/10 – 230

Кесте 1

Koppert 60/10 – 230 ролікті пресінің техникалық сипаттамалары

Table 1

*Technical specifications of the roller press Koppert
60/10 – 230*

Технические характеристики	Единица измерения	Численные значения
Диаметр валков	мм	1000
Ширина валков	мм	230
Частота вращения валков	об/мин	2,2 – 31,7
Угловая скорость валков	м/сек	0,11 – 1,66
Удельное усилие прессования – F_{sp}	Н/мм ²	до 5,5
Общее усилие прессования – F	кН	до 1265
Мощность привода	кВт	250

Таблица 2

Оптимальные рабочие параметры роллер-пресса при работе на железной руде Кривбасса

Кесте 2

Кривбасс темір рудасында жұмыс істеу кезінде ролікті пресінің оңтайлы жұмыс параметрлері

Table 2

Optimal operating parameters of the roller press when working on iron ore from the Kryvbass

Технические характеристики	Значения для руд железнорудных месторождений Кривбасса		
	северная часть	центральная часть	южная часть
Удельное усилие прессования, Н/мм ²	3,50	3,50	3,5
Удельная пропускная способность, [т·с/ч·м ³]	375,0	324,0	336,0
Удельное энергопотребление, [кВт·ч/т]	1,0	1,75	1,3
Циркуляционная нагрузка, %	140	118	130
Износ поверхности валков, мкм/1000 оборотов	5,4		

Таблица 3

Степень механического разупрочнения железной руды Кривбасса при тонком дроблении в HPGR

Кесте 3

HPGR-де ұсақталған кезде темір кені Кривбастың механикалық ыдырау дәрежесі

Table 3

Degree of mechanical softening of iron ore from the Kryvbass during fine crushing in HPGR

Продукты	Индекс Бонда, W_b [кВт·ч/т] для проб руды железнорудных месторождений	
	северная часть Кривбасса	южная часть Кривбасса
Исходная железная руда – питание HPGR	8,20	14,70
Неклассифицированная дробленая руда после HPGR	7,80	14,20
Классифицированная [-3 мм] дробленая руда после HPGR	6,50	12,50

Для определения энергопотребления при шаровом измельчении железной руды после тонкого дробления в HPGR проводили тесты на шаровой мельнице диаметром 750 мм и длиной 450 мм при частоте вращения барабана 45 об/мин., что соответствует 85,5% от критической частоты вращения. Результаты измерений представлены в таблице 4. Отдельно проведены пилотные испытания гали мельниц самоизмельчения ММС 70 x 23 в условиях Ингулецкого ГОКа.

Проведенные HPGR-испытания железной руды Кривбасса показали перспективность предварительного их механического разупрочнения на последующий процесс шарового измельчения. На основании данных по сокращению энергопотребления на шаровое измельчение, представленных в таблице 3, рассчитываем степень повышения производительности шаровых мельниц при работе на руде и гале, прошедших тонкое дробление в HPGR. Результаты расчетов сведены в таблицу 5.

Данные таблицы 5 свидетельствуют о возможности повышения производительности технологических секций железорудных ГОКов Кривбасса по исходной руде как в открытом, так и замкнутом цикле. Полученные кинетические

исследования дают основание сделать вывод, что предварительное измельчение с помощью роллер-пресса, работающего в открытом цикле, перед шаровой мельницей уменьшает на 10-14% необходимое время или энергию для достижения необходимой крупности помола (70% кл. -0,056 мм) по сравнению с пробами исходной руды без предварительного HPGR прессования. Это вызвано повышенным содержанием тонких классов в продукте HPGR и снижением его прочности за счет межчастичного измельчения и развития микротрещин в руде при ее измельчении в роллер-прессе. Именно такое повышение производительности по исходной руде достигнуто на магнетитовой руде КМА (Стойленском ГОК), где при работе на руде крупностью 0-25 мм роллер-пресса 500/1 – 100 установлены в один проход в дополнение к традиционным конусным дробилкам и шаровым мельницам, при этом повышение пропускной способности по первой технологической линии достигло 12,25%, а по четвертой линии – 12,73% [2].

При работе HPGR в замкнутом цикле с грохотом получаем классифицированную руду крупностью -3,15 мм, при этом возможное увеличение производительности шаровой мельницы составляет 33-38%. Это объясняется повыше-

Таблица 4

Энергопотребление при измельчении железной руды Кривбасса после тонкого ее дробления в HPGR

Кесте 4

Кривбасс темір кенін HPGR-ге ұсақтағаннан кейін ұнтақтау кезінде қуат тұтыну

Table 4

Energy consumption during grinding of iron ore from the Kryvbass after its fine crushing in HPGR

Продукты	Расход электроэнергии [кВт·ч/т] для проб руды железорудных месторождений			
	северная часть Кривбасса	центральная часть Кривбасса	южная часть Кривбасса	гали мельниц ММС
Исходная железная руда – питание HPGR	10,30	13,60	19,60	20,8
Неклассифицированная дробленая руда после HPGR	9,30	11,90	16,80	18,5
Классифицированная [-3 мм] дробленая руда после HPGR	6,4	8,8	13,20	14,6

Таблица 5

Повышение производительности шаровых мельниц за счет тонкого дробления в HPGR

Кесте 5

HPGR-де ұсақтау арқылы шар диірмендерінің өнімділігін арттыру

Table 5

Increase in the productivity of ball mills due to fine crushing in HPGR

Продукты	Степень повышения производительности шаровых мельниц [%] для проб руды			
	северная часть Кривбасса	центральная часть Кривбасса	южная часть Кривбасса	гали мельниц ММС
Неклассифицированная дробленая руда после HPGR	9,70	12,50	14,28	10,1
Классифицированная [-3 мм] дробленая руда после HPGR	37,86	35,29	32,65	29,8

нием однородности и дисперсности продукта HPGR и переходом всего продукта в энергетически метастабильное состояние, при котором наблюдается интенсивное разупрочнение материала в условиях лавинообразного развития микротрещиноватости. Что касается гали, то при работе на классифицированном материале технологический бонус достигает 30%, что свидетельствует о перспективности HPGR-доизмельчения гали в отдельном цикле.

Следуя принципу Г.О. Чеччота «Не дрови ничего лишнего», исследовали возможность сброса отвальных хвостов сразу после HPGR-передела, для чего подрешетный продукт крупностью -3,15 мм (рис. 2а) грохота, работающего в замкнутом цикле с роллер-прессом, подвергался мокрой магнитной сепарации в слабом магнитном поле с магнитной индукцией 0,12 Тесла, в то время как надрешетный продукт +3,15 мм (рис. 2б) возвращался в голову процесса. Диаметр магнитного сепаратора – 200 мм, длина барабана – 120 мм.

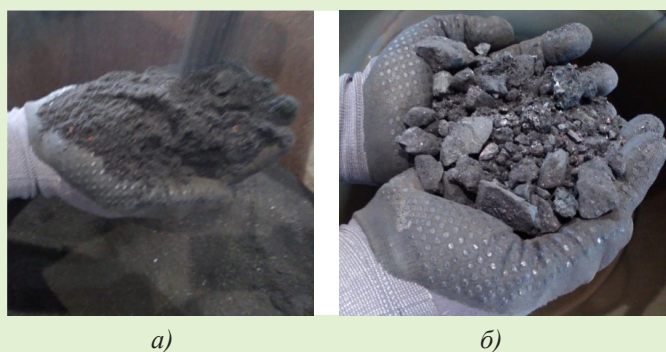


Рис. 2. Подрешетный (а) и надрешетный (б) продукты контрольного грохота.

Сурет 2. Устінде төмен өлшемді (а) және өлшемді (б) басқару экранының өнімдері.

Figure 2. Undersize (a) and oversize (b) products of the control screen.

Мокрая магнитная сепарация продукта тонкого дробления в HPGR для руды северной части Кривбасса показала, что на этом технологическом переделе выделяется 22,19% отвальных хвостов с массовым содержанием железа общего 13,25% и железа магнитного – 2,89% (табл. 6), что значительно сокращает фронт последующего измельчения и, как следствие, снижаются энергозатраты на этом технологическом переделе не только по причине снижения фактической нагрузки на мельницу, но и снижением прочности материала после удаления породной части, так как индекс Бонда по данным пилотных испытаний для концентрата, промпродукта и хвостов магнитной сепарации составляет соответственно 9,4 кВт·час/т, 11,3 кВт·час/т и 13,5 кВт·час/т, т.е. хвосты в 1,5 раза крепче концентрата магнитной сепарации.

Мокрая магнитная сепарация HPGR-продукта оправдывает себя не только из-за снижения нагрузки и энергозатрат на последующее шаровое измельчение разупрочненной железной руды, но и причине существенного улучшения ее качества за счет сброса крупнозернистых хвостов, которые по содержанию вредных примесей значительно превосходят магнитный продукт ММС. Так, концентрат ММС содержит 32,4% SiO_2 против 54,85% SiO_2 в хвостах

ММС. По содержанию серы, глинозема, оксида кальция концентрат на порядок лучше, чем хвосты ММС.

В некоторых случаях, как это имеет место с железной рудой центральной части Кривбасса, уместно использовать двухстадийную сухую магнитную сепарацию дробленой руды с выделением концентрата, промпродукта и отвальных хвостов (таблица 7).

Сравнивая мокрую и сухую магнитную сепарацию, приходим к заключению о более высокой эффективности ММС, так как прирост железа общего и железа магнитного при СМС составляет соответственно 4,1 5 и 6,0% против 7,0% и 8,22% в случае ММС. Извлечение кремнезема в хвосты при ММС достигает 30,74% против 15,78% при СМС. Безусловно, такое сравнение носит относительный характер, так как мокре магнитное разделение осуществлялось на руде северной части Кривбасса, а СМС применялась для руды центральной части Кривбасса.

Выбор граничной крупности грохочения продукта тонкого дробления в роллер-прессах -3,15 мм обусловлен двумя причинами. Во-первых, чем ниже крупность предварительно дробленого продукта, тем значительно меньше энергозатраты на его измельчение. Во-вторых, при превышении крупности 3 мм усложняется технология обезвоживания хвостов обогащения и возрастают энергозатраты, так как перед сгущением необходимо предусмотреть операцию классификации с напорной подачей хвостовой пульпы. При дисперсности твердой фазы хвостовой пульпы до 3 мм сгущение в высокоскоростных сгустителях последнего поколения не требует предварительного сброса крупнозернистой фракции, что подтверждено практикой сгущения хвостовой пульпы ЮГОКа в высокоскоростных сгустителях HRT – 62 [3]. В таблице 8 представлена гранулометрическая характеристика подрешетного продукта крупностью -3,15 мм после грохочения продукта HPGR-прессования. Исследования хвостов ММС продукта HPGR-прессования на руде Полтавского ГОКа обнаружили, что рудные зерна и богатые сростки в классе +0,25 мм отсутствуют, а содержание бедных сростков и нерудных зерен составляет соответственно 16,83% и 20,35% (от исходного). В классах менее 0,25 мм присутствуют рудные зерна, богатые и бедные сростки и нерудные зерна. Так, в классе 0-0,056 мм содержится 1,09% рудных зерен, 0,542% – богатых сростков, 9,74% – бедных сростков и 33,52% – нерудных зерен.

Для оценки энергозатрат при тонком измельчении железной руды в заданном диапазоне крупности были проведены пилотные испытания в вертикальной бисерной мельнице TOWERMILL. Исходный продукт – измельченная руда северной части Кривбасса крупностью 70% кл. -56 мкм. Содержание твердого в питании мельницы – 54,4% по массе и 20% по объему. Частота вращения шнека – 85 об/мин. Масса разовой пробы – 40 кг, масса мелющих тел (стальные шарики диаметром 20 мм) – 150 кг. Кинетические исследования показали, что для получения 98% кл. – 56 мкм в бисерной мельнице необходимо затратить 9,8 кВт·час/т электроэнергии, т.е. при номинальной нагрузке по одной технологической секции 122 т/ч потребная мощность составит 1196 кВт, а установленная мощность – 1300 кВт.

Проведенные исследования и технологические расчеты показали возможность практической реализации схемы,

Таблица 6

Результаты ММС продукта HPGR-прессования руды северной части Кривбасса

Кесте 6

HPGR өнімінің ММС нәтижелері-кривбастың солтүстік бөлігінің рудасын претсеу

Table 6

Results of wet magnetic separation of HPGR product-pressing of ore from the northern part of the Kryvbass

Показатели ММС	Продукты ММС		
	питание	концентрат	хвосты
Выход массовый, %	9,70	77,81	22,19
Содержание железа общего, %	37,80	44,80	13,25
Содержание железа магнитного, %	31,72	39,94	2,89
Содержание кремнезема, SiO_2 , %	39,60	32,40	54,85
Содержание глинозема, Al_2O_3 , %	0,55	0,29	1,46
CaO – содержание, %	1,44	0,97	3,08
MgO – содержание, %	2,79	2,02	5,50
Содержание фосфора, %	0,041	0,03	0,091
Содержание серы, %	0,102	0,065	0,23

Таблица 7

Результаты СМС руды центральной части Кривбасса

Кесте 7

Кривбастың орталық бөлігінің СМС кенінің нәтижелері

Table 7

Results of dry magnetic separation of ore from the central part of the Kryvbass

Показатели ММС	Продукты ММС			
	питание	концентрат	промпродукт	хвосты
Выход массовый, %	100,00	72,30	18,00	9,70
Содержание железа общего, %	30,90	35,00	23,20	14,63
Извлечение железа общего, %	100,00	81,90	13,51	4,59
Содержание железа магнитного, %	22,40	28,40	9,20	2,17
Извлечение железа магнитного, %	100,00	66,45	7,39	0,94
Содержание кремнезема, SiO_2 , %	49,205	41,24	64,59	80,02
Извлечение кремнезема, %	100,00	60,60	23,63	15,78

Таблица 8

Гранулометрическая характеристика подрешетного продукта

Кесте 8

Жер асты өнімінің гранулометриялық сипаттамасы

Table 8

Particle size distribution characteristics of the undersize product

Класс крупности, мм	Выход классов крупности, %		
	Значения для руд железнорудных месторождений Кривбасса		
	северная часть Кривбасса	центральная часть Кривбасса	южная часть Кривбасса
3,15-4,0	0,00	0,00	0,00
2,0-3,15	14,00	11,70	16,29
1,0- 2,0	27,10	22,05	28,48
0,5-1,0	17,44	12,00	16,42
0,25-0,5	11,57	9,31	10,74
0,0-0,25	29,89	44,92	28,07
Итого	100,00	100,00	100,00

которая включает трехстадийное дробление, прессование мелкодробленой руды в роллер-прессе, мокрое грохочение продукта роллер-пресса, мокрая магнитная сепарация подрешетного продукта, шаровое измельчение магнитного продукта ММС, ММС – II, тонкое измельчение в вертикальной бисерной мельнице, работающей в замкнутом цикле с гидроциклонами и ММС – III. Сгущение хвостовой пульпы осуществляется в высокоскоростных сгустителях без предварительной классификации крупнозернистых хвостов.

Выводы

1. Проведены пилотные испытания по тонкому дроблению особо крепких и крепких железных руд Кривбасса на полупромышленном роллер-прессе Koppern 60/10 и установлена технологическая пригодность этих руд для их обработки на роллер-прессах.

2. Тонкое дробление криворожской руды в роллер-прессе сокращает энергозатраты последующего шарового ее измельчения на 30-35%, в результате чего возрастает удель-

ная нагрузка шаровых мельниц по готовому классу, что позволяет адекватно поднять переработку по исходной руде.

3. Применение роллер-прессов позволяет разработать технологические крупнотоннажные схемы, которые отличаются высокой энергоэффективностью, низким переизмельчением руды и повышением качественно-количественных показателей обогащения железной руды.

Благодарность

Авторы благодарны компании МЕТИНВЕСТ за оказанное доверие и поддержку при проведении технологического аудита на горно-обогатительных комбинатах Кривбасса. Авторы искренне признательны господину Андреасу Фройнду и команде фирмы Koppern за помощь в организации и проведении пилотных испытаний на натуральных пробах железной руды Кривбасса. Большое спасибо специалистам – обогатителям СевГОК, ЦГОК и ИнГОК за помощь при проведении генерального опробования технологических секций и подготовке проб для тестирования руды на роллер-прессах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. K. Schönert A. Обзор помолы на валковых мельницах высокого сжатия. // Международный журнал «Переработка полезных ископаемых». 1988. №22. С. 401-412 (на английском языке)
2. Фройнд А. Повышение эффективности переработки руды за счет применения валков высокого давления. / А. Фройнд, А. Хуберт, Ф. Хайникке. // Горный журнал. 2021. №6. С. 54-60 (на русском языке)
3. Доберсек А. Сгущение хвостовой пульпы на Южном горно-обогатительном комбинате. / А. Доберсек, А. Кирнарский, А. Райш. // Горный журнал Казахстана. 2023. №4. С. 42-47 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. K. Schönert A. Жогары сығымдалған роликті диірмендермен ұнтақтауды зерттеу. // Минералды өңдеудің халықаралық журналы. 1988. №22. Б. 401-412 (ағылшын тілінде)
2. Фрогінд А. Жогары қысымды орамдарды қолдану арқылы кенді өңдеу тиімділігін арттыру. / А. Фрогінд, А. Хуберт, Ф. Хайникке. // Тау-кен журналы. 2021. №6. Б. 54-60 (орыс тілінде)
3. Доберсек А., Кирнарский А., Райш А. Оңтүстік тау-кен байыту комбинатында құйрық целлюлозасын қоюлату. / А. Доберсек, А. Кирнарский, А. Райш. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2023. №4. Б. 42-47 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. K. Schönert A. Survey of grinding with high-compression roller mills. // International journal Mineral Processing. 1988. №22. P. 401-412 (in English)
2. Froind A. Povyshenie effektivnosti pererabotki rudy za schet primeneniya valkov vysokogo davleniya. / A. Froind, A. Khubert, F. Khainikke. // Gornyi zhurnal. 2021. №6. S. 54-60 [Froind A. Enhancing ore processing efficiency through the use of high-pressure grinding rolls. / A. Froind, A. Hubert, F. Hainikke. // Mining Journal. 2021. №6. P. 54-60] (in Russian)
3. Dobersek A. Sgushchenie khvostovoi pul'py na Yuzhnom gorno-obogatitel'nom kombinat. / A. Dobersek, A. Kirnarskii, A. Raish. // Gornyi zhurnal Kazakhstana. 2023. №4. С. 42-47 [Dobersek A. Thickening of tailings pulp at the southern mining and processing plant. / A. Dobersek, A. Kirnarskiy, A. Raisch. / Mining Journal of Kazakhstan. 2023. №4. P. 42-47] (in Russian)

Сведения об авторах:

Доберсек А., канд. техн. наук, Президент компании «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» (г. Менхенгладбах, Германия), [info\(at\)dobersek.com](mailto:info(at)dobersek.com)
Кирнарский А.С., д-р техн. наук, научный руководитель проектов по обогащению полезных ископаемых компании «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» (г. Менхенгладбах, Германия), anatoliy.kirnarskiy@ed-mg.de

Авторлар туралы мәліметтер:

Доберсек А., PhD, «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» президенті (Менхенгладбах қ., Германия)
Кирнарский А.С., техника ғылымдарының докторы, «ENGINEERING DOBERSEK GmbH» компаниясында минералды қайта өңдеу жобаларының ғылыми жетекшісі (Менхенгладбах қ., Германия)

Information about the authors:

Dobersek A., PhD, President of ENGINEERING DOBERSEK GmbH (Mönchengladbach, Germany)
Kirnarsky A.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Director of Mineral Processing Projects, ENGINEERING DOBERSEK GmbH, (Mönchengladbach, Germany)



miningmetals

CENTRAL ASIA

29-я Центрально-Азиатская
Международная Выставка
ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ДОБЫЧА И
ОБОГАЩЕНИЕ РУД И МИНЕРАЛОВ


17 - 19 сентября 2024
Алматы, Казахстан




Организаторы

Iteca - тел.: +7 727 258 34 34



 mining-metals.kz

 [mining_shows_kaz](https://www.instagram.com/mining_shows_kaz)

 [miningmetals.kz](https://www.facebook.com/miningmetals.kz)

Код МРНТИ 52.45.19

А.Р. Мамбеталиева¹, *Т.Ш. Тусупбекова¹, Г.К. Макашева¹, С. Елеусиз²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²ТОО «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-восстановительного 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-восстановительного 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 ТПП) 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 мВ деңгейіне төтеп беру қажет екенін анықтады. Жатқан қалдықтардың тотыққан бөлігі үшін ТПП деңгейін анықтау байытудың сапалық және сандық көрсеткіштерін арттыруға мүмкіндік береді, осылайша процесі 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 отходов¹. Это означает, что большая часть добываемых полезных ископаемых складывается 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 залегами 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-восстановительного потенциала. Окислительно-восстановительными свойствами обладает поверхность многих минералов и в первую очередь сульфидов и окислов поливалентных металлов [7-9].

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

¹Электронное 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 (милливольты) и его значение и знак указывает на наличие в системе тенденции к окислению или восстановлению [10, 11].

Цель работы – определение оптимальных параметров окислительно-восстановительного 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 (рисунки 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 (Na_2S), ксантогенат (Кх), метилизобутилкетон (МИБК), AEROFLOAT® MX-515. Время флотации

Химический состав

Химиялық құрамы

Chemical composition

Таблица 1

Кесте 1

Table 1

Компонент	<i>Cu</i>	<i>Ag</i> , г/т	<i>Au</i> , г/т	<i>Fe</i>	<i>S</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>As</i>	<i>Mo</i>
Компонент	<i>P</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>K₂O</i>	<i>Sn</i>	<i>Bi</i>	
Массовая доля, %	0,35	1,81	-	3,87	0,537	0,138	0,034	0,0065	0,0061
Массовая доля, %	0,044	59,14	9,10	1,44	1,39	3,13	<п.о	<п.о	

Таблица 2

Фазовый анализ хвостов

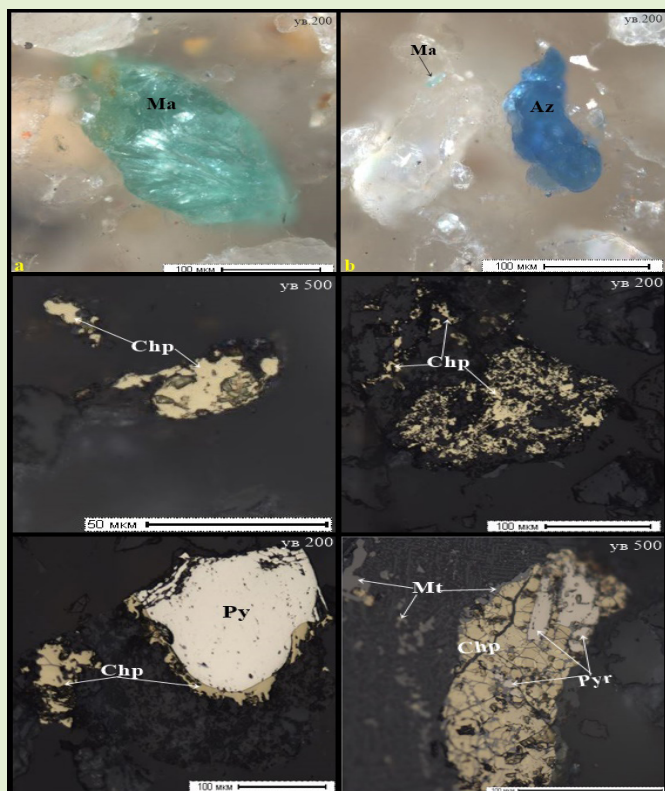
Кесте 2

Қалдықтың фазалық талдауы

Table 2

Phase analysis of tails

Форма нахождения металла	Содержание <i>Cu</i> , % (абс.)	Распределение <i>Cu</i> , % (отн.)
<i>Cu</i> сульфидных минералов	0,12	34,48
<i>Cu</i> 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-НН 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.

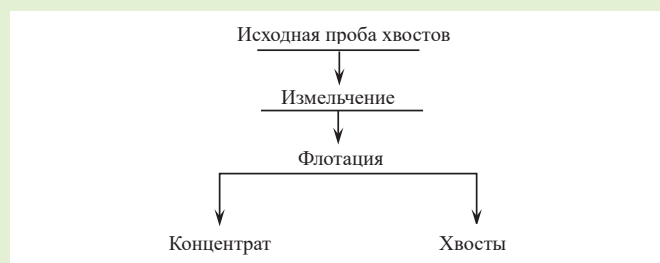


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема проведения лабораторного эксперимента.

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
<i>Тест 1</i>					
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
<i>Тест 5</i>					
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

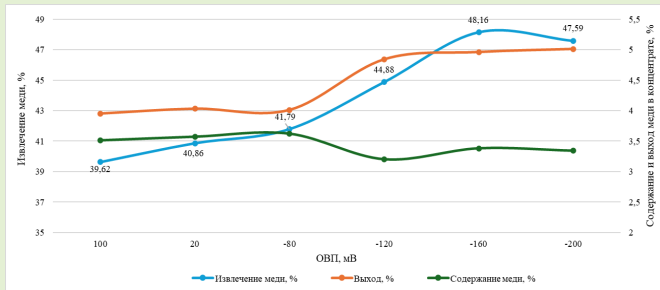


Рис. 3. Результаты зависимости качественно-количественных показателей от изменения уровня ОВП.
Сурет 3. Сапалық-сандық көрсеткіштердің ТТП деңгейінің өзгеруіне тәуелділігінің нәтижелері.
Figure 3. The results of the dependence of qualitative and quantitative indicators on changes in the level of ORP.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что при подаче сернистого натрия извлечение окисленной части меди по-

вышается 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

- Архипов А.В., Решетняк С.П. Техногенные месторождения: разработка и формирование: Апатиты, 2017, С. 175 (на русском языке)
- Чантурия В.А. Научное обоснование и разработка инновационных процессов комплексной переработки минерального сырья. // Горный журнал. 2017. №11. С. 7-13 (на русском языке)
- Туребекова К.С. Коллективная флотация обескременного 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)
- Шумский В.А. Перерабатывать нельзя хранить. / В.А. Шумский, Л.Б. Кушакова. // Журнал «Горно-металлургическая промышленность». 2018. №8. С. 36-39 (на русском языке)
- 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)
- 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).
- 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)
- 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)
- Гао Сон И. Измерение электрохимического потенциала при флотации. // Пред. Солт Лейк Сити. 2022. С. 6 (на английском языке)
- 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

- Архипов А.В., Решетняк С.П. Техногендік кен орындары: игеру және қалыптастыру: Апатиттер, 2017, Б. 175 (орыс тілінде)
- Чантурия В.А. Минералды шикізатты кешенді өңдеудің инновациялық процестерін ғылыми негіздеу және әзірлеу. // Тау журналы. 2017. №11. Б. 7-13 (орыс тілінде)
- Туребекова К.С. Кремнийсіз техногендік барит шикізатының ұжымдық флотациясы. / К.С. Туребекова, Г.Л. Каткеева, М. Өскембеков, Р.Б. Сұлтангазиев. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2022. №12. Б. 46-50 (орыс тілінде)
- 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. // ИОР 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. Туімділік. 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 obeskremlennogo tekhnogenno 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 desilicized 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'fidosoderzhashchikh 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.mambetalieva@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)

Елеусиз С., техника ғылымдарының магистрі, «КазГидроМедь» ЖШС инженер-зерттеушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Mambetalieva 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)

Yelessiz 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

Код МРНТИ 52.47.23

*С.А. Сагидуллаев

Главный эксперт управления горно-металлургической промышленности
Комитета промышленной безопасности МЧС РК (г. Астана, Казахстан)

ПОЛУЧЕНИЕ ЭМУЛЬГАТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Аннотация. В данной статье рассматривается преимущество битумной эмульсии в дорожном строительстве и почему она является устойчивым решением. Анализируются основные преимущества и недостатки битумной эмульсии, такие как улучшение адгезии и сцепления, экологическая безопасность, устойчивость к воздействию воды, а также ее стабильность и долговечность. Результаты исследования позволяют подтвердить преимущества применения битумной эмульсии в дорожном строительстве, обеспечивает качественное и долговечное дорожное покрытие. В данной статье предлагается альтернативный метод получения дорожных эмульсий с применением подсолнечного эмульгатора взамен традиционно применяемых адгезионных присадок. Сырье для эмульгатора из подсолнечных семян является легкодоступным материалом, так как образуется в результате переработки семян подсолнечника в больших количествах, является не токсичным.

Ключевые слова: битумная эмульсия, эмульгатор, скорость распада эмульсий, исследование битумных эмульсий, дорожный битум, смола из подсолнечных семян, прибор «Кольцо и шар».

Битум эмульсияларын өндіру үшін эмульгатор алу

Аңдатпа. Бұл мақалада жол құрылысында битум эмульсиясының артықшылығы және оның неге дұрыс шешім екендігі қарастырылады. Битум эмульсиясының негізгі артықшылықтары мен кемшіліктеріне шолу, мысалы, адгезия мен адгезияны жақсарту, экологиялық қауіпсіздік, судың әсеріне төзімділік және оның тұрақтылығы мен беріктігі талданады. Зерттеу нәтижелері жол құрылысында битум эмульсиясын қолданудың артықшылықтарын растауға мүмкіндік береді, сапалы және берік жол төсемін қамтамасыз етеді. Бұл мақалада дәстүрлі қолданылатын жабысқақ қоспалардың орнына құнбағыс эмульгаторын қолдана отырып, жол эмульсияларын алудың балама әдісі ұсынылған. Құнбағыс тұқымының эмульгаторына арналған шикізат қол жетімді материал болып табылады, өйткені ол құнбағыс тұқымын көп мөлшерде өңдеу нәтижесінде пайда болады, улы емес.

Түйінді сөздер: битум эмульсиясы, эмульгатор, эмульсияның ыдырау жылдамдығы, битум эмульсиясын зерттеу, жол битумы, құнбағыс тұқымының шайыры, «Сақина және шар» құралы.

Preparation of an emulsifier for the production of bitumen emulsions

Abstract. This article discusses the advantage of bitumen emulsion in road construction and why it is a sustainable solution. The main advantages and disadvantages of bitumen emulsion are analyzed, such as improved adhesion and adhesion, environmental safety, resistance to water, as well as its stability and durability. The results of the study allow us to confirm the advantages of using bitumen emulsion in road construction, provides a high-quality and durable road surface. This article proposes an alternative method for producing road emulsions using sunflower emulsifier instead of the traditionally used adhesive additives. The raw material for the emulsifier from sunflower seeds is an easily accessible material, as it is formed as a result of processing sunflower seeds in large quantities, and is not toxic.

Key words: bitumen emulsion, emulsifier, the rate of decomposition of emulsions, the study of bitumen emulsions, road bitumen, resin from sunflower seeds, ring and ball device.

Введение

Битумные эмульсии широко используются в дорожном строительстве. Одним из основных требований к качеству битумных эмульсий является стабильность при хранении и транспортировании: они должны разрушаться только при контакте с поверхностью, приготовление стабильных битумных эмульсий невозможно без применения поверхностно-активных веществ, обладающих необходимыми эмульгирующими и стабилизационными свойствами. Целью исследования является разработка состава эмульгатора, обеспечивающего устойчивость битумной эмульсии.

Виды и применения битумных эмульсий

Битумные эмульсии представляют собой дисперсные системы, которые состоят из битума, воды и эмульгатора, придающего системе устойчивость. Битум в такой системе может выступать как в виде дисперсной фазы, так и дисперсионной среды. В первом случае он образует прямую эмульсию, во втором – обратную эмульсию.

Битумные дорожные эмульсии относятся к эмульсиям прямого типа, в которых битум распределен в виде капель. Содержание битума определяется целевым назначением эмульсии и обычно составляет 30-70% по массе. Цвет битумных эмульсий – коричневый, от светлого (при невысоком содержании битума) до темного в зависимости от степени дисперсности входящего в них битума. Важным показателем является устойчивость эмульсий при хранении. Эмульсии необходимо хранить и применять при температуре не ниже 5 °С. Замораживание эмульсии не-

допустимо, поскольку при последующем оттаивании она разрушается необратимо. Максимальная температура, при которой можно хранить и применять битумную эмульсию, не должна превышать 85 °С [1-3].

Эмульсии достаточно устойчивы в объеме, но обладают высокой чувствительностью при соприкосновении с поверхностью различных материалов. При нанесении на поверхность или при смешении с каменными материалами эмульсия распадается на составные части – битум и воду. Битумные эмульсии по скорости распада подразделяются на:

- быстрораспадающиеся (в течение нескольких минут);
- среднераспадающиеся (в течение нескольких часов);
- медленнораспадающиеся (в течение нескольких суток).

Проблема составления эмульсии обычно решается путем выбора подходящего компонента ПАВ и их количества, оптимизационная рецептура должна обеспечивать эмульсию с желаемым временем разрушения [4-7].

Необходимая скорость распада эмульсий определяется технологией применения. Быстрораспадающиеся эмульсии используют для поверхностной обработки, грунтовок и устройства щебеночного покрытия методом пропитки. Среднераспадающиеся эмульсии применяют для приготовления черного щебня, устройства поверхностной обработки, проведения ямочного ремонта и укладки слоев дорожной одежды по методу пропитки. Медленнораспадающиеся эмульсии используются для устройства слоев

дорожной одежды из минеральных наполнителей (щебня, гравия, песка), обработанных способом смешения на дороге, а также для плотных щебеночных, гравийных и песчано-гравийных смесей, приготовленных в установке, и для укрепления грунтов [8-9].

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования взята смола природного происхождения, являющаяся отходом при переработке подсолнечных семян. Смола, полученная после переработки р-р соапстоков, а именно семян подсолнечника, водорастворима. Смола обладает рядом ценных свойств, среди которых и наиболее важным следует отметить:

- нетоксична;
- содержит в своем составе растительные ПАВ;
- неограниченный срок хранения.

Для определения t размягчения взят прибор КИШ (ЛТР) ГОСТ-11506-73, известь строительная техническая ГОСТ-9179-77, посуда мерная лабораторная стеклянная ГОСТ-1770-74, весы лабораторные электронные ГОСТ-24104-2001.

Порядок проведения исследования для возможности получения стабильного эмульгатора

Для приготовления битумных эмульсий исследуемую смолу помещают в термостойкий стакан, после чего разогревают до 95 °С. Отдельно приготавливается 15%-й раствор негашеной извести. После процесса гашения известь процеживается. В подготовленную расплавленную смолу в количестве 100 гр постепенно добавляют раствор извести в количестве 2% от массы смолы, после чего осуществляют процесс выпаривания извести из смолы, в результате чего происходит обезжиривание и омыление смолы, увеличивая ее температуру плавления.

Процесс выпаривания продолжается до полного отсутствия выделения паров воды из разогретой смолы. Далее процесс обезжиривания и омыления по такому же принципу проводили с добавлением 4-х, 6-и, 8-и и 15% известкового молока в исследуемые образцы смолы. После чего при помощи прибора «Кольцо и шар» замеряется точка каплепадения. Прибор КИШ состоит из стеклянного цилиндра и кассеты с отверстиями для латунных колец. В латунные кольца заливается испытуемый образец смолы, после чего смола в них застывает. На образцах размещались металлические шарики весом 4,5 г. Затем кассету помещают в стакан с водой и подогревают, фиксируя значение температуры падения шариков через смолу [10].

После чего из полученных образцов был взят образец с КИШ 70°, на основе него изготавливалась битумная эмульсия по следующей рецептуре:

- Битум – 65% 45 г
- Эмульгатор – 20% 43 г
- Вода – 15% 1 г

Всего было изготовлено 4 вида битумных эмульсий с добавлением полученного эмульгатора 2, 4, 6, 8%. За основу был взят эмульгатор с показателем КИШ 70 °С. Образцы битумных эмульсий размещались в сушильном шкафу на сутки в целях наблюдения за стабильностью со-

става полученной смеси, то есть отсутствия расслаивания, при температуре 40 °С.

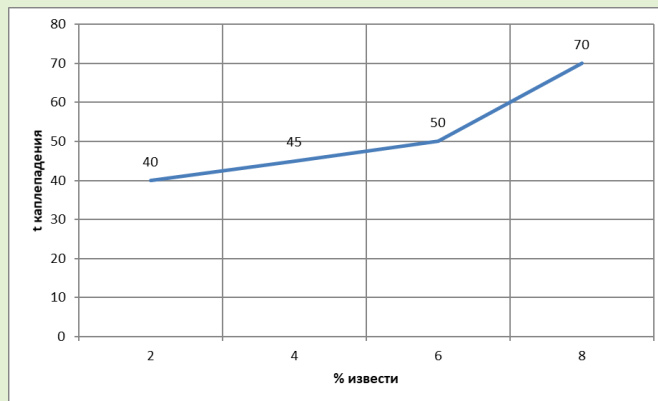


Рис. 1. Зависимость t плавления от процентного содержания извести при получении эмульгатора. Сурет 1. Эмульгатор алу кезінде t балкуының әк пайызына тәуелділігі.

Figure 1. The dependence of the melting t on the percentage of lime in the preparation of the emulsifier.



Рис. 2. Зависимость срока хранения эмульсии от процентного содержания эмульгатора в составе. Сурет 2. Эмульсияның сақтау мерзімінің құрамындағы эмульгатордың пайыздық мөлшеріне тәуелділігі.

Figure 2. The dependence of the shelf life of the emulsion on the percentage of emulsifier in the composition.

Заключение

Качество полученного эмульгатора определялось главным образом по двум параметрам:

- по температуре точки каплепадения;
- по сроку хранения полученной эмульсии.

В ходе исследований получены следующие закономерности. Температура точки каплепадения полученного эмульгатора напрямую зависит от количества добавленной извести при его обезжиривании и омылении. Из рис. 1 видно, что при увеличении процента вводимой извести в смолу возрастает температура точки каплепадения. То есть, повышается качество полученного эмульгатора. Из рис. 2 видно, что при приготовлении эмульсии из полученных эмульгаторов наибольшим сроком хранения обладает эмульсия с более высоким содержанием эмульгатора.

Принимая во внимание требования к битумным эмульсиям, приведенные в начале статьи, наиболее подходящим эмульгатором является эмульгатор со средними показателями КИШ.

Эмульсии с более высоким содержанием эмульгатора применимы к материалам, требующим более долгого срока хранения, таким как мастики, гидроизоляционные лаки или водомасляные эмульсии для взрывчатых веществ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 58952.1-2020: Эмульсии битумные и дорожные от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации (на русском языке)
2. Карпеко Ф.В., Гуреев А.Л. Битумные эмульсии. Основы физико-химической технологии производства и применения: Москва, 1998, С. 194 (на русском языке)
3. Шантонов И., Аюпов Д.А. Битумные эмульсии гидроизоляционных и кровельных покрытий. // Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2023. С. 84-87 (на русском языке)
4. Осадчий Ю.П., Маркелов А.В., Крикунов А.В. Комплексные технологии для разделения водомасляных эмульсий. // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции: в 3-х томах, Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2016. – С. 72-76 (на русском языке)
5. Бестужева Д.В., Бондалетов В.Г., Мананкова А.А. Углеводородные смолы как эмульгаторы для водомасляных эмульсий. // Олигомеры-2015: сборник тезисов докладов конференции Международной школы по химии и физикохимии олигомеров, Волгоград: Государственный технический университет, 2015. С. 123 (на русском языке)
6. Горман Дж.Л. Битумные эмульсии в дорожном строительстве – обзор. / Дж.Л. Горман, Р.Дж. Кроуфорд, И.Х. Хардинг. // Автомобильный транспорт. 2018. С. 13-25 (на английском языке)
7. Бикмухаметов Г.К. Битумные материалы в дорожном строительстве, применение водно-битумных эмульсий. / Г.К. Бикмухаметов, Е.А. Емельянычева, А.И. Абдуллин. // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. №20. С. 24-28 (на русском языке)
8. Земляков А.Ю. Разработка составов битумных эмульсий для дорожного строительства. / А.Ю. Земляков, Е.В. Лабанков, С.Б. Ромаденкина. // Башкирский химический журнал. 2019. Т. 26. №3. С. 54-57 (на русском языке)
9. Аль-Сабах А.М. Влияние смесей бинарных поверхностно-активных веществ на стабильность асфальтобетонных эмульсий. / А.М. Аль-Сабах, Н.Н. Заки, А.М. Бадави. // Журнал Химия. Технология. Биотехнология. 2018. С. 350-356 (на английском языке)
10. Морозов К.Е. Влияние эмульгаторов на качество получаемой эмульсии при производстве эмульсионных взрывчатых веществ типа порэмит 1А. / К.Е. Морозов, В.А. Соснин, Ю.Г. Печенев, Р.З. Гильманов. // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 17. №24. С. 52-55 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. ГОСТ Р 58952. 1-2020: Битум және жол эмульсиялары, 29 маусым 2015 ж. (орыс тілінде)
2. Карпеко Ф.В., Гуреев А.Л. Битум эмульсиялары. Битум өндірісінің физико-химиялық технологиясының негіздері және қолданылуы: Москва, 1998, Б. 194 (орыс тілінде)
3. Шантонов И., Аюпов Д.А. Гидроизоляциялық және шатыр жабындарының битумдық эмульсиялары. // Қазан мемлекеттік сәулет-құрылыс университеті. 2023. Б. 84-87 (орыс тілінде)
4. Осадчий Ю.П., Маркелов А.В., Крикунов А.В. Су-мұнай эмульсияларын бөлудің кешенді технологиялары. // Техника мен технологиядағы инновация, сапа және сервис: 4-ші Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның ғылыми мақалалар жинағы: 3 томда, Курск: «Университет кітабы» жабық акционерлік қоғамы, 2016. Б. 72-76 (орыс тілінде)
5. Бестужева Д.В., Бондалетов В.Г., Мананкова А.А. Көмірсутекті шайырлар су-май эмульсияларына арналған эмульгаторлар ретінде. // Олигомерлер-2015: олигомерлердің химия және физикохимия жөніндегі халықаралық мектебінің конференциясындағы баяндамалар тезистерінің жинағы, Волгоград: мемлекеттік техникалық университет, 2015. – Б. 123 (орыс тілінде)
6. Горман Дж.Л. Жол құрылысындағы битум эмульсиялары-шолу. / Дж.Л. Горман, Р.Дж. Кроуфорд, И.Х. Хардинг. // Автомобиль көлігі. 2018. Б. 13-25 (ағылшын тілінде)
7. Бикмухаметов Г.К. Жол құрылысындағы битум материалдары, су-битум эмульсияларын қолдану. / Г.К. Бикмухаметов, Е.А. Емельянычева, А.И. Абдуллин. // Технологиялық университеттің хабаршысы. 2015. Т. 18. №20. Б. 24-28 (орыс тілінде)
8. Земляков А.Ю. Жол құрылысы үшін битум эмульсияларының құрамын әзірлеу. / А.Ю. Земляков, Е.В. Лабанков, С.Б. Ромаденкина. // Башқұрт химиялық журналы. 2019. Т. 26. №3. Б. 54-57 (орыс тілінде)
9. Аль-Сабах А.М. Екілік беттік белсенді заттар қоспаларының асфальтбетон эмульсияларының тұрақтылығына әсері. / А.М. Аль-Сабах, Н.Н. Заки, А.М. Бадави. // Химия. Технология. Биотехнология журналы. 2018. Б. 350-356 (ағылшын тілінде)

10. Морозов К.Е. Эмульгатордың жарылғыш зат порэмит 1А өндірісінде қолданылған эмульсияға әсері. / К.Е. Морозов, В.А. Соснин, Ю.Г. Печенев, Р.З. Гильманов. // Қазан технологиялық университетінің хабаршысы. 2015. Т. 17. №24. Б. 52-55 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. GOST R58952.1-2020: Emul'sii bitumnye i dorozhnye ot 29 iyunya 2015 g. N9 162-FZ «O standartizatsii v Rossiiskoi Federatsii [GOST R58952.1-2020: Bitumen and road emulsions, June 25, 2015] (in Russian)
2. Karpeko F.V., Gureev A.L. Bitumnye emul'sii. Osnovy fiziko-khimicheskoi tekhnologii proizvodstva i primeneniya: Moskva, 1998, S. 194 [Karpeko F.V., Gureev A.L. Bitumen emulsions. Fundamentals of physical and chemical technology of production and application: Moscow, 1998, P. 194] (in Russian)
3. Shantonov I., Ayupov D.A. Bitumnye emul'sii gidroizolyatsionnykh i krovel'nykh pokrytii. // Kazanskii gosudarstvennyi arkhitekturno-stroitel'nyi universitet. 2023. S. 84-87 [Shantonov I., Ayupov D.A. Bitumen emulsions of gyro-insulating and roofing coatings. // Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2023. P. 84-87] (in Russian)
4. Osadchii Yu.P., Markelov A.V., Krikunov A.V. Kompleksnye tekhnologii dlya razdeleniya vodomasyanykh emul'sii. // Innovatsii, kachestvo i servis v tekhnike i tekhnologiyakh: sbornik nauchnykh trudov 4-oi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 3-kh tomakh, Kursk: Zakrytoe aktsionerное obshchestvo «Universitetskaya kniga», 2016. – S. 72-76 [Osadchii Yu.P., Markelov A.V., Krikunov A.V. Complex technologies for the separation of water-oil emulsions. // Innovation, quality and service in engineering and technology: Collection of scientific papers of the 4th International Scientific -practical conference: In 3 volumes, Kursk: Closed Joint Stock Company «University Book», 2016. P. 72-76] (in Russian)
5. Bestuzheva D.V., Bondaletov V.G., Manankova A.A. Uglevodorodnye smoly kak emul'gatory dlya vodomasyanykh emul'sii. // Oligomery-2015: sbornik tezisov dokladov konferentsii Mezhdunarodnoi shkoly po khimii i fizikokhimii oligomerov, Volgograd: Gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2015. S. 123 [Bestuzheva D.V., Bondaletov V.G., Manankova A.A. Hydrocarbon resins as emulsifiers for water-oil emulsions. // Oligomers-2015: collection of abstracts at the conference-International School of Chemistry and Physicochemistry of oligomers, Volgograd: State Technical University, 2015. P. 123] (in Russian)
6. Gorman J.L. Bitumen emulsions in road construction – an overview. / Gorman J.L., Crawford R.J., Harding I.H. // Automobile Transport. 2018. P. 13-25 (in English)
7. Bikmukhametov G.K. Bitumnye materialy v dorozhnom stroitel'stve, primeneniye vodno-bitumnykh emul'sii. / G.K. Bikmukhametov, E.A. Emel'yanycheva, A.I. Abdullin. // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2015. T. 18. №20. S. 24-28 [Bikmukhametov G.K. Bitumen materials in road construction, the use of water-bitumen emulsions. / G.K. Bikmukhametov, E.A. Yemelyanycheva, A.I. Abdullin. // Bulletin of the Technological University. 2015. Vol. 18. №20. P. 24-28] (in Russian)
8. Zemlyakov A.Yu. Razrabotka sostavov bitumnykh emul'sii dlya dorozhnogo stroitel'stva. / A.Yu. Zemlyakov, E.V. Labankov, S.B. Romadenkina. // Bashkirskii khimicheskii zhurnal. 2019. T. 26. №3. S. 54-57 [Zemlyakov A.Yu. Development of compositions of bitumen emulsions for road construction. / A.Yu. Zemlyakov, E.V. Labankov, S.B. Romadenkina. // Bashkir Chemical Journal. 2019. Vol. 26. №3. P. 54-57] (in Russian)
9. Al-Sabah A.M. The effect of mixtures of binary surfactants on the stability of asphalt concrete emulsions. / Al-Sabah A.M., Zaki N.N., Badawi A.M. // Chemistry.Technol. Biotechnology. 2018. P. 350-356 (in English)
10. Morozov K.E. Vliyanie emul'gatorov na kachestvo poluchaemoi emul'sii pri proizvodstve emul'sionnykh vzryvchatykh veshchestv tipa poremit 1A. / K.E. Morozov, V.A. Sosnin, Yu.G. Pechenev, R.Z. Gil'manov. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. T. 17. №24. S. 52-55 [Morozov K.E. The influence of emulsifiers on the quality of the resulting emulsion in the production of emulsion explosives of the poremit 1A type. / K.E. Morozov, V.A. Sosnin, Yu.G. Pechenev, R.Z. Gilmanov. // Bulletin of the Kazan Technological University. 2015. Vol. 17. №24. P. 52-55] (in Russian)

Сведения об авторах:

Сагидуллаев С.А., Главный эксперт управления горно-металлургической промышленности Комитета промышленной безопасности МЧС РК (г. Астана, Казахстан), sagidullaev.a@emer.kz; <https://orcid.org/0009-0005-4585-0687>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сагидуллаев С.А., ҚР ТЖМ өнеркәсіптік қауіпсіздік комитеті тау-кен металлургия өнеркәсібі басқармасының бас сарапшысы (Астана қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Sagidullaev S., Chief Expert of the Department of Mining and Metallurgical Industry of the Committee for Industrial Safety of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan (Astana, Kazakhstan)

ДАВИДУ РОДИОНОВИЧУ КАПЛУНОВУ 90 ЛЕТ!

22 июля 2024 года исполняется 90 лет Давиду Родионовичу Каплунову – ведущему ученому в области горных наук и известному специалисту по горному делу в России и странах СНГ.

Член-корреспондент Российской академии наук Д.Р. Каплунов многие годы является членом редакционной коллегии Горного журнала Казахстана. Начиная с 80-х годов 20 века он имеет тесные связи с научными организациями Республики Казахстан, развивая идеи комплексного использования минерального сырья. Область его научных интересов – комплексное освоение и сохранение недр Земли; подземная разработка рудных месторождений; научные основы технического перевооружения горных предприятий; управление качеством минерально-сырьевых потоков; теория проектирования освоения недр; системы подземной разработки рудных месторождений; модернизация горного производства.

Д.Р. Каплунов родился в 1934 году в семье известного советского ученого профессора Р.П. Каплунова. В 1958 г. по окончании Московского горного института поступил в очную аспирантуру ИГД АН СССР, которую успешно закончил, защитив кандидатскую диссертацию на тему «Исследование системы этажного принудительного обрушения». С 1961 по 1969 г. он младший, а затем старший научный сотрудник этого института. В 1969 году был переведен на работу старшим научным сотрудником в Сектор физико-технических горных проблем Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР. В 1977 году, после создания на его базе Института проблем комплексного освоения недр АН СССР (ныне ИПКОН РАН), был избран на должность заведующего лабораторией Теории проектирования подземной разработки месторождений при комплексном освоении недр. По настоящее время Д.Р. Каплунов работает в ИПКОН РАН главным научным сотрудником, являясь научным руководителем Отдела теории проектирования и геотехнологии комплексного освоения недр. Он руководит выполнением исследований по разработке усовершенствованных методов проектирования основных параметров горнотехнических систем, комплексного освоения и сохранения недр Земли в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых.

В 80-90-ые годы руководил выполнением ряда крупных научно-исследовательских работ, связанных с региональными и государственными проблемами в области освоения недр. За работу в этот период в 1982 г. был удостоен Премии Совета Министров СССР за «Исследование и обоснование направлений освоения минерально-сырьевой базы и технического перевооружения подземных рудников и карьеров», а в 1991 г. удостоен Премии Совета Министров СССР «За разработку и внедрение новых технологий, обеспечивающих снижение потерь в недрах и повышение качества товарной продукции при подземной добыче руд в Криворожском бассейне».

В 1986 году защитил докторскую диссертацию «Определение производственной мощности подземных рудни-



ков горнопромышленного региона при техническом перевооружении». В 1994 году был утвержден председателем Секции по проблемам КМА Научного совета РАН по проблемам горных наук и по настоящее время является также заместителем председателя этого совета.

30 мая 1997 г. Общим собранием Российской академии наук был избран член-корреспондентом РАН по отделению геологии, геофизики, геохимии и горных наук (разработка твердых полезных ископаемых).

В 2001 году в составе авторского коллектива стал Лауреатом Премии Правительства Российской Федерации за разработку и широкомасштабное промышленное внедрение комбинированных технологий комплексного освоения медно-колчеданных месторождений Урала.

В 2013 году был назначен председателем экспертного совета по проблемам разработки месторождений твердых полезных ископаемых Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации. По настоящее время Давид Родионович член президиума ВАК Минобрнауки России.

В результате многолетней работы над проблемой комплексного освоения суперкрупных месторождений России, в 2015 году в составе авторского коллектива получил Премию Правительства Российской Федерации в области науки и техники «За крупномасштабное промышленное

внедрение ресурсосберегающей экологически сбалансированной геотехнологии комплексного освоения месторождений Курской магнитной аномалии».

По совместительству более 45 лет работает профессором Горного института НИТУ МИСиС. Награжден Премией Президента Российской Федерации в области образования за 2001 г. «За обоснование новых направлений в области образования по рациональному природопользованию на основе интеграции вузовской и академической науки». Среди его учеников – доктора и кандидаты наук, сотни горных инженеров.

Имеет более 350 научных трудов, среди которых монографии, патенты на изобретения, статьи, научно-популярные издания, очерки и биографии ученых.

Д.Р. Каплунов является действительным членом РАЕН и Академии горных наук, руководит секцией «Разработка месторождений и горно-строительные работы», редакционной коллегии «Горного журнала», является членом

редколлегии журналов «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», «Горного информационно-аналитического бюллетеня». Он имеет почетные звания и награды: Орден Александра Невского, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Лауреат премии им. Н.В. Мельникова Российской академии наук, Лауреат премии Академии горных наук имени акад. М.И. Агошкова. Награжден Орденом Дружбы, Орденом Почета, почетным знаком «Шахтерская слава» I, II и III степеней.

Сердечно поздравляем Давида Родионовича со знаменательным юбилеем, желаем творческих успехов, долгих здоровых и радостных лет!

*Редакционная коллегия
Горного журнала Казахстана,
Коллективы ИПКОН РАН и ИГД им. Д.А. Кунаева*

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА


**СУРГУТ.
НЕФТЬ И ГАЗ
2024**

**25-27
СЕНТЯБРЯ**

+7 (3462) 94-34-54
sales@yugcont.ru
sngexpo.ru

XXIX INTERNATIONAL
SPECIALIZED
TECHNOLOGICAL EXHIBITION

**SURGUT.
OIL & GAS
2024**

 г. Сургут,
СОК «Энергетик»
ул. Энергетиков, 47

УГОЛЬ
РОССИИ
и МАЙНИНГ

НОВЫЕ
ВРЕМЕНА

НОВЫЕ
ГЕРОИ

Интерактивная
сессия

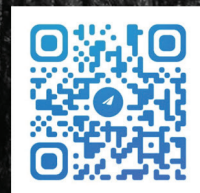
4 июня
2025

ВК «Кузбасская
ярмарка»,
Новокузнецк

в рамках выставки

**«УГОЛЬ РОССИИ
И МАЙНИНГ»**

+7 (495) 699-01-24
communication@stimchenko.com
www.stimchenko.com



принять участие
в мероприятии

miningmetals

UZBEKISTAN

18-я Международная выставка
**Горное дело, металлургия
и металлообработка**

22 | 23 | 24 Октября 2024

Узэкспоцентр, Ташкент, Узбекистан



Iteca Exhibitions

Тел: +998 71 205 18 18; Факс: +998 71 237 22 72

E-mail: mining@iteca.uz; Web: www.mining.uz

 @itecaExhibitions

 @itecaExhibitions

 @iteca

 @iteca_exhibitions



ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»

1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов, а также статьи обзорного характера, отвечающие критериям первичной научной публикации (полный перечень рубрик указан на сайте minmag.kz).

2. Основные требования к статьям, представленным для публикации в журнале:

- набор статьи производится в текстовом редакторе Word шрифтом Times New Roman 12 кеглем с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метаданные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?p1=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском, русском и английском языках;
 - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов; знаком «*» указывается автор-корреспондент;
 - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, город, страна, контактные данные (адрес электронной почты), ORCID ID) предоставляются на казахском, русском и английском языках;
 - полное название организации (-й), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
 - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация предоставляется на казахском, русском и английском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
 - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском, русском и английском языках;
 - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение/ выводы);
 - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2015 года, предоставляется на казахском, русском и английском языках.

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. **ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ ОБЯЗАТЕЛЬНЫ.** Оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские – курсивом. **Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста** (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. Список приводится на казахском, русском и английском языках с указанием в скобках оригинала публикации. Образец оформления литературы и транслитерации размещен на сайте minmag.kz.

4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении 10 (десяти) экземпляров журнала согласно установленным расценкам на текущий год, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. После оплаты статья публикуется в номере журнала согласно очередности. Если существует необходимость опубликовать статью в одном из ближайших номеров журнала, авторы оплачивают ускорение в размере 50000 (пятьдесят тысяч) тенге.