

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 №1082 от 10.07.2012 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.  
Тел.: 8 (727) 375-44-96

[minmag.kz](http://minmag.kz)

**Представители журнала:**

**Центрально-Казахстанский регион –**  
**ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН**  
[vladfdemin@mail.ru](mailto:vladfdemin@mail.ru)

**Российская Федерация, Москва –**  
**ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ**  
[shvetsirina@yandex.ru](mailto:shvetsirina@yandex.ru)

**Российская Федерация, Сибирский регион –**  
**ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК**  
[shaposhnikyury@mail.ru](mailto:shaposhnikyury@mail.ru)

**Периодичность 12 номеров в год**

**Тираж 1500 экземпляров**

**ISSN 2227-4766**

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

Подписано в печать **10.07.2020 г.**

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

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



**INTERRIN**

**Главный редактор**

**М.Ж. БИТИМБАЕВ**, [mbitimbaev@mail.ru](mailto:mbitimbaev@mail.ru)

**Заместитель гл. редактора**

**Л.А. КРУПНИК**, [leonkr38@mail.ru](mailto:leonkr38@mail.ru)

**Заместитель гл. редактора**

**Х.А. ЮСУПОВ**, [yusupov\\_kh@mail.ru](mailto:yusupov_kh@mail.ru)

**Ответственный редактор**

**Ю.А. БОЧАРОВА**, [Yuliya.Bocharova@interrin.kz](mailto:Yuliya.Bocharova@interrin.kz)

**Специалист по связям с общественностью**

**Т.С. ДОЛИНА**, [Tatyana.Dolina@interrin.kz](mailto:Tatyana.Dolina@interrin.kz)

**Помощник редактора**

**И.П. КОНОНОВА (ПАШИННИНА)**,  
[Irina.Pashinina@interrin.kz](mailto:Irina.Pashinina@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

**З.С. Абишева**, д-р техн. наук, академик КазНАН

**Ж.Д. Байгурин**, д-р техн. наук, профессор

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

**А.М. Бейсебаев**, д-р техн. наук, профессор

**А.А. Бекботаева**, PhD

**А.А. Бектыбаев**, канд. техн. наук

**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

**А.И. Едильбаев**, д-р техн. наук

**Е.К. Едыгенов**, д-р техн. наук, профессор

**В.Г. Загайнов**, канд. техн. наук

**А.А. Зейнуллин**, д-р техн. наук, профессор

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

**А.А. Лисенков**, д-р техн. наук, профессор

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

**В.А. Луганов**, д-р техн. наук, профессор

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

**В.С. Музгина**, д-р техн. наук

**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

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


**П.Г. Тамбиев**, канд. техн. наук

**Р.Р. Ходжаев**, д-р техн. наук

**Т.А. Чепуштанова**, PhD

® – статья на правах рекламы

ⓘ – информационное сообщение

 – статья публикуется в авторской редакции

**3** Колонка главного редактора

**5** Жидкостные пускатели MKS – немецкое качество с казахской душой <sup>®</sup>

### Минерально-сырьевые ресурсы

**7** *Битимбаев М.Ж., Даукей С.Ж.*  
Формирование минерально-сырьевой базы полезных ископаемых полным, комплексным и управляемым использованием массива недр Земли с валовой сплошной выемкой

### Геомеханика

**16** *Игемберлина М.Б., Байдаuletova Г.К., Сеитұлы К.*  
Карьер мен үйінді беткейінің тұрақтылығын анықтауда қолданылатын беріктік критерийін сараптау

**21** *Имашев А.Ж., Суимбаева А.М., Мусин А.А., Асан С.Ю.*  
Оценка влияния внутреннего отвала на напряженно-деформированное состояние подкарьерного массива

### Металлургия

**27** *Сайлау А.С., Хамит Ә.Х.*  
Обжиг сульфидного сырья с добавлением карбоната натрия в условиях вибропульсирующего слоя

**33** *Абишева А.К., Мельдешов А.А., Бегимбетова А.С.*  
Огнеупоры из руд Кемпирсайского месторождения

### Геоэкология

**38** *Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Замалиев Н.М.*  
Выделение серосодержащих газов при отработке угольных пластов и способы борьбы с ними

**45** *Байджанов Д.О., Бек А.А.*  
«Зеленая» экономика в строительных материалах

### Юбилей

**49** Рустам Ривкатович Ходжаев (к 60-летию со дня рождения)

### Памяти

**50** *Проскурин В.*  
Труды инженера Николая Проскурина

**54** Требования к оформлению статей

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

**Дорогие читатели журнала!**

**Уважаемые коллеги!**

Профессиональный праздник металлургов выпадает в этом году на 19 июля, и мы надеемся, что торжества в этот день будут не online, а при участии народа, которых можно будет разделить на людей необычной профессии, умеющих вникнуть внутрь горных пород, и их почитателей, начиная с членов их семей и капитанов производства.

Металлурги, продолжая славные традиции «хозяев подземных кладовых», чьи команды состоят из геологов, горняков, обогатителей, в чьих достижениях ставят последний восклицательный знак они, действительно одновременно дают оценку труду предшественников, выражая благодарность предшественникам по производству, и улучшая возможности, таящиеся в концентрате.

Недропользование в XXI веке должно превратиться из разрушающей литосферу Земли отрасли в созидательную, и в этой благородной обязанности перед человечеством, перед мировой цивилизацией у обогатителей и металлургов особая роль. Сегодня, как никогда прежде, важно обеспечить будущее глобальное развитие в каждой его составляющей по странам полным, комплексным и управляемым использованием массива недр Земли, сохранив экологическое равновесие и создав безопасные условия как трудовых процессов, так и условий жизни всего общества.

Эта одна из самых гуманных задач XXI века приходится на судьбоносный момент жизни на планете Земля, когда наступает «момент истины», который задает жизненно важный вопрос «Куда идешь?». Так в свое время вопрошал к Иисусу Христу Апостол Петр, спросив его «Камо грядеши?».

Решаешь ли ты свою участь или судьбу всего человечества, своей страны или своего производства, имеет ли отношение твой вопрос к личности, к обществу, к нации или религии – всегда ответ определяет, какую жизнь следует ожидать. Так и с использованием минеральных ресурсов, потому что в недрах Земли полезных ископаемых при темпах их потребления в 2019 г. остается на 30-70 лет, не считая угля, сланцев, торфа и титанового сырья. Но темпы роста потребления таковы, что оно вырастет к 2030-2050 гг. в 3-10 раз (например, меди с 19 млн тонн до 90-100 млн тонн, бериллия и лития в 50-100 раз и т. д.), поэтому иссякают месторождения в традиционной их трактовке и надо конкретно решать, что делать, т. е. куда идти.

Содержащих нужные, постоянно потребляемые металлы и другое твердое минеральное сырье, число которых сегодня составляет 45, в недрах имеется 770 минералов, из которых традиционно потребляются 193, т. е. выход видится в том, чтобы мы начали добывать сырье из оставшихся 577 минералов. Добыча возможна, причем она может оказаться более экономически эффективной, более безопасной и экологически чистой, а запасы практически неисчерпаемыми. Остается обогатителям и металлургам научиться перерабатывать и комплексно извлекать необходимую для цивилизации ту же самую продукцию, которую мы получаем сейчас из других, привычных минералов.

Такова наступающая новая эпоха в недропользовании, в которой обогатителям и металлургам предстоит сыграть главную роль в ее реализации на практическом уровне. Такая обстановка им знакома, во все времена они решали проблемы, переходя от одного вида сырья к другому, поэтому просто надо быть готовыми к грядущим переменам.

*Коллектив редакции журнала уверен, что человеческое общество будет всегда обеспечено нужным продуктом, полученным из недр, потому что обогатители и металлурги не подведут.*

*Поздравляем их и членов их семей с праздником, желаем успешных трудовых будней, достижений и исполнения жизненных планов, здоровья и благополучия!*



**ENGINEERING DOBERSEK®**

**С ДНЁМ**

# МЕТАЛЛУРГА!

Уважаемые коллеги!

Сердечно поздравляем вас с профессиональным праздником!

От всей души желаем вам крепкого здоровья и счастья, мира, добра, семейного благополучия и, конечно же, успехов в вашем нелёгком и таком важном труде.

Engineering Dobersek – Ваш компетентный партнёр по разработке технологических регламентов, проектной документации, поставке оборудования и строительству производственных комплексов для горно-металлургической промышленности.

Engineering Dobersek GmbH  
Pastorenkamp 31  
41169 Moenchengladbach  
Germany  
[www.dobersek.com](http://www.dobersek.com)

t +49 2161 901 08 - 0  
f +49 2161 901 08 - 20  
e [info@ed-mg.de](mailto:info@ed-mg.de)

Engineering Dobersek GmbH  
Пр. Абая 107  
050008 Алматы  
Казахстан

Engineering Dobersek GmbH  
Ул. Шарля де Голля 7, офис 1  
010000 Нур-Султан  
Казахстан



**ContiSmelt® System**  
CONTINUOUS SMELTING  
A BRAND OF ENGINEERING DOBERSEK



**STR System**  
SORPTION TAILINGS ROASTING  
A BRAND OF ENGINEERING DOBERSEK



**ContiClass® System**  
CONTINUOUS SEPARATION  
A BRAND OF ENGINEERING DOBERSEK



**ContiMAC System**  
CONTINUOUS MECHANICAL ACTIVATION  
A BRAND OF ENGINEERING DOBERSEK



**BackFill System**  
BACKFILLING  
A BRAND OF ENGINEERING DOBERSEK

## ЖИДКОСТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ MKS – НЕМЕЦКОЕ КАЧЕСТВО С КАЗАХСКОЙ ДУШОЙ

Более чем 100-летний опыт и экспертные знания в области приводной техники выделяют компанию MKS как одного из мировых лидеров среди изготовителей жидкостных реостатных пускателей.

На вопросы журнала ответил генеральный директор компании MKS Александр Креккер.

– Александр, что скрывается за слоганом «Немецкое качество с казахской душой»?

– Мало кто знает, что я родом из небольшого поселка Вишневка (сейчас Аршалы) в пригороде столицы Казахстана города Нур-Султана, где я провел свое детство и юношество. В конце 90-х мы переехали на постоянное место жительства в Германию, но я до сих пор считаю Казахстан своей родиной и очень близок с ним душой.

Моя деятельность в компании MKS GmbH началась еще в 2006 году. С того времени я вкладывал всего себя в разработки продукции и развитие предприятия. За 13 лет прошел весь путь от инженера по пусконаладочным работам до генерального директора, после чего летом 2019 года выкупил компанию и являюсь единственным владельцем и генеральным директором предприятия.

Немецкое качество объяснимо тем, что полная сборка продукции происходит в Германии. Мы работаем исключительно с немецкими поставщиками, продукция которых имеет сертификаты качества и соответствует нормам, так как мы сами регулярно проходим многие сертификации, в том числе и ISO 9001:2015.

Ни один из комплектующих компонентов не производится за пределами Европы.

– Расскажите подробнее о вашем предприятии.

– Компания MKS GmbH берет свои корни от компании BEA, той самой, что произвела свой первый реостат для пуска асинхронных двигателей в 1917 году. Отдел производства жидкостных пускателей производил реостаты

до 2000 года. В 2001 году компания BEA рассматривала вопрос о закрытии/продаже отдела, на тот момент руководитель отдела Б. Кусдоган подал прошение о выкупе. С 2001 по 2002 год велись переговоры и наконец-то договор был подписан. Так, в 2003 году была основана компания MKS GmbH. За время работы, а это, в общей сложности, более ста лет, мы поставили более 7000 реостатов по всему миру. Годовая продукция не раз превышала 250 единиц.

– Какова в общем сфера деятельности компании?

Мы поставляем компоненты для приводных систем, жидкостные реостатные пускатели, распределительные устройства и пусковые резисторы, точно отвечающие требованиям заказчиков. Мы объединяем все компоненты в единую приводную систему, обеспечивающую высокоэффективную работу. Сопровождение наших клиентов от разработки предложения и планирования проекта до поставки осуществляет сотрудник компании, который берет на себя координацию и ответственность за выполнение всего проекта. Благодаря нашему ноу-хау и опыту, мы готовы найти идеальное решение для всех требований предприятия клиента, какими бы сложными они ни были. Мы можем даже разработать концепцию приводной системы с нуля. Наши жидкостные реостатные пускатели и распределительные устройства среднего напряжения

разрабатываются, изготавливаются и испытываются высококвалифицированными специалистами компании MKS в Германии. Команда MKS говорит на многих языках, в том числе и на русском, поэтому проектирование и поставка продукции в страны СНГ проходит без каких-либо затруднений.



Königskamp 16,  
52428 Jülich, Germany  
тел. +49 2461 93-58-0  
[mks@mks-anlasser.de](mailto:mks@mks-anlasser.de)  
[www.mks-anlasser.de](http://www.mks-anlasser.de)



Дистрибьютор в России:  
тел. +7 812 612-77-07, [info@deel.pro](mailto:info@deel.pro)



**НИПИГОРМАШ**

передовое горно-шахтное оборудование

**С Днем металлурга!**

Компания **НИПИГОРМАШ** специализируется на производстве современного горно-шахтного оборудования как для подземных рудников и шахт, так и для открытых горных работ.



Подземные смесительно-зарядные машины



Смесительно-зарядные машины



Мобильные установки по изготовлению патронированных ВВ



Модульные технологические линии по производству компонентов эмульсионных взрывчатых веществ



Проходческие комплексы



Вентиляторные установки главного и местного проветривания

**ПРЕДОСТАВЛЯЕМ УСЛУГИ ПО БУРОВЗРЫВНЫМ РАБОТАМ**

**«НИПИГОРМАШ» г. Екатеринбург**

- ▶ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
- ▶ СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО
- ▶ СЕРВИС
- ▶ УСЛУГИ ПО ЗАРЯЖАНИЮ СКВАЖИН

Тел.: + 7 (343) 295-85-07  
e-mail: [main@npgm.ru](mailto:main@npgm.ru)  
[www.npgm.ru](http://www.npgm.ru)

©Битимбаев М.Ж., 08.05.2020

Код МРНТИ 38.01.11:52.01.11

М.Ж. Битимбаев, С.Ж. Даукей

*Товарищество с ограниченной ответственностью «Корпорация Казахмыс» (г. Алматы, Казахстан)*

## ФОРМИРОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПОЛНЫМ, КОМПЛЕКСНЫМ И УПРАВЛЯЕМЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАССИВА НЕДР ЗЕМЛИ С ВАЛОВОЙ СПЛОШНОЙ ВЫЕМКОЙ

**Аннотация.** В статье представлены сущность и базовое содержание научного труда, обладающего отличительными признаками, которые классифицируют его как Открытие, т. к. в нем установлены неизвестные ранее объективно существующие закономерности и свойства материального мира неживой природы в виде ее недр в земной коре, вносящие коренные изменения в уровень познания и дающие возможность обеспечения человечества неисчерпаемым источником получения всех необходимых для непрерывного развития человечества видов твердого минерального сырья. Обнаруженное Открытие создает реальные предпосылки по обеспечению человечества в мировом масштабе всеми необходимыми для поступательного и более совершенного развития цивилизации в условиях Четвертой промышленной революции металлами и строительными материалами.

**Ключевые слова:** научное открытие, минерально-сырьевой комплекс, минеральные ресурсы, запасы полезных ископаемых, разрушение литосферы, меры и способы восстановления минерально-сырьевой базы, полное, комплексное и управляемое использование массива недр Земли, валовая и сплошная выемка.

**Пайдалы қазбалардың минерал-шикізат базасын Жер қойнауының сілемін тұтастай қазып алу арқылы толық, кешенді және басқарылатын пайдаланудың көмегімен қалыптастыру**

**Аңдатпа.** Мақалада өзін Жаңалық ретінде жүйелендіретін айырмалық белгілері бар ғылыми еңбектің мазмұны мен базалық маңызы көрсетілген, Жаңалық деп жүйелендірудің себебі – онда бұрын белгісіз болған, объективті қолданымдағы заңдылықтар мен жансыз табиғаттың оның жер қабығындағы қойнауы түрінде материалдық дүниесінің қасиеттері орантылған, олар таным деңгейіне түбегейлі өзгерістер енгізеді және адамзаттың үздіксіз дамуына қажетті барлық сарқылмайтын қатты минералды шикізат түрлерімен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Табылған Жаңалық адамзатты дүниежүзілік ауқымда Төртінші өнеркәсіп революциясының жағдайында өркениеттің үдемелі және барынша жетіліп дамуы үшін барлық қажетті металдар мен құрылыс материалдарымен қамтамасыз етудің шынайы алғы шарттарын тудызады.

**Түйінді сөздер:** ғылыми жаңалық, минералды-шикізат кешені, минералды ресурстар, пайдалы кендер қоры, литосфераның бұзылуы, минерал-шикізат базасын қайта қалпына келтіру амалдары мен әдістері, Жер қойнауының сілемін толық, кешенді және басқарылатын пайдалану, тұтастай қазып алу.

**The formation of the mineral resource base by a complete, complex and managed use of massif of the Earth's bowels with bulk breast mining**

**Abstract.** The article presents the essence and basic content of a scientific work that has distinctive features that classifies it as a Discovery, because it establishes previously unknown, objectively existing laws and properties of the material world of inanimate nature in the form of its bowels in the earth's crust, introducing fundamental changes in the level of knowledge and giving the opportunity to provide mankind with an inexhaustible source of obtaining all the types of solid mineral raw materials necessary for the continuous development of mankind. This discovery creates real prerequisites for providing mankind on a global scale with all the necessary metals and building materials for the progressive and more advanced development of civilization in the conditions of the Fourth Industrial Revolution.

**Key words:** scientific discovery, mineral raw complex, mineral resources, mineral reserves, destruction, lithosphere, methods, measures to restore the mineral raw base, complete, complex and managed use of massif of the Earth's bowels, bulk mining and breast stoping.

### Минерально-сырьевой комплекс как основа поступательного и непрерывного развития цивилизации

Основополагающее место в общем развитии цивилизации занимает минерально-сырьевой комплекс. Человечество ежегодно извлекает из недр Земли многие сотни миллиардов тонн различных руд, горючих ископаемых и строительных материалов, выкачивает для собственных нужд, промышленности и сельского хозяйства подземные воды. В результате переработки этого сырья выплавляется более 3 млрд т различных металлов, вносится в сельхозугодья более 600 млн т минеральных удобрений и до 6 млн т ядохимикатов. Реализация этих потребностей влечет за собой ежегодную выемку из недр около 30 млрд т минерального сырья и более 120-150 млрд т пустой породы без учета объемов добычи нефти и газа. Приводимые данные ежегодно увеличиваются, причем их увеличение значительно превышает темпы роста населения, что, в первую очередь, связано с улучшением условий жизни людей. На поверхности планеты в районах действия горно-обогатительных и горно-металлургических

предприятий накапливаются твердые отходы, образованные в процессе добычи и переработки и количественно составляющие не менее 80-85% от общего объема добычи. В недрах Земли образовались и продолжают образовываться огромные объемы полостей и пустот в виде пройденных горных выработок и отработанного очистного пространства подземных рудников и карьеров на поверхности. В результате коренным образом меняется сбалансированное за предшествующие до вмешательства человека эпохи напряженное состояние массивов, нарушается режим подземных и поверхностных вод, деформируется сама земная поверхность. Наиболее убедительно и доказательно о состоянии Земли в результате добычи из ее недр минерального сырья, о значимости этого процесса для цивилизации и о проблемах, встающих перед человечеством в связи с использованием минерального сырья в будущем, сказал акад. РАН К.Н. Трубецкой в своем труде «Основы горного дела»<sup>1</sup>.

Нарастающий технологический прессинг на природные экосистемы приводит к их быстрому и часто необратимому разрушению, которое по своим масштабам постепенно

<sup>1</sup>Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Основы горного дела. – М.: Академический проект, 2010. – 232 с.

Таблица 1

Динамика удельной добычи минерального сырья и народонаселения планеты

Кесте 1

Минералды шикізатты меншікті өндіру мен планетадағы халық санының динамикасы

Table 1

Dynamics of the specific production of mineral raw materials and the population of the planet

Показатели	Годы							
	1900	1950	1970	1980	1990	2000	2010	2019
Народонаселение, млрд чел.	1,6	2,5	3,63	4,38	5,27	6,1	6,89	7,67
Годовая добыча вещества литосферы, т-чел./год, в т. ч.:	10,1	17,8	40,5	79,75	123,05	148,0	166,7	173,5
полезного ископаемого	4,7	8,2	15,6	27,5	36,5	46,5	67,84	72,9
пустой породы	5,4	9,6	24,9	52,25	76,55	101,5	98,86	100,6

принимает глобальный характер. При этом парадоксальность ситуации заключается в том, что прогрессирующая деградация природы происходит на фоне быстро растущих расходов человечества на ее охрану; при этом энергетические ресурсы, необходимые для сохранения природы на современном уровне развития, могут быть получены только путем техногенного разрушения фундамента этой природы – литосферы Земли. Отсюда проистекает второй парадокс вроде бы разумных и прогрессивных действий человека по улучшению условий своей жизни, приводящих к ухудшению окружающего природного баланса и, в конечном счете, здоровья людей и безопасности их существования. Третий парадокс в использовании недр заключается в невозобновляемости полезных ископаемых литосферы, а человечество, использующее и преобразующее все природные ресурсы, возобновимо в расширенной степени.

Тем не менее, добыча полезных ископаемых является сегодня и в обозримом будущем безальтернативной необходимостью для самого факта существования человека [1]. Поэтому, от того, как в наше время будет организовано это производство, какие ограничения и допуски будут наложены на его развитие, во всех отношениях зависит сохранение или необратимое разрушение подвижного равновесия в природной среде, сложившегося за всю историю геологического развития планеты.

Ныне, как и всегда, практически весь материальный мир, созданный человеком, построен и функционирует за счет результатов прямого или косвенного разрушения определенных участков литосферы, выбранных человеком путем отбора их в виде месторождений полезных ископаемых, для последующего использования веществ (полезных ископаемых), полученных из материала (руды) после разрушения литосферы. Минеральное сырье дает не менее 70% исходных материалов и энергетической основы для производства всего ассортимента требуемой человечеству конечной продукции.

Технологические возможности извлечения из разрушаемой литосферы таковы, что добыча единицы объема полезного ископаемого сопровождается извлечением на поверхность вместе с ним значительного объема пустой породы и оставлением в недрах также значительного объема самого полезного ископаемого, поэтому масштаб разрушения литосферы возрастает значительно быстрее, чем добыча собственно полезных ископаемых. Негативную динамику происходящей на наших глазах и творимой нашими благими намерениями катастрофы демонстрируют табл. 1, рис. 1 и 2.

Невозможно отходы снова превратить в сырье, а оставленные в недрах полезные ископаемые извлечь

на поверхность, не затратив на эти процессы энергию и финансовые ресурсы, и эти затраты делают зачастую экономически невозможными такую деятельность.

Размещаемые на поверхности Земли отвалы пустых пород и заскладированные в хвостохранилищах, шлако-, шламо-, клинкерохранилищах отходы производства ежегодно изымают из полезного оборота при нынешних объемах добычи более 8000 км<sup>2</sup> поверхности, т. е. квадрат со стороной 90 км, или каждые 4 года из оборота исчезает площадь, равная Бельгии. Приведенный расчет отвечает сегодняшнему уровню. Что же ожидает нас в будущем?! Трудно себе представить, потому что такого не должно быть! В дополнение, как сказано акад. К.Н. Трубецким, если срок существования среднестатистического добывающего предприятия принять равным 40 годам, для простого воспроизводства, т. е. поддержания уровня обеспеченности минеральным сырьем, необходимо ежегодно 1/40 общего его потребления обеспечивать за счет освоения новых месторождений. В свою очередь, вследствие геологической обособленности

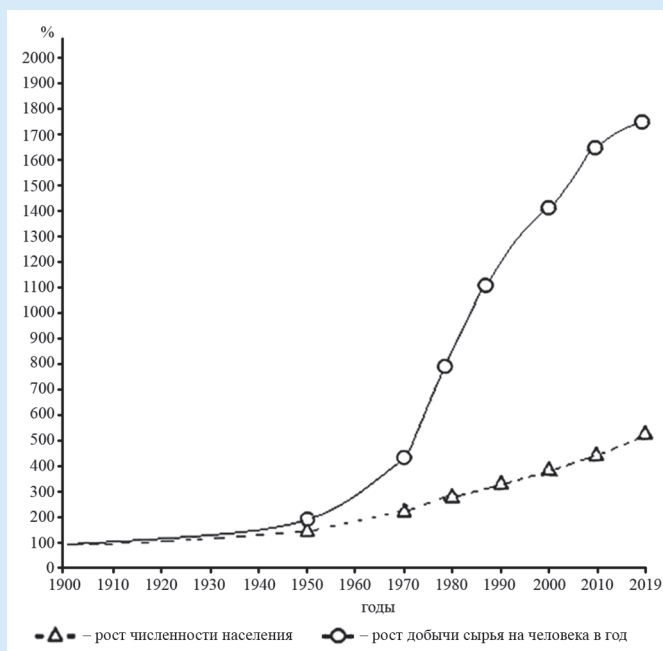
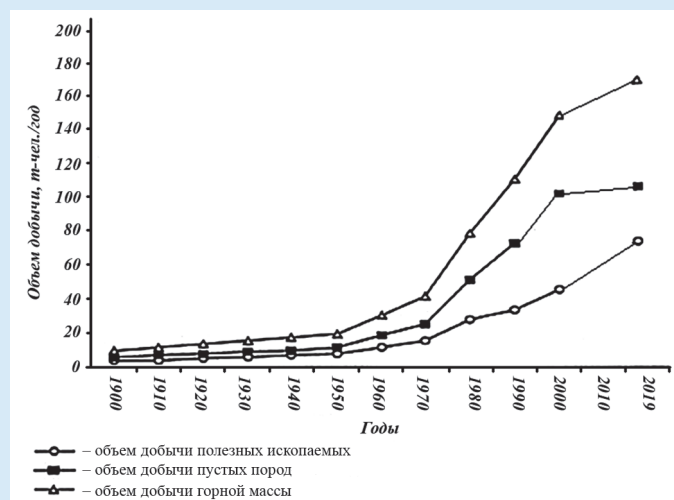


Рис. 1. Динамика роста народонаселения Земли и удельной добычи минерального сырья.  
Сурет 1. Жердегі халық санының өсуі мен минералды шикізатты меншікті өндіру динамикасы.  
Figure 1. The dynamics of the population of the Earth and the specific production of mineral raw materials.





**Рис. 2. Изменение масштабов техногенного разрушения литосферы.**

**Сурет 2. Литосфераның техногенді бұзылу масштабының өзгеруі.**

**Figure 2. Change in the scale of technogenic destruction of the lithosphere.**

местоположения новых добывающих предприятий это означает практически неизбежную необходимость отторжения от сохранившихся площадей естественной биоты Земли не менее 3500-4000 км<sup>2</sup> ежегодно при нынешнем уровне добычи полезных ископаемых, т. е. ежегодно цивилизованный мир и планета Земля теряют до 12000 км<sup>2</sup>, или в течение 10 лет исчезнет одна бывшая Чехословакия (ныне Чехия + Словакия). Объемы и структура добычи полезных ископаемых в 2019 г. приведены в табл. 2.

Встающие перед человеком и созданным им цивилизованным миром проблемы, возникшие вследствие логичного и необходимого желания жить лучше, на этом не заканчиваются. Экстенсивный процесс использования созданных в недрах планеты в ходе ее геологического развития в приповерхностной и гипабиссальной частях запасов приведет к постепенному их исчерпанию. Перспектива видится уже достаточно близкой и измеряется для разных полезных ископаемых сроками от 30 до 150-200 лет. Кратность обеспеченности в соответствии с подтвержденными запасами (имеются еще прогнозные ресурсы

и неоткрытые месторождения) и объемами добычи, достигнутыми в 2018 г., приведены в табл. 3, которая достаточно убедительно характеризует складывающуюся неблагоприятную обстановку<sup>2</sup>, так как мы, будучи уверены в том, что геологоразведочные работы приведут к подтверждению имеющихся прогнозных ресурсов с учетом коэффициента достоверности и открытию новых месторождений до максимально возможной эффективной экономически, технологически возможной и безопасной для жизни работающих в недрах людей глубины, не должны забывать, что потребность в полезных ископаемых даже при постоянном снижении удельного расхода их на душу населения в связи с ростом населения и коренного улучшения образа жизни будет расти во многих случаях быстрее, чем рост количества запасов, который когда-то, дойдя до глубины от поверхности 3,5-4 км, прекратится вообще.

Есть надежды на возврат к новой жизни и максимальное повторное использование металлов с их регенерацией, на создание качественно улучшенных сплавов с меньшим расходом металлов, но при этом потребуются дополнительный расход времени, людских ресурсов и, самое главное, энергии, поэтому данный способ ресурсосбережения не сможет полностью и качественно решить проблемы истощения недр.

Имеет право на жизнь создание техники и технологии для использования возобновимых ресурсов, но в данном направлении можно уверенно говорить о возобновляемых или бесконечных источниках энергии (солнца, ветра, приливов, термоядерной), но не о металлах или другом рудном сырье. Как известно из геологии полезных ископаемых, процесс рудообразования по этапам и стадиям, его формирование в месторождения полезных ископаемых соизмерим с геологическим временем образования комплексов горных пород и длится для всех серий месторождений от 1-3 млн лет (осадочные) до сотен млн лет, т. е. о возобновляемых запасах твердых полезных ископаемых для практического использования говорить не приходится. Ослабление тектонических процессов, изменений температуры, химизма среды и давления, зависящих от эндогенных процессов, движущим началом которых является внутренняя энергия Земли, и экзогенных, возникающих за счет энергии солнечного излучения, которые и служили основой образования месторождений полезных ископаемых с неравномерным распределением по основным

**Таблица 2**

**Объемы и структура добычи полезных ископаемых**

**Кесте 2**

**Пайдалы қазбаларды (ПК) оңдірудің көлемі мен құрылымы**

**Table 2**

**Volumes and structure of mining operations**

Вид сырья	Доля в общей добыче, %	Годовой объем добычи, млрд т		
		полезных ископаемых	пустых пород	горной массы
Рудное, в т. ч.:	3,316	18,55	123,83	142,38
▪ черные металлы	1,573	8,80	58,26	67,06
▪ цветные металлы	1,743	9,75	65,57	75,32
Нерудное, в т. ч.:	91,866	513,87	601,15	1115,02
▪ стройматериалы	84,833	474,53	524,92	999,45
Энергетическое, в т. ч.:	4,818	26,95	46,4	73,35
▪ уголь	1,382	7,73	23,19	30,92
Всего	100	559,37	771,38	1330,75

<sup>2</sup>Бежанова М.П., Стругова Л.И. Научно-информационный справочник: Ресурсы, запасы, потребление и цены важнейших полезных ископаемых мира. – М.: ОАО «ВНИИЗарубежгеология» и ООО «Минеральные ресурсы мира», 2016. – 160 с.

Таблица 3

Уровень обеспеченности добычи (производства) важнейших по востребованности в 2020 г. полезных ископаемых подтвержденными запасами

Кесте 3

2020 ж. сұраныста болуына ең маңызды пайдалы қазбаларды өндіру деңгейлерінің расталған қормаен қамтамасыз етілуі

Table 3

Provision of mining (production) levels of the most important minerals in demand in 2020 with confirmed reserves

Полезные ископаемые	Подтвержденные запасы на начало 2019 г.	Добыча (производство) в 2018 г.	Обеспеченность, лет, на уровне добычи (производства) в 2018 г.
Нефть, млрд т	247,1	5,2	47
Газ, трлн м <sup>3</sup>	216,9	3,87	56
Уран, млн тонн	6,14	0,06	100
Уголь, млрд т	1035	7,73	134
Железная руда, млрд т	275	2,5	110
Марганцевая руда, млрд т	5,2	0,06	87
Хромовая руда, млрд т	4,0	0,03	133
Бокситы, млрд т	60,0	0,30	200
Медь, млн т	920	20	46
Никель, млн т	75,9	2,15	35
Кобальт, млн т	7,5	0,125	60
Свинец, млн т	117,0	5,5	21
Цинк, млн т	262	14,0	19
Олово, млн т	5,5	0,32	17
Вольфрам, млн т	4,0	0,10	40
Молибден, млн т	15,0	0,227	66
Сурьма, млн т	1,5	0,130	17
Титан, млн т, TiO <sub>2</sub>	1483	9,37	158
Серебро, тыс. т, металл	840	30	28
Золото, тыс. т, металл	64,0	3,2	20
Металлы платиновой группы, т	75,5	0,45	168
Алмазы, млн карат	3000	148,4	28
Литий, тыс. т	100000	40	2500
Фосфаты, млн т, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25500	230	111
Калийная соль, млн т, K <sub>2</sub> O	7900	39,5	200
Плавленый шпат, млн т	224,2	6,8	33

тектоническим элементам земной коры, ускоряет истощение земных недр от запасов традиционных скоплений необходимых человечеству минералов, называемых рудой.

Таким образом, человек для искусственного, зависящего от его планомерных, обеспеченных техникой и технологиями действий по продлению сроков добычи необходимых полезных ископаемых<sup>3</sup>, может применять и совершенствовать такие меры, как:

- увеличение глубины разведки и добычи до 3500-4000 м, что повлечет за собой необходимость нейтрализации дорогостоящих и опасных последствий (горное давление, температурный градиент, невообразимые затраты на спуск-подъем людей, материалов, оборудования, руды, породы, на проветривание и кондиционирование);

- полная и качественная выемка полезного ископаемого без потерь и разубоживания, позволяющая сравнить количество извлекаемых запасов с уровнем подтвержденных в недрах и снизить себестоимость производства;

- создание новых технологических способов и методов по обогащению и другим видам переработки бедных и сложных для разделения на отдельные металлы и другие полезные составляющие руд, ныне относимых к забалансовым, что также приведет к увеличению вынимаемых из недр запасов;

- создание и повсеместное использование технологий комплексного использования месторождений (эта мера является логическим продолжением предыдущей), благодаря которым наряду с основными металлами будут извлекаться как товарный продукт попутные компоненты, ценность которых во многих случаях может превысить ценность основных компонентов (дальнейшее развитие комплексности использования минеральных ресурсов в будущем приведет к использованию вмещающих пород, в которых заключены извлекаемые металлы и/или пород, окружающих эксплуатируемое (извлекаемое) рудное тело; комплексное освоение месторождений позволяет при наличии технологий переработки руды применять высокоэффективные (максимально дешевые и высокопроизводительные) и безопасные технологии добычи и одновременно представляет собой основу природоохранного производства);

- использование для целей недропользования минерального сырья, находящегося в недрах Мирового океана, в первую очередь, в морских и океанических шельфах, а также на дне Тихого, Атлантического и Индийского океанов в железо-марганцевых конкрециях, которые содержат медь, никель, кобальт и другие элементы (сама морская вода является источником многих элементов и минеральных соединений);

<sup>3</sup>Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. – М.: Недра, 1982. – 671 с.

запасы экзогенной металлогении Мирового океана при его огромном объеме в 1370 млн км<sup>3</sup> даже при ничтожном содержании в нем металлов оказываются колоссальными; например, в океанической воде содержится 5,5 млн т золота (при содержании 0,000004 мг/л), 4 млрд т урана (0,003 мг/л), 200 млрд т лития (0,17 мг/л); общее количество этих и других элементов в десятки и сотни тысяч раз больше, чем их запасы во всех месторождениях мира на суше, но из-за чрезвычайно низкого содержания, отсутствия экономически рентабельной технологии массового извлечения, обязательной необходимости соблюдать абсолютную экологическую чистоту вод океана, нерешенности вопроса влияния морской воды при ее нынешнем составе на органический мир металлические ресурсы Мирового океана пока не используются, хотя попытки освоения (в особенности добычи конкреций со дна) становятся все более настойчивыми);

- синтез минерального сырья и производство искусственных материалов на его основе, получающий развитие в крупных промышленных масштабах (алмазы, рубины, пьезокварц, слюды, кристаллы оптического кварца, конструкционные материалы для замены железа, марганца, алюминия, меди и других металлов, жидкое топливо из угля, горючих сланцев, битуминозных пород, химические материалы для замены металлов или совместного с ними использования для строительства, машиностроения, медицины и продуктов питания из нефти);

- возврат в сферу материального производства и повторное использование металлического лома, образуемого из отработавших свой амортизационный срок, вышедших из строя аварийно или специально разрушаемых конструкций, машин, оборудования, приборов;

- и, наконец, в будущем получение минерального сырья из астероидов, Луны и других планет.

Анализ состояния минерально-сырьевого комплекса и конкретных мер, которые может и должно предпринять человечество для поступательного и непрерывного развития цивилизации, позволяет сделать следующий однозначный вывод. Вторая половина XXI века будет чревата практически полным истощением ресурсов, находящихся в приповерхностной зоне земли, т. е. до глубины 1,5 км, и частично – тех, которые находятся на глубине до 3-5 км, т. е. в гипабиссальной зоне. Эти ресурсы составляют традиционную минерально-сырьевую базу полезных ископаемых, потребляемых человечеством для своего технократического развития. В то же время, потребности в конечном продукте переработки минерального сырья будут увеличиваться по причине роста численности населения на Земле, в связи с выравниванием условий жизни и потребления всех продуктов, необходимых для развития цивилизации, на уровне наиболее развитых стран мира и в связи с ростом удельного потребления в соответствии с глобальными целями IV промышленной революции. Этот рост будет происходить, несмотря на снижение удельного потребления энергии, рост производительности труда и улучшение качества потребляемых продуктов, в т. ч. на 6-м, конечном уровне производимой добавочной стоимости. Складывающуюся обстановку и неоспоримые требования по безусловному обеспечению развития человеческой цивилизации необходимо трансформировать

в постановку и решение задачи предотвращения техногенного истощения запасов минеральных ресурсов.

## **Основы практического решения потребности мировой цивилизации в минеральном сырье в полном и неисчерпаемом объеме**

Анализ состояния и перспектив использования минерального сырья из недр для нужд человечества показывает, что, во-первых, получение полезных ископаемых сегодня и в будущем является безальтернативной необходимостью для самого факта существования человека; во-вторых, количество минеральных ресурсов в земной коре до максимально возможных для отработки недр глубин (даже без учета экономической эффективности) ограничено для металлов не более, чем на 40-70 лет; в-третьих, для сохранения равновесия природной среды на производство полезных ископаемых должны быть наложены ограничения. *В такой, казалось бы, безысходной ситуации, которая может сложиться через 40-70 лет, авторами настоящей статьи предлагается глобальное и бесспорное решение, которое, по нашему мнению, является открытием, имеющим стратегическое значение.* Совокупное изучение объективно существующих закономерностей и свойств горных пород и минералов, участвующих в создании агломератов горных пород, проводилось по факторам, которые подробно изложены в геологической литературе<sup>4-7</sup> и приняты как аксиома:

- 1) строение земной коры;
- 2) удельное количество разных химических элементов в земной коре;
- 3) объем горных пород суши, расположенных между поверхностью земли и глубиной 4,5 км (приповерхностная и гипабиссальная зоны);
- 4) содержание металлов в важнейших промышленных минералах;
- 5) сводная генетическая классификация месторождений полезных ископаемых;
- 6) разделение всех месторождений полезных ископаемых на 3 серии;
- 7) региональные закономерности образования и размещения рудных месторождений;
- 8) уровни глубины формирования месторождений;
- 9) распределение эндогенных месторождений по составу изверженных пород;
- 10) способы отложения минерального вещества месторождений полезных ископаемых.

Сопоставление закономерностей, существующих в земной коре и оказывающих прямое и определяющее действие на ее строение; изучение естественных причинных зависимостей состава, строения, структуры, текстуры и условий залегания горных пород от формирующих их геологических процессов, происходящих в определенных физико-химических условиях, и явлений, их сопровождающих, являются основой совершенного нами открытия, названного **«Формирование минерально-сырьевой базы полезных ископаемых полным, комплексным и управляемым использованием массива недр Земли с валовой сплошной выемкой»**. Название открытия сформулировано таким образом, чтобы передать смысловую нагрузку предназначения открытия.

<sup>4</sup>Большая Советская Энциклопедия, том 18. – М.: Издательство «Советская Энциклопедия», 1974. – С. 618.

<sup>5</sup>Горная энциклопедия, том 2. – М.: Издательство «Советская Энциклопедия», 1986. – С. 141-142.

<sup>6</sup>Горная энциклопедия, том 3. – М.: Издательство «Советская Энциклопедия», 1987. – С. 330-335. – С. 338-342. – С. 342-349. – С. 352-354.

<sup>7</sup>Горная энциклопедия, том 4. – М.: Издательство «Советская Энциклопедия», 1989. – С. 185-187.

1. Мировое сообщество должно решить вопрос обеспечения своего развития минерально-сырьевой базой полезных ископаемых, учитывая ожидаемое полное исчерпание ее в традиционном понятии как использование для своих нужд скоплений горных пород, называемых месторождениями.

2. Формирование минерально-сырьевой базы полезных ископаемых, обеспечивающей нужды мирового сообщества, будет основано на:

- полном использовании массива недр, т. е. с исключением понятий «руда и пустая порода»;
- комплексном использовании массива недр, т. е. с переработкой всего объема добываемой горной массы для получения из нее набора конечной продукции, применяемой для различных целей;
- управляемым использованием массива недр, т. е. на основе естественного взаимодействия живой и неживой природы и сохранения природного равновесия массива недр во времени и в пространстве;
- сплошной выемке, которая предполагает много- или одноступенную добычу всей горной массы, слагающей избранный массив недр, как открытым, так и подземным способами (во втором случае – обработкой новым способом с движением фронта горных работ «снизу вверх» или с переводом полезных веществ в раствор, транспортируемый или на поверхность, или на подземные установки для сорбции, десорбции и электролиза).

Естественно, вопросы сохранения почвенного плодородного слоя и рекультивации будут решаться в обязательном порядке. Такое недропользование, создающее неисчерпаемую и безотходную минерально-сырьевую базу для обеспечения цивилизации сырьем из недр, решает одновременно проблемы разрушения природной экосистемы, снимая нарастающий технологический прессинг и ограничения на недропользование, создавая практически безопасные условия работы персонала. Экономическая эффективность будет решена исследованиями в двух направлениях:

- полное использование всей добытой горной массы с получением полезных продуктов из всего минерального состава без отходов (или с целенаправленным полезным использованием их на месте);
- технологическое обеспечение переработки всей добытой горной массы с учетом ее минералогического состава.

Решение поставленной целевой задачи должно быть начато с изучения роли горных пород и минералов в приповерхностной и гипабиссальной зонах в земной коре в формировании востребованной и неисчерпаемой минерально-сырьевой базы. **Решение этой задачи создает недропользование, которое явится созидательным**, так как неживой мир сохранит свой облик без катастрофических разрушений и отчуждения огромных территорий под отвалы пустых пород, забалансовых руд, хвостохранилищ, складирования шлаков, кеков, клинкеров. Технологически и организационно такое недропользование после решения ряда научно-исследовательских задач будет абсолютно возможным, и препятствием может служить только политическая воля.

Организационный период создания нового подхода к обеспечению мирового сообщества полезными ископаемыми потребует достаточно много времени вследствие значительного объема и направлений научно-исследовательских работ для оптимизации процессов селекции

и комплексного использования добытой горной массы, которая уже не будет традиционной «рудой» и потребует создания нового научного направления, условно называемого «геометаллургическим». Но требуемый порядок времени, исчисляемый 10-30 годами, имеет значение для человеческой жизни, а в историческом ракурсе, когда мы должны решить поставленную задачу в практическом ключе к моменту исчерпания полезных ископаемых в месторождениях в традиционном понятии к 2060-2090 гг., это миг, который ввиду сложности задач по технологическому обеспечению полного, комплексного и управляемого использования массива недр земли со сплошной выемкой пролетит незаметно, поэтому работы по его решению должны начаться практически вслед за публикацией предлагаемого авторами решения, которая подтверждает право авторов.

И до, и после решения вопросов технологического обеспечения добычи и переработки всей горной массы, слагающей массив недр земли (которое будет продолжаться всегда ввиду многообразия природных условий формирования земной коры), развитие недропользования по добыче полезных ископаемых будет идти в двух магистральных направлениях (с многочисленными вариантами):

- выбор и использование месторождений полезных ископаемых по традиционному, общепринятому на сегодня пониманию (на момент принятия открытия как факта), т. е. как скопления минерального сырья, которое в рассматриваемый период по объективным и субъективным факторам может быть принято к разработке и получению из него полезного продукта;
- выбор и использование скопления горных пород и минералов, которое в традиционном, общепринятом на сегодня понимании (момент принятия открытия как факта) не может считаться месторождением полезных ископаемых и поэтому не может быть принято к разработке и получению из него полезного продукта, но в соответствии с трактовкой сущности открытия можно разделять физико-химическими способами на составляющие, являющиеся полезным продуктом для человеческого сообщества в виде химических элементов, их соединений или горных пород.

#### **Технологическое и организационное решение вопросов созидательного недропользования с полным, комплексным и управляемым использованием массива недр Земли с валовой сплошной выемкой**

**1. Предмет созидательного недропользования в свете сущности открытия будет основываться на следующих направлениях практической деятельности:**

- использование всех горных пород и минералов, слагающих массив недр Земли в избранном месте земной поверхности, начиная от верхней части приповерхностной зоны (вместе с осадочными породами) до окончания гипабиссальной зоны, как минерального сырья<sup>8</sup>;
- разделение выбранных скоплений горных пород и минералов на первоочередные, второстепенные и неопределенные с точки зрения распространенности, условий залегания, суммарных трудовых, материальных и энергетических затрат на разведку, выемку и разделение на отдельные полезные составляющие, технологичности выемки с учетом рельефа поверхности и способа выемки, степени разведанности, экономической эффективности

<sup>8</sup>Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – М.: КДУ, 2010. – 736 с.

и сохранения экологического баланса; дополнительные требования: минимизация расхода воды, устранение вредных выбросов и стоков, исключение образования вредных веществ в процессах добычи и переработки;

- возможность возврата в оборот продуктов переработки после их использования с учетом тех продуктов, которые невозможно вернуть (удобрения, дефолианты, вода, отходы не только традиционных продуктов из руды, но и возможных после комплексного использования всех пород и минералов);

- использование воды как полезного ископаемого, учитывая воды свободные, кристаллизованные, конституционные, подземные гравитационные в криолитозоне, абсорбционные, гигроскопические, а также роль воды как активного фактора эндогенных и экзогенных геологических процессов, связанных с формированием месторождений и минералообразования;

- учет пород и минералов по химическому составу, по связи отдельных минералов в породах, по преобладающему местонахождению, по физико-механическим характеристикам с разделением минералов при действующем в сегодняшнем недропользовании на главные, вспомогательные и акцессорные с последующей целью облегчения разработки технологии разделения пород на составляющие.

**2. Дополнительно к сказанному, по сущности открытия следует иметь в виду, что человечество в будущем решит и задачи по извлечению полезных ископаемых из месторождений океанов:**

- из прибрежных островных дуг из трех формаций магматических пород – перидотитовой, габбровой и повсеместно развитой субмаринной базальто-андезито-дацитовой (хромиты, платиновая группа, титаномагнетиты, колчеданные руды меди, цинка, свинца и окисные железа, марганца);

- из металлов, растворенных в водах, и осадочных пород в донных отложениях (колоссальные запасы золота, урана, лития и других элементов);

- из железо-марганцевых конкреций, выстилающих дно Тихого, Атлантического и Индийского океанов.

Сдерживающими факторами являются низкое содержание металлов, отсутствие технологий и невозможность присутствия человека в зоне работ.

**3. Основные технологии, предлагаемые для добычи и переработки минерального сырья** с улучшенными технико-экономическими показателями.

- ✓ Добыча полезных ископаемых в традиционной трактовке понятия «месторождение» открытым и подземным способами и традиционная дальнейшая переработка с применением:

- на границе открытых и подземных горных работ и при отработке отдельных от основного рудного тела залежей выше или ниже уровня открытых горных работ комбинированного способа с выбором вариантов в соответствии с предложенной М.Ж. Битимбаевым классификацией [2];

- способа подземной разработки с развитием горных работ «снизу вверх» и сплошной твердеющей пастовой (тиксотропной) закладкой отработанного пространства.

- ✓ Создание полостей в виде скважин или горных выработок, пройденных с применением буровзрывных работ, с поверхности или таких же горных выработок в горизонтальном или наклонном исполнении, из которых осуществляется доступ к рудному телу посредством полного его охвата расчетной сетью скважин, по которым нагнетается

выщелачивающий раствор, транспортируемый затем на поверхность или к подземным установкам для сорбции, десорбции, электролиза и получением в осадительных колоннах полезных ископаемых в металлическом виде (массив недр при такой технологии выемки сохраняется в первоначальном виде, обеспечивается практически полное извлечение металлов без потерь и разубоживания; такая технология может применяться в различных модификациях для добычи и извлечения металлов как на традиционных месторождениях, так и при валовой сплошной выемке массива недр, являющейся основой совершенного открытия).

- ✓ Геометаллургическое полное, комплексное, управляемое использование массива недр с валовой сплошной выемкой всей горной массы открытым и подземным способами с применением:

- на границе открытых и подземных горных работ комбинированного способа в соответствии с предложенной Битимбаевым М.Ж. классификацией комбинированного способа с его вариантами со сплошной твердеющей пастовой (тиксотропной) закладкой с развитием горных работ при подземном способе «снизу вверх» и полным отсутствии понятия «вскрышные породы» при открытом способе и переработки горной массы на поверхности или в подземных условиях созданными проведенными научно-исследовательскими работами способами физико-химического воздействия;

- способа подземной разработки с развитием горных работ «снизу вверх» и сплошной твердеющей пастовой (тиксотропной) закладкой отработанного пространства и переработки горной массы на поверхности или в подземных условиях созданными проведенными научно-исследовательскими работами способами физико-химического воздействия.

**4. Условия создания и промышленной реализации сизидательного недропользования XXI века** [3].

- Геологическое изучение с применением современных методов изысканий на базе космических снимков, применения дронов и наземных натуральных геологических, геофизических и геохимических способов и региональные исследования для определения первоочередных районов по выделению перспективных участков для полного, комплексного и управляемого использования массива недр с валовой сплошной выемкой.

- Создание проектного обоснования сплошной разработки открытым и (или) подземным способами выделенных первоочередных участков с последующей переработкой добываемой горной массы, рекультивацией и восстановлением природного равновесия до начала работ.

- Научные исследования и разработка методов физико-химического воздействия для разделения установленных составляющих горной массы, добытой из выделенного первоочередного участка, на отдельные химические элементы, их соединения и (или) горные породы, которые являются минеральным сырьем, удовлетворяющим спрос экономики.

- Определение количества, химического состава и возможности целевого использования остатков добытой горной массы после выделения из нее используемого минерального сырья в качестве инертного заполнителя твердеющей пастовой (тиксотропной) закладки, для строительных нужд или при рекультивации.

- Обнаруженные при геологических изысканиях внутри и (или) на краевых границах выделенных для сплошной разработки участков традиционных месторождений полезных ископаемых выделяются и обрабатываются (с дальнейшей

переработкой) отдельно или в смеси с валовой горной массой в зависимости от экономической эффективности и взаимовлияния месторождения и горных пород участка сплошной выемки на показатели экологии и безопасности.

#### Заключение

Обнаруженное открытие создает реальные и убедительные предпосылки по обеспечению человечества в мировом масштабе всеми необходимыми для поступательного и более совершенного развития цивилизации в условиях Четвертой промышленной революции металлами и строительными материалами. Для реализации изложенного в описании открытия, основываясь на закономерностях и свойствах горных пород, слагающих земную кору в приповерхностной и гипабиссальной зонах, следует выстроить стратегию

и рабочие программы выполнения ряда научно-исследовательских, геолого-изыскательских, картографических, статистических исследований, которые в конечном счете откроют дорогу созидательному недропользованию XXI века. Оно будет основано на формировании минерально-сырьевой базы полезных ископаемых полным, комплексным и управляемым использованием массива недр Земли с валовой сплошной выемкой. С реализацией предмета открытия откроется эпоха использования минерального сырья, которое будет иметь два главных характерных признака:

- неисчерпаемость на сроки существования цивилизации на Земле;
- сохранность природного равновесия массива недр и безотходность.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агрикола Г. О горном деле и металлургии. / В двенадцати книгах. Серия классики науки. – М.: АН СССР, 1962. – С. 577-596. (на русском языке)
2. Битимбаев М.Ж. Классификация способов комбинированной разработки – важнейший фактор комплексного проектирования отработки месторождений полезных ископаемых. // Горный журнал Казахстана, 2019. – №11. – С. 8-13. (на русском языке)
3. Сатпаев К.И. Собрание трудов. Том I. Большой Дзезказган. – Алматы: Ғылым, 1998. – С. 464-524. (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Агрикола Г. Таулы туралы ісі мен металлургия. / Он екі кітаптар дағы. Бір ғылым сериясы. – М.: КСРО ҒА, 1962. – Б. 577-596. (орыс тілінде)
2. Битимбаев М.Ж. Құрамдастырылған әзірлемені – пайдалы қазбалардың кен орындарын игерудің маңызды фактор кешенді жобалау тәсілдерінің сыныптамасы. // Қазақстанның кен журналы, 2019. – №11. – Б. 8-13. (орыс тілінде)
3. Сатпаев К.И. Жиналыс еңбектер. Бөлім I. Үлкен Жезқазған. – Алматы: Ғылым, 1998. – Б. 464-524. (орыс тілінде)

#### REFERENCE

1. Agricola G. About mining and metallurgy. In twelve books. A series of classic of science. – M.: USSR Academy of Sciences, 1962. – P. 577-596. (in Russian)
2. Bitimbayev M.Zh. The classification of combined development methods is the most important factor in the complex design of mining of mineral deposits. // Mining Journal of Kazakhstan, 2019. – №11. – P. 8-13. (in Russian)
3. Satpayev K.I. Collection of works. Volume I. Big Dzhezkazgan. – Almaty: Gylym, 1998. – P. 464-524. (in Russian)

#### Сведения об авторах:

**Битимбаев М.Ж.**, д-р техн. наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК, академик Международной инженерной академии, эксперт Товарищества с ограниченной ответственностью «Корпорация Казахмыс» (г. Алматы, Казахстан), [mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru)  
**Дәукей С.Ж.**, д-р геол.-минерал. наук, академик Национальной академии наук, эксперт Товарищества с ограниченной ответственностью «Корпорация Казахмыс» (г. Алматы, Казахстан), [s@daukey.kz](mailto:s@daukey.kz)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Битимбаев М.Ж.**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Ұлттық инженерлік академиясының академигі, Халықаралық инженерлік академиясының академигі, «Корпорация Казахмыс» жауапкершілігі шектеулі серіктестігі эксперті (Алматы қ., Қазақстан), [mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru)  
**Дәукей С.Ж.**, геология-минералогия ғылымдарының докторы, Ұлттық ғылым академиясының академигі, «Корпорация Казахмыс» жауапкершілігі шектеулі серіктестігі эксперті (Алматы қ., Қазақстан), [s@daukey.kz](mailto:s@daukey.kz)

#### Information about the authors:

**Bitimbayev M.Zh.**, Doctor of Technical Science, Professor, Academician of National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Academician of International Academy of Engineering, Expert of Kazakhmys Corporation Limited Liability Company (Almaty, Kazakhstan), [mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru)

**Daukey S.Zh.**, Doctor Geological and Mineralogical Sciences, Academician of National Academy of Sciences, Expert of Kazakhmys Corporation Limited Liability Company (Almaty, Kazakhstan), [s@daukey.kz](mailto:s@daukey.kz)

Статья является одновременно публикацией заявки на совершенное Открытие в соответствии со статьей 9 «Возникновение авторского права. Презумпция авторства» Закона РК «Об авторском праве и смежных правах», по которой автор (правообладатель) для подтверждения своих прав обязан опубликовать свою заявку на совершенное им Открытие в открытой печати с использованием знака охраны авторского права.



a Hyve event

# MiningWorld Russia

24-я Международная выставка  
машин и оборудования  
для добычи, обогащения  
и транспортировки  
полезных ископаемых

20–22 октября 2020  
Москва, Крокус Экспо



Получите бесплатный  
билет на сайте  
по промокоду

**mwr20iYLTU**

miningworld.ru  
miningrussiasupport@hyve.group



Код МРНТИ 52.13.04

М.Б. Игемберлина<sup>1</sup>, Г.К. Байдаулетова<sup>1</sup>, К. Сеитұлы<sup>2</sup><sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы қ., Қазақстан),<sup>2</sup>Коммерциялық емес «Қ.И. Сәтбеу атындағы Қазақ Ұлттық техникалы зерттеу университеті»  
Акционерлік қоғамы (Алматы қ., Қазақстан)

## КАРЬЕР МЕН ҮЙІНДІ БЕТКЕЙІНІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН БЕРІКТІК КРИТЕРИЙІН САРАПТАУ

**Аннотация.** Бұл мақалада кенорындарын игеруде қолданылатын таужыныстарының геомеханикалық критерийлері қарастырылады. Әр критерийлерде таужыныстары сілемінің сипаттары мен артықшылықтары айтылады. Бір критерийде тау-кен жыныстары сілемінің таужыныстары кесектерінің іліну мен байланысу дәрежесіне байланысты біртекті немесе біртекті емес сілемдердің сипаттамалары ескерілген. Екінші бір критерийде бастапқы модельдеу барысында әртүрлі геомеханикалық жағдайлардағы табиғи (салмағы) және техногендік сыртқы күштер (тау-кен жұмыстары кезінде) тау-кен массасына біртіндеп енетін, яғни бұзылмаған тау-кен массасының физика-механикалық қасиеттерін ескереді. Сондай-ақ, жұмсақ жабынды таужыныстары бар карьерлердің қиябетіндегі беріктік жағдайын анықтау үшін беріктіктің бірнеше критерийлері қолданылады және қарастырылады. Алынған тәжірибелік мәліметтерге сәйкес, бұл ішкі үйінділердің тұрақтылығын сандық модельдеу үшін қажет қажет болады.

**Түйінді сөздер:** саябет, сазбалшықтар, ішкі үйінді, беріктік критерийі, тау жыныстарының қысымы, сілем.

### Анализ критериев прочности применительно к оценке устойчивости бортов карьеров и отвалов

**Аннотация.** В статье рассматриваются геомеханические критерии горных пород, используемые при разработке месторождений. Каждый критерий описывает характеристики и преимущества горной массы. Первый критерий учитывает характеристику горного массива в зависимости от степени сцепления и связности кусков породы как для однородного, так и для гетерогенного массива. Второй критерий изначально учитывает физико-механические свойства интактного, то есть неповрежденного породного массива, который в процессе моделирования поэтапно подвергается внешним нагрузкам как природного (гравитация), так и техногенного происхождения (горные работы) в различных геомеханических условиях. Для оценки состояния бортов карьеров с мягкими покрывающими породами рассмотрены несколько критериев прочности. Согласно полученным экспериментальным данным, это необходимо для численного моделирования устойчивости внутренних отвалов.

**Ключевые слова:** откос, суглинок, внутренний отвал, критерий прочности, давление горных пород, массив.

### Expectation of current criteria applied to finding career and household health stability

**Abstract.** The article discusses the geomechanical criteria of rocks used in the development of deposits. Each criterion is discussed that describes the characteristics and benefits of the rock mass. The first criterion takes into account the characteristics of the massif depending on the degree of adhesion and connectivity of pieces of rock, both for homogeneous and heterogeneous massif. The second criterion initially takes into account the physico-mechanical properties of the intact, that is, intact rock mass, which in the process of modeling is gradually subjected to external loads of both natural (gravity) and technogenic origin (mining) of various geomechanical conditions. In addition, several strength criteria are used to assess the condition of the sides of quarries with soft covering rocks and are considered. According to the obtained experimental data, this is necessary for the numerical simulation of the stability of internal dumps.

**Key words:** slope, loam, internal dump, strength criterion, rockpressure, an array.

### Кіріспе

Карьердің ішкі үйіндісінің тұрақтылығы үйінді массасының тау-кен жыныстарының физика-механикалық қасиеттеріне, олардың ылғалға қанығу дәрежесіне, негіздің пішіні мен геометриясына, сыртқы күштерге тәуелді болады. Бұл факторлардың кешенді әсері, сырғудың болуына ықпал ететін, үйіндіде деформациялану үдерістерінің пайда болуына және таралуына әкеліп соғады, бұл тау-кен жұмыстарын жүргізуді күрделендіреді және тау-кен күрделі үлес шығындардың өсуін тудырады.

### Зерттеу әдістері

Геомеханикалық критерийлерді анықтау барысында ғалымдар көптеген зерттеулер жүргізді. Сондықтан, беріктік критерийін анықтау екі үлкен топқа бөліп қарастырды: аналитикалық және эмпирикалық. Беріктіктің аналитикалық критерийлерін зерттеуші ғалымдардан Треска–Сен-Венанның, Ю.И. Ягнның, П.П. Баландиннің, И.Н. Миролубовтың, Л.Я. Парчевскийдің және А.Н. Шашенконың критерийлері бар. Ал, эмпирикалық критерийлерді зерттеуші ғалымдардан О. Мордың, З.Т. Беньявскийдің, Хоек-Браунның және басқа да ғалымдардың критерийлері жатады [1-3]. Беріктіктің эмпирикалық критерийлерін зерттеу үшін, негізінен тау-кен жыныстарын күрделі қысымды жағдайларда зертханалық сынама жасап немесе тау-кен жыныстарын

механикалық бұзылу кезінде базалық қағидаларын сақтай отырып, жүргізілген сынамаларды өңдеу барысында анықтайды. Сондай-ақ беріктіктің аналитикалық критерийлерін анықтау үшін бірқатар тау-кен жыныстарының жалпы байланыстарын, ұқсастықтарын сақтау негізге алынады.

### Жұмыстың негізгі мазмұны

Қазіргі уақытта көптеген беріктік теориялар анықталды. Алайда, олардың барлығы универсальды емес: мысалы, кейбір қатты денелердің бұзылу процесін жақсы сипаттаса, ал құрылымдары бойынша айырмашылықтары бар басқа денелер үшін критерийлері жарамсыз болып табылады. Жұмсақ жабынды тау жынысты карьер беткейінің жағдайын анықтау үшін бірнеше беріктік критерийлері пайдаланылады. Олардың кейбіреулері төменде қарастырылады.

*П.П. Баландиннің беріктік теориясы.* Беріктік критерийі ретінде бірсызты шектік созылу және бірсызты шектік сығу кезіндегі материалдың сынама нәтижелері пайдаланылады. Мұндағы күрделі қысымды жағдайды қарапайым бірсызты жағдайға келтіретін эквиваленттік формуламен былай жазылады:

$$\sigma_{эке} = [(1 - \psi)(\sigma_1 - 2\sigma_3) - \sqrt{(1 - \psi)^2(\sigma_1 - 2\sigma_3)^2 + 4\psi^2(\sigma_1 - 2\sigma_3)^2}] / 2\psi \leq R, \quad (1)$$



мұндағы  $\sigma_{эка}$  – бірсызты қысымды жағдайға эквивалент болатын қысым,  $\psi = R_p/R_c$ .

Л.Я. Парчевскийдің және А.Н. Шашенконың беріктік теориясы. Шарттары осыған ұқсас П.П. Баландинның беріктік теориясының аналитикалық өрнегі былай жазылады:

$$\sigma_{эка} = [(\psi - 1)(\sigma_1 - 2\sigma_3) - \sqrt{(1 - \psi)^2(\sigma_1 - 2\sigma_3)^2 + 4\psi^2(\sigma_1 - 2\sigma_3)^2}] / 2\psi \leq R_c \quad (2)$$

Кулонның-Мордың критерийі. Тау-кен жыныстарының серіппелі пластикалық жағдайының параметрлерін аналитикалық зерттеулер кезінде, көбінесе, Мордың беріктік критерийі пайдаланылады [4]. Басты қысымдардың шектік шеңберлерін айналып өтуші түзу сызыққа негізделген. Беріктік шартына кіретін беріктіктің сипаттамаларына ішкі үйкеліс  $P$  және байланысу  $C$  немесе бірсызты сығылу  $R_c$  мен созылу  $R_p$  жатады.

Кулонның-Мордың сызықтық қатынасы былай жазылады:

$$\tau = C + \sigma_n \operatorname{tg} \rho, \quad (3)$$

мұндағы:

$\tau$  – сырғыу қысымы;

$\sigma_n$  – бірқалыпты (нормаль) қысым.

Кулон-Мордың критерийі, сондай-ақ, негізгі қысымдар арқылы өрнектелуі мүмкін:

$$\sigma_1 / \sigma_3 = \{2C \cos \varphi\} / [\sigma_3 (1 - \sin \varphi)] + [(1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)]. \quad (4)$$

Кулон-Мордың критерийінің тау-кен механикасында жиі пайдаланылуының бір себебіне мына жағдай жатады – түсінуге жеңіл және пайдалануы оңай болатын қарапайым математикалық өрнек түрінде де жазылу мүмкіндігі.

Друкердің-Прагердің критерийі. Бұл критерий бастапқыда табан сілемінің және жұмсақ тау-кен жыныстарының пластикалық деформациялануын сипаттау үшін ұсынылды. Алайда, кейінгі кезде тау-кен жыныстарының, бетонның, полимерлердің және басқа да материалдардың беріктігін анықтау үшін қолдануда.

Друкердің-Прагердің пластикалық критерийі былай өрнектеледі:

$$\sqrt{J_2} = A + B I_1, \quad (5)$$

мұндағы:

$I_1$  – коши қысымының бірінші тұрақты мәні;

$J_2$  – коши қысымының девиаторлық бөлігінің екінші тұрақты мәні;

$A$  и  $B$  – зертханалық нәтижелері бүлінбеген түрде анықталады.

Критерийді негізгі қысымға ауыстырғанда ол былай өрнектеледі:

$$\sqrt{1/6[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} = A + B(\sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_2). \quad (6)$$

Друкердің-Прагердің ағу жазықтығы Кулонның-Мордың критерийіндегі аналогиялық деформациялану жазықтығымен көп жағдайда дәл келетіндіктен, бұл критерийді байланыструшы  $C$  және ішкі үйкеліс бұрышы  $\varphi$  арқылы өрнектеуге болады:

$$A = (6c \cos \varphi) / [\sqrt{3}(3 + \sin \varphi)]; \quad (7)$$

$$B = 2 \sin \varphi / [\sqrt{3}(3 + \sin \varphi)].$$

Хоек-Браунның критерийі. Бұл критерийде бастапқыда бұзылмаған тау-кен жыныстары сілемінің физика-механикалық қасиеттері ескеріледі, ал модельдеу процесі кезінде сілемге кезең-кезең бойынша табиғи және

техногендік (тау-кен жұмыстары әсерінен) сыртқы күштері әсер етіледі. Жалпы айтқанда, Хоек-Браунның критерийі былай өрнектеледі:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} [m_b (\sigma_3 / \sigma_{ci}) + s]^a, \quad (8)$$

мұндағы:

$\sigma_1$  және  $\sigma_3$  – сілемдегі максимал және минимал қысымдар;

$m_b$  – тау-кен жыныстары сілемі үшін Хоек-Браунның тұрақтысы;

$s$  и  $a$  – тау-кен жыныстары сілемінің пайда болу жағдайын (сапасын) ескеретін тұрақты шамалар;

$\sigma_{ci}$  – бүлінбеген жағдайдағы тау-кен жыныстары сілемінің бірсызты сығылу шегінің беріктігі.

Тау-кен жыныстары сілемінің бүлінбеген жағдайдағы Хоек-Браунның критерийі былай өрнектеледі:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} [m_i (\sigma_3 / \sigma_{ci}) + 1]^{0.5}. \quad (9)$$

Мұндағы,  $m_i$  тұрақтысының  $m_b$  тұрақтылығынан айырмашылығы,  $m_i$  тұрақтылығы тау-кен жыныстарының пайда болуын және текстурасын ескереді ( $4 \leq m_i \leq 33$ ).  $m_i$  тұрақтысының ең үлкен мәні қатты таужыныстарына тән, ал мәні азайған сайын таужыныстары серіппелі болып келеді. Мысалы,  $m_i = 0$  болған жағдайда, идеал серіппелілік орын алады.

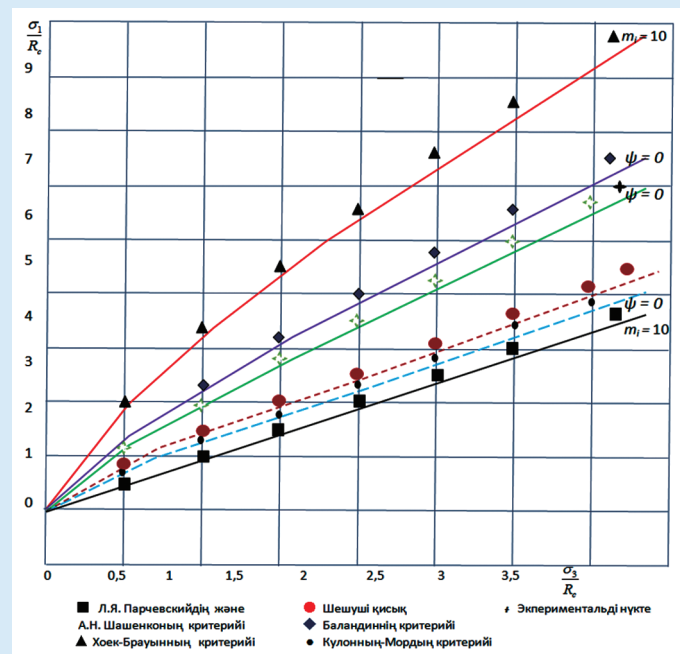
Қалыпты (нормаль) жағдайданемесе сырғыу кезіндегі қысымдар  $G$ . Балмердің өрнектеріне сәйкес, басты қысымға жатқызылады:

$$\sigma'_n = [(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2] - [(\sigma'_1 - \sigma'_3) / 2] \times [(d\sigma'_1 / d\sigma'_3 - 1) / (d\sigma'_1 / d\sigma'_3 + 1)], \quad (10)$$

$$\tau = (\sigma'_1 - \sigma'_3) \times [(\sqrt{d\sigma'_1 / d\sigma'_3}) / (d\sigma'_1 / d\sigma'_3 + 1)], \quad (11)$$

мұнда:

$$d\sigma'_1 / d\sigma'_3 = 1 + a m_b (m_b \sigma'_3 / \sigma_{ci} + s)^{a-1}. \quad (12)$$



Сурет 1. Тау-кен жыныстарын аналитикалық беріктік критерийлерін тәжірибелік сынақ мәліметтерімен салыстыру.

Рис. 1. Сравнение аналитических критериев прочности с экспериментальными данными испытаний горных пород.

Figure 1. Comparison of analytical strength criteria with experimental rock test data.

Критерийде, біртекті немесе біртекті емес сілемдер үшін, тау-кен жыныстары сілемінің таужыныстары кесектерінің іліну мен байланысу дәрежесіне байланысты сипаттамалары ескерілген. Бұл мынадай теңдеумен өрнектеледі:

$$m_b = m_i \exp[(GSI - 100)(9 - 3D)]. \quad (13)$$

$$s = \exp[(GSI - 100)(9 - 3D)]. \quad (14)$$

$$a = 1/2 + 1/6(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}). \quad (15)$$

Мұндағы, *GSI* (*Geological Strength Index*) – тау-кен жыныстары сілемінің геологиялық ерекшеліктері. Атап айтқанда, оның құрылымын және жарықшақтардың орын алуын ( $5 \leq GSI \leq 100$ ) ескеретін геологиялық беріктік коэффициенті. *D* – тау-кен жыныстары сілемінің бұзылу дәрежесіне тәуелді параметр. Яғни, аттыру-жару жұмыстары және қысымның релаксация эффектісінен болатын салдары. Беріктік коэффициенті 0-ден 1-ге дейінгі аралықта қатты бұзылған тау-кен жыныстарының сілемі болып табылады.

[5] жұмысында тау-кен жыныстарының сілемінің іліну мен байланысу дәрежесіне байланысты толық классификациясы берілген. Сондай-ақ, гетерогенді сілемдер үшін геологиялық беріктік коэффициенттерінің кестесі келтірілген.

*Беріктік критерийлерін салыстыру.* Қарастырылған беріктік теорияларына сапалық баға беру мақсатында, ( $X = \sigma_3/R_c$ ;  $Y = \sigma_1/R_c$ ) өлшемсіз жүйенің

координаталар шегінде, әртүрлі тау жыныстары үшін олардың құрылымдық сипаттамаларын ескере отырып, беріктік паспорты салынды (сурет 1).

Базалық сызығы ретінде орташаландырылған қисық пайдаланылды. Бұл сызық әртүрлі генезисті тау-кен жыныстарын көптеген сынамалар негізінде А.Н. Ставрогинның тәжірибесінен алынған нүктелері бойынша, осы координаталар шектік жүйесі салынған. Біз қарастырып отырған зерттеулер бойынша беріктік паспорттарының қисық сызықтары арқылы беріктік критерийлері дәрежесіне байланысты айырмашылықтары анықталған. Ұсынылып отырған беріктік критерийіне сәйкес келетін қисық сызығы, сол нәтижедегі сызыққа неғұрлым жақын орналасуы қажет. Карьер территориясында таңдап алынған тау-кен жыныстарының (сары-қоңыр сазбалшықтар, қызыл-қоңыр сазбалшықтар; қызыл-қоңыр және сұр – жасыл саздар) сынама нәтижелері бойынша, координаталардағы тау жыныстарының қисымы анықталған мәндеріне сәйкес келетін, зерттеу нүктелері алынды.

Сурет 1-ден көрініп тұрғандай, зерттеу барысында үлгілердің сызығы Кулонның-Мордың критерийі бойынша тұрғызылған қисық сызығына жақын салынады. Зерттеліп алынған мәндерге сәйкес, бұл беріктік критерийін ішкі үйінділердің тұрақтығын сандық модельдеу үшін пайдалануға болады.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ракишев Б.Р., Шашенко А.Н., Ковров А.С. Көлбеу, Жайпақ негіздегі жоғары ішкі биік үйінділердің тұрақтылығына жан-жақты талдау. // Халықаралық ғылыми конференция «Кеншілер Форумы». – Днепрпетровск: МЖОО «ҰМУ», 2013. – Т.2. – Б. 204-212 (орыс тілінде)
2. Seituly K., Rakishev B.R., Kovrov O.S. Ішкі үйінділеу кезіндегі физикалық моделдеу және геомеханикалық тұрақтылық. // Халықаралық симпозиумның мелиоративті экологиялық қалпына келтірудің материалдары «Тау-кен мелиорациясының заңнамасы, технологиясы және практикасы». – Пекин (Қытай), 2015. – Б. 583-588. (ағылшын тілінде)
3. Сеитұлы К. Үйінді қиябеттерінде геомеханикалық процесстердің дамуына әсер ететін факторларды жүйелеу. // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2015. – №2. – Б. 84-88. (қазақ тілінде)
4. Rakishev B., Kovrov O.S., Seituly K. Эквивалентті материалдардағы ішкі үйінділер мен карьерлердің беткейлерінің тұрақтылығын модельдеу. // Көмірдің прогрессивті технологиялары, көмірлі метан, кен өндірісі. / Бондаренко. Ковалевский және Ганушевич (ред.). – Лондон (Ұлыбритания): Тейлор мен Фрэнсис Групп, 2014. – Б.427- 432. (ағылшын тілінде)
5. Сеитұлы К., Шашенко А.Н., Ковров О.С. Карьерлерді игерудегі қиябеттің орнықтылығын бағалаудың заманауи тәсілдері. // ҰМУ ғылыми Хабаршысы. – Днепрпетровск, 2014. – №5. – Б. 51-57. (ағылшын тілінде)
6. Нурпеисова М.Б., Сеитұлы К. Құрама тәсілмен кен игерудегі механикалық процесстердің заңдылықтарын зерттеу. // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2018. – №5. – Б. 30-32. (қазақ тілінде)
7. Ракишев Б.Р., Саменов Г.К., Кондратьев А.В., Түсүп Н.Р. Ішкі үйінділер борттарының орнықтылығының есептік схемаларының оңтайлы өлшемдерін негіздеу және таңдау. // «Тау-кен-металлургия кешеніндегі инновациялық технологиялар мен жобалар, олардың ғылыми және кадрлық сүйемелдеуі» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның еңбектер жинағы. – Алматы: КазНТУ, 2014. – Б. 213-215. (орыс тілінде)

8. Ракишев Б.Р., Шашенко А.Н., Молдабаев С.К., Ковров А.С. Көлбеу негізде ішкі үйінділерде геомеханикалық процестерді сандық модельдеу. // Қазақстан Өнеркәсібі. – Алматы: РГП «НЦ КПМЦ», 2013. – №5(80). – Б. 79-82. (орыс тілінде)
9. Ракишев Б.Р., Ковров А.С., Череп А.Ю. Карьерлердегі кемер еңістерінің орнықтылығын бақылау бойынша іс-шараларды жүргізудің экономикалық орындылығын бағалау. // Халықаралық конференция материалдары «Кеншілер форумы». – Днепропетровск, 2014. – Том 2. – Б. 62-66. (орыс тілінде)
10. Эквивалентті материалдардағы тас орындықтардың бұзылу құбылысын модельдеу. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми жаршысы. – 2009. – №9. – Б. 27-30. (ағылшын тілінде)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ракишев Б.Р., Шашенко А.Н., Ковров А.С. Многофакторный анализ устойчивости высоких внутренних отвалов в условиях полого-наклонного основания. // Матер. междунар. науч. конф. «Форум горняков». – Днепропетровск: ГВУЗ «НГУ», 2013. – Т.2. – С. 204-212. (на русском языке)
2. Сеитұлы К., Ракишев Б.Р., Ковров А.С. Физическое моделирование геомеханической устойчивости внутренних отвалов вскрыши. // Материалы Пекинского международного симпозиума по мелиоративному восстановлению окружающей среды «Законодательство, технология и практика мелиоративного освоения земель». – Пекин (Китай), 2015. – С. 583-588. (на английском языке)
3. Сеитұлы К. Анализ и ранжирование влияющих на развитие геомеханических процессов в откосах отвалов. // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2015. – №2. – С. 84-88. (на казахском языке)
4. Ракишев Б.Р., Ковров А.С., Сеитұлы К. Моделирование устойчивости склона внутренних отвалов вскрышных пород и карьеров на эквивалентных материалах. // Прогрессивные технологии угля, метана угольных пластов и горных пород. / Бондаренко, Ковалевская и Ганушевич (ред.). – Лондон (Великобритания): Тейлор и Фрэнсис Групп, 2014. – С. 427-432. (на английском языке)
5. Сеитұлы К., Шашенко А.Н., Ковров А.С. Современные подходы к оценке устойчивости склонов при разработке месторождений. // Научный вестник НГУ. – Днепропетровск, 2014. – №5. – С. 51-57. (на английском языке)
6. Нурпеисова М.Б., Сеитұлы К. Изучение закономерностей механических процессов в комбинированной горной промышленности. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2018. – №5. – С. 30-32. (на казахском языке)
7. Ракишев Б.Р., Саменов Г.К., Кондратьев А.В., Тусуп Н.Р. Обоснование и выбор оптимального критерия расчетных схем устойчивости бортов внутренних отвалов // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение». – Алматы: КазНТУ, 2014. – С. 213-215. (на русском языке)
8. Ракишев Б.Р., Шашенко А.Н., Молдабаев С.К., Ковров А.С. Численное моделирование геомеханических процессов во внутренних отвалах на наклонном основании. // Промышленность Казахстана. – Алматы: РГП «НЦ КПМЦ», 2013. – №5(80). – С. 79-82. (на русском языке)
9. Ракишев Б.Р., Ковров А.С., Череп А.Ю. Оценка экономической целесообразности проведения мероприятий по контролю устойчивости откосов уступов на карьерах. // Материалы международной конференции «Форум горняков». – Днепропетровск, 2014. – Том 2. – С. 62-66. (на русском языке)
10. Ковров А.С. Моделирование явления разрушения скальных лавок на эквивалентных материалах. // Научный вестник Национального горного университета. – 2009. – №9. – С. 27-30. (на английском языке)

## REFERENCE

1. Rakishev B.R., Shashenko A.N., Kovrov A.S. Multifactor analysis of the stability of high internal depressions in the conditions of the slope // Materials of the international scientific conference «Mining Forum». – Dnepropetrovsk: GSU «NGU», 2013. – Vol. 2. – P. 204-212. (in Russian)
2. Seituly K., Rakishev B.R., Kovrov A.S. Physical modeling geomechanical stability of internal overburden dumps. // Proceedings of the beijing international

- symposium land reclamation ecological restoration «Legislation, Technology and Practice of Mine Land Reclamation».* – Beijing (China), 2015. – P. 583-588. (in English).
3. *Seituly K. Systematization of factors influencing the development of geomechanical processes on the slopes of the mound.* // *Vestnik KazNTU.* – Almaty, 2015. – №2. – P.84-88. (in Kazakh)
  4. *Rakishev B.R., Kovrov O.S., Seituly K. Modeling slope stability of internal overburden dumps and quarry faces on equivalent materials.* // *Progressive Technologies of Coal, Coalbed methane And Ores Mining.* / Bondarenko, Kovalevs'ka & Ganushevych (eds). – London (UK): Taylor & Francis Grup, 2014. – P. 427-432. (in English)
  5. *Seituly K., Shashenko A.N., Kovrov O.S. Modern approaches to slope stability valuation while surface mining.* // *Scientific Bulletin of NSU.* – Dnepropetrovsk, 2014. – №5. – P. 51-57. (in English)
  6. *Nurpeysova M.B., Syeitul K. Study of the laws of mechanical processes in the development of ore by the combined method* // *Mining Journal. Kazakhstan.* – Almaty, 2018. – №5. – P. 30-32. (in Kazakh)
  7. *Rakishev B.R., Samenov G.K., Kondratev A.V., Tusup N.R. Justification and selection of the optimal criterion for design schemes of stability of internal dumps sides.* // *Proceedings of the International scientific and practical conference «Innovative technologies and projects in the mining and metallurgical complex, their scientific and personnel support».* – Almaty: KazNTU, 2014. – P.213-215. (in Russian)
  8. *Rakishev B.R., Shashenko A.N., Moldabayev S.K., Kovrov O.S. Numerical simulation of geomechanical processes in internal dumps on an inclined base.* // *Industrials of Kazakhstan.* – Almaty: RSE «NC KPMC», 2013. – №5(80). – P.79-82. (in Russian)
  9. *Rakishev B.R., Kovrov O.S., Cherep A.U. Assessment of the economic feasibility of carrying out measures to control the stability of slopes ledges in quarries.* // *Materials of the international scientific conference «Mining Forum».* – Dnepropetrovsk: GSU «NGU», 2014. – Vol. 2. – P. 62-66. in (Russian)
  10. *Kovrov O.S. Modeling failure phenomenon of the rock benches on equivalent materials.* // *Scientific Bulletin of the National Mining University.* – 2009. – №9. – P. 27-30. (in English)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Игемберлина М.Б.**, Эл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, «Картография және геоинформатика» кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан), [igemberlina@mail.ru](mailto:igemberlina@mail.ru)

**Байдаuletова Г.К.**, Эл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, «Картография және геоинформатика» кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан), [gulban.baydauletova@kaznu.kz](mailto:gulban.baydauletova@kaznu.kz)

**Сеитұлы К.**, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University «Қолданбалы механика және инженерлік графика» кафедрасының PhD докторы (Алматы қ., Қазақстан), [konbai\\_s@mail.ru](mailto:konbai_s@mail.ru)

#### Сведения об авторах:

**Игемберлина М.Б.**, PhD докторант кафедры «Картография и геоинформатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), [igemberlina@mail.ru](mailto:igemberlina@mail.ru)

**Байдаuletова Г.К.**, PhD докторант кафедры «Картография и геоинформатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), [gulban.baydauletova@kaznu.kz](mailto:gulban.baydauletova@kaznu.kz)

**Сеитұлы К.**, доктор PhD кафедры «Прикладная механика и инженерная графика» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [konbai\\_s@mail.ru](mailto:konbai_s@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Igemberlina M.B.**, PhD Doctoral Student at the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), [igemberlina@mail.ru](mailto:igemberlina@mail.ru)

**Baidauletova G.K.**, PhD Doctoral Student at the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), [gulban.baydauletova@kaznu.kz](mailto:gulban.baydauletova@kaznu.kz)

**Seituly K.**, PhD at the Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [konbai\\_s@mail.ru](mailto:konbai_s@mail.ru)

Код МРНТИ 52.13.19

А.Ж. Имашев, А.М. Суимбаева, А.А. Мусин, С.Ю. Асан

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Казахстан)

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНУТРЕННЕГО ОТВАЛА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДКАРЬЕРНОГО МАССИВА

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по оценке влияния внутреннего отвала на геомеханическое состояние подкарьерного массива месторождения Акжал, ведущего отработку рудных запасов комбинированным способом. Численный анализ напряженно-деформированного состояния массива горных пород методом конечных элементов по критерию прочности Хоэк-Броун позволил оценить главные напряжения в подкарьерном массиве горных пород при условии наличия внутреннего отвала и без него, а также с учетом глубины расположения горных выработок и их удалении в горизонтальном направлении от оси дна карьера. Анализ результатов численного моделирования показал, что размещение пустых пород в центральной части карьера не окажет значительного влияния на напряженно-деформированное состояние подкарьерного массива.

**Ключевые слова:** внутренний отвал, комбинированная разработка, подкарьерный массив, напряженно-деформированное состояние, устойчивость горных выработок, численное моделирование, главные напряжения, критерий прочности Хоэк-Броун, геологический индекс прочности, коэффициент запаса прочности.

### Карьер массивінің кернеулі-күйге ішкі қоқыстың әсерін бағалау

**Андатпа.** Мақалада кен қорларын аралас тәсілмен қазып өндіретін Акжал кен орнының карьер асты массивінің геомеханикалық жағдайына ішкі үйіндінің әсерін бағалау бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Хоэк-Броун беріктік өлшемі бойынша түпкілікті элементтер әдісімен тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған жағдайын сандық талдау ішкі үйінді жағдайында және үйіндісіз, сондай-ақ тау-кен қазбаларының орналасу тереңдігін және олардың карьер түбі осінен көлденең бағытта алыстауын ескере отырып, тау-кен жыныстарының карьер асты массивіндегі басты кернеулерді бағалауға мүмкіндік берді. Сандық модельдеу нәтижелерін талдау барысында карьердің орталық бөлігінде бос жыныстарды орналастыру карьер асты массивтің кернеулі-деформацияланған жағдайына елеулі әсер етпейтіні анықталды.

**Түйінді сөздер:** ішкі үйінді, аралас қазып өндіру, карьер асты массиві, кернеулі-деформацияланған жағдай, тау-кен қазбалардың тұрақтылығы, сандық модельдеу, басты кернеулер, Хоэк-Броун беріктік өлшемі, беріктік геологиялық индексі, беріктік қорының коэффициенті.

### Assessment of the impact of the internal dump on the stress-strain state of the quarry massif

**Abstract.** The article presents the results of studies evaluating the impact of the internal dump on the geomechanical condition of the under open pit rock mass of the Akzhal field, which is used for mining ore reserves by a combined method. A numerical analysis of the stress-strained state of rock mass with the finite element method using the Hoek-Brown strength criterion made it possible to evaluate the main stresses in the under open pit rock mass with and without an internal dump, as well as taking into account the depth of the mine workings and their removal in the horizontal direction from the axis of the pit bottom. An analysis of the results of numerical modeling showed that the placement of gangue in the central part of the open pit will not have a significant impact on the stress-strain state of the under open pit rock mass.

**Key words:** internal dump, combined development, under open pit rock mass, stress-strain state, stability of mine excavations, numerical simulation, main stresses, the strength criterion Hoek-Brown, geological strength index, safety factor.

### Введение

При комбинированном способе разработки месторождений полезных ископаемых формируется сложная геомеханическая система. На напряженно-деформированное состояние (НДС) горного массива одновременно влияют технологические операции открытых и подземных горных работ. При отработке подкарьерных запасов возникает ряд проблем, одной из которых является осложнение поддержания в устойчивом состоянии подземных горных выработок из-за наличия и постоянного наращивания объема внутреннего отвала.

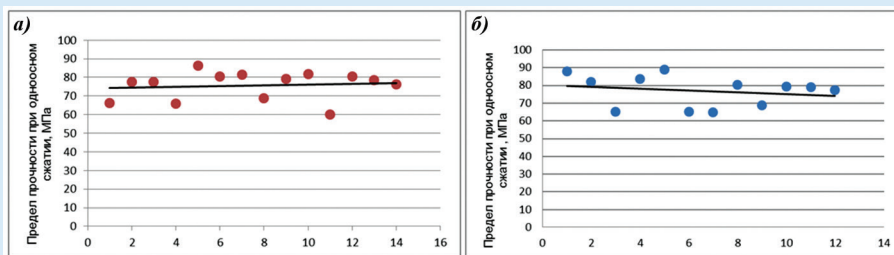
Внутреннее отвалообразование становится все более актуальным и применяется на месторождениях, ведущих отработку комбинированным способом. Схема размещения вскрышных пород в карьерной выемке обосновывается рядом преимуществ, среди которых сокращение расстояния транспортировки и экономия площадей для размещения отвалов [1]. На месторождении

свинцово-цинковых руд Акжал возникла необходимость формирования в карьерной выемке отвала пустых пород. Таким образом, поставлена задача по оценке влияния внутреннего отвала на геомеханическую обстановку глубоких горизонтов при дальнейшей отработке подкарьерных запасов.

**Целью исследования** является оценка влияния внутреннего отвала, отсыпанного на дне карьера, на напряженно-деформированное состояние массива вокруг горных

выработок, расположенных в подкарьерной части рудника Акжал.

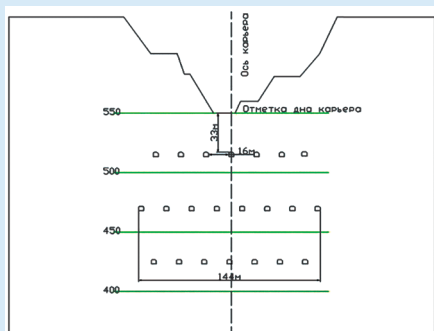
Изучению технологии внутреннего отвалообразования при комбинированной разработке полезных ископаемых уделяется достаточно большое внимание [2-4]. При этом главное место в исследованиях занимает, как правило, анализ технологических процессов и устойчивость откосов отвалов, а влиянию внутреннего отвала на геомеханическую обстановку подкарьерного массива отводится второстепенная роль.



**Рис. 1. Результаты проведения лабораторных испытаний образцов горных пород Акжальского месторождения.**

**Сурет 1. Акжал кен орыны тау жыныстарының үлгілерін зертханалық зерттеу нәтижелері.**

**Figure 1. The results of laboratory tests of rock samples of Akzhal field.**



**Рис. 2. Схема расположения выработок.**

**Сурет 2. Тау-кен қазбаларының орналасу схемасы.**

**Figure 2. Layout of excavations.**

В работах [5, 6] вопросы влияния внутреннего отвала на геомеханическую обстановку подкарьерного массива рассматриваются с учетом влияния таких основных факторов, как горно-геологические условия месторождения, обводненность, влияние буровзрывных работ и других. Для целостной оценки устойчивости горных выработок, находящихся непосредственно под дном карьера и в прилегающем массиве, учитывается наличие трещин и других нарушений в массиве [7]. Для прогнозной оценки влияния внутреннего отвала на геомеханическую обстановку глубоких горизонтов необходима комплексная оценка НДС подкарьерного массива с учетом особенностей физико-механических свойств вмещающих пород на основе численного моделирования.

Верхняя часть Центрального карьера месторождения Акжал отработана открытым способом, подкарьерная и прибортовая зоны карьера вскрыты штольнями и вертикальными стволами. Подкарьерные запасы месторождения Акжал в соответствии с горнотехническими условиями разработки, принятой схемы вскрытия и порядка отработки запасов предусматривается отрабатывать системами поэтажного принудительного обрушения с боковым и торцевым выпуском руды.

В соответствии с проектом [8] предусматривается организация складирования вскрышных пород в выработанном пространстве

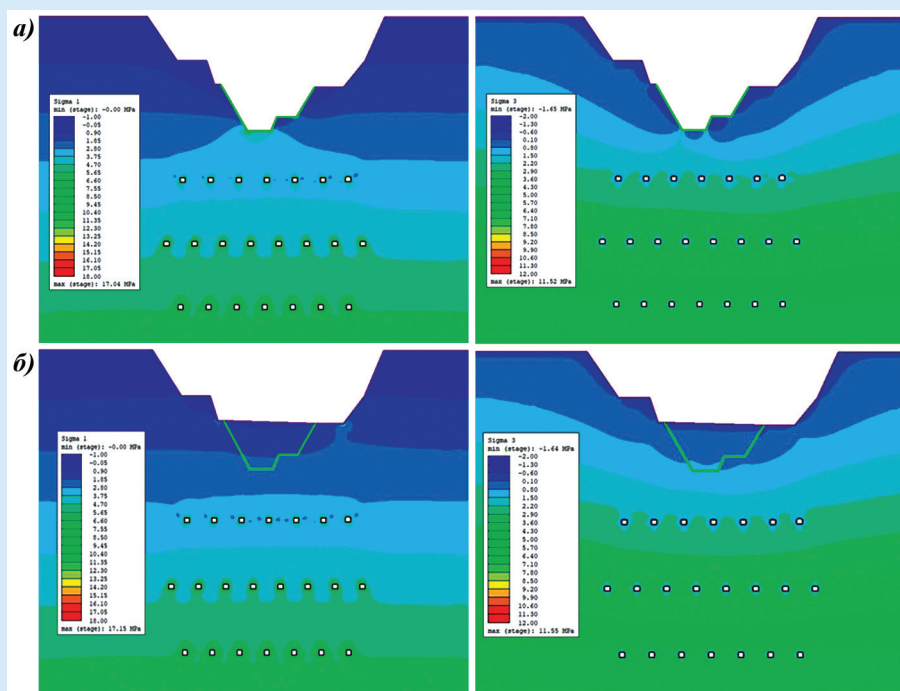
Центрального карьера, что позволит сократить эксплуатационные затраты на транспортировку горной массы. Размещение отвала на дне карьера позволит значительно уменьшить дальность транспортировки вскрышной породы по сравнению с дальностью транспортировки в существующие отвалы. Наряду с эффективностью технических решений по складированию вскрышных пород в выработанное пространство улучшается экологическая обстановка района за счет снижения запыленности поверхности внешних отвалов.

В случае размещения внутреннего отвала в Центральном карьере месторождения Акжал предполагается формировать его путем последовательной насыпи вскрышных пород в выработанное пространство

карьера. Согласно проекту<sup>1</sup> высота пригрузки составит 30 м. Основание, на котором предусматривается произвести отсыпку отвала, сложено крепкими скальными породами.

#### Методы исследования

Для оценки степени устойчивости подкарьерного массива горных выработок дополнительно выполнено детальное изучение прочностных свойств горных пород. В целях определения предела прочности при одноосном сжатии  $\sigma_{сж}$  проведены лабораторные испытания образцов горных пород Акжалского месторождения в лаборатории «Механика горных пород» Назарбаев Университета (рис. 1а) и в испытательном центре ТОО «Караганда ТехноСервис» (рис. 1б) [8]. В результате проведения лабораторных



**Рис. 3. Изолинии распределения вертикальных и горизонтальных напряжений в подкарьерном массиве вокруг горных выработок: а – без учета внутреннего отвала в карьерной выемке; б – с учетом внутреннего отвала.**

**Сурет 3. Карьер асты массивтегі тау-кен қазбалардың айналасындағы тік және көлденең кернеулердің таралу изосызықтары: а – карьердегі ішкі үйіндіні ескермеген жағдайда; б – ішкі үйіндіні ескерген жағдайда.**

**Figure 3. Isolines of the distribution of vertical and horizontal stresses in the under-quarry massif around the excavations: а – without taking into account the internal dump in the quarry; б – taking into account the internal dump.**

<sup>1</sup>Проект промышленной разработки запасов месторождения Акжал подземным способом. – 2013. – Часть Геологическая, гидрогеологическая, технологическая (горная и горно-механическая). Пояснительная записка. – Том 2. – Книга 1. – 183 с.

Таблица 1

Прочностные показатели по критерию Hoek-Brown

Кесте 1

Hoek-Brown критерийі бойынша беріктік көрсеткіштері

Table 1

Strength indicators according to the Hoek-Brown criterion

Тип породы	Объем вес, МН/м <sup>3</sup>	GSI	Предел прочности в образце sig <sub>ci</sub> , МПа	Показатель нарушенности горных пород	Предел прочности в массиве sig <sub>cm</sub> , МПа	Критерий Hoek-Brown			Коэффициент Пуассона	Модуль деформации, МПа
						mb	s	a		
Массивные известняки	0,027	64	76,24	D = 0	18,32	2,764	0,018	0,502	0,25	32550,2
				D = 0,8	11,47	1,173	0,004	0,502	0,27	11499,5

испытаний определено среднее значение предела прочности на сжатие, которое составляет 76,24 МПа.

Для оценки возможного влияния размещения в выработанном пространстве пустых пород на геомеханическое состояние подкарьерного массива горных пород месторождения Акжал выполнено численное моделирование НДС массива до и после формирования внутреннего отвала. В качестве критерия разрушения для оценки устойчивости горных выработок выбран критерий Hoek-Brown.

Проведенные ранее исследования по определению физико-механических свойств горных пород месторождения Акжал [9] и дополнительно выполненные геотехнологические исследования в рамках данной работы позволили определить исходные данные для численного анализа НДС массива горных пород (табл. 1).

**Результаты**

Для оценки влияния внутреннего отвала на НДС массива вокруг выработок подкарьерного массива реализовано две модели, с учетом и без учета внутреннего отвала в карьерной выемке. На рис. 2 представлено расположение горных выработок и их соответствующая привязка к горизонтам отработки, выбранным в соответствии с фактическим расстоянием до дна карьера.

На первом этапе исследования изучено качественное изменение НДС подкарьерного массива, вмещающего горные выработки, в непосредственной близости от дна карьера. На рис. 3 представлены изолинии распределения вертикальных (sigma 1) и горизонтальных (sigma 3)

напряжений в подкарьерном массиве с учетом и без учета внутреннего отвала. Из представленных изолиний распределения вертикальных напряжений видно, что без пригрузки горной массы в карьерной выемке непосредственно под дном карьера наблюдается незначительный рост главных напряжений. А в случае с внутренним отвалом вертикальные напряжения распределены более равномерно. Анализ изолиний распределения горизонтальных напряжений показывает, что внутреннее отвалообразование приводит к более равномерному распределению sigma 3. С увеличением расстояния от дна карьера вертикальные и горизонтальные напряжения в подкарьерном массиве стремятся к значениям напряжений, соответствующим варианту без внутреннего отвала. Из этого можно полагать, что изменение напряжений в подкарьерном массиве вокруг горных выработок

в наибольшей степени зависят от расстояния до дна карьера и наличия внутреннего отвала. Следует также отметить, что подкарьерный массив характеризуется преобладающими значениями горизонтальных над вертикальными составляющими напряжений. Эта особенность вызвана наличием в массиве значительных неравнокомпонентных горизонтальных тектонических напряжений.

Далее рассмотрены количественные значения напряжений, возникающие на контуре выработок подкарьерного массива. Для этого подробно рассмотрено НДС вокруг горной выработки, расположенной вдоль центральной оси карьера на расстоянии 35 м от непосредственного дна карьера. На рис. 4 выделены изолинии зоны возможных обрушений горных пород с коэффициентом запаса прочности (Strength Factor) менее 1,2. Породы, заключенные в данной зоне,

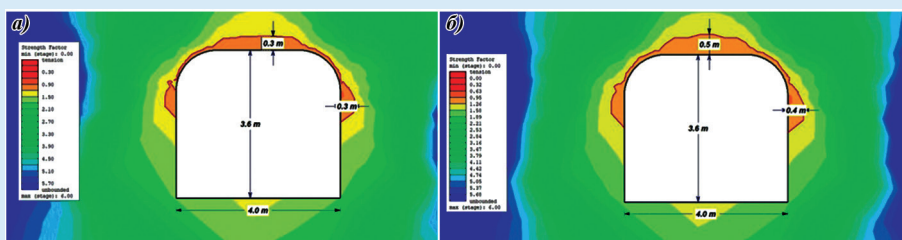
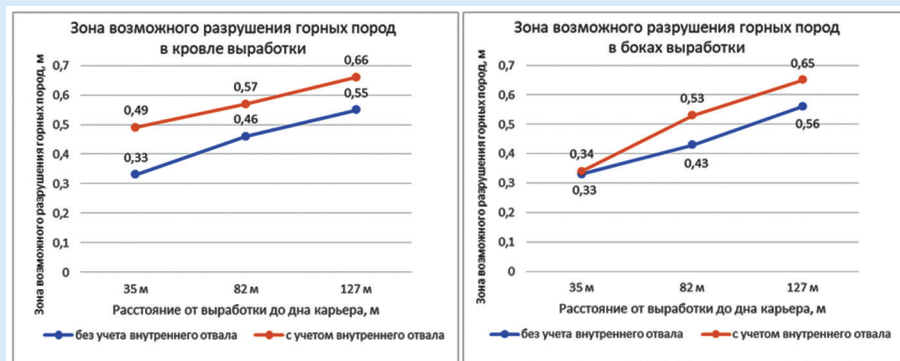


Рис. 4. Изолинии распределения зоны возможных разрушений вокруг горной выработки, находящейся в непосредственной близости от дна карьера: – без учета (а) и с учетом (б) внутреннего отвала.

Сурет 4. Карьердің түбіне жақын орналасқан тау-кен қазбаның айналасындағы бұзылуы ықтимал зонаның таралу изосызықтары: а – ішкі үйіндіні ескермеген жағдайда; б – ішкі үйіндіні ескерген жағдайда.

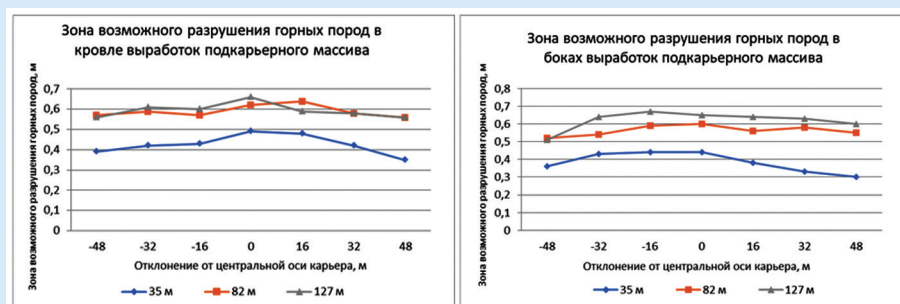
Figure 4. Isolines of the distribution of the zone of possible destruction around a excavation in the vicinity of the bottom of the quarry: а – without taking into account the internal dump in the quarry; б – taking into account the internal dump.



**Рис. 5. Изменение зон возможных разрушений в кровле и боках выработок подкарьерного массива вдоль центральной оси карьера в зависимости от горизонта разработки.**

**Сурет 5. Қазу жұмыстары горизонттың байланысты карьердің орталық осі бойымен орналасқан карьер асты массивтің тау-кен қазбаларының төбесі мен бүйірлерінде бұзылуы ықтимал зоналардың өзгеруі.**

**Figure 5. Changing the zones of possible destruction in the roof and sides of the excavations of the under-quarry massif along the central axis of the quarry, depending on the mine working horizon.**



**Рис. 6. Изменение зон возможных разрушений в кровле и в боках выработок подкарьерного массива в зависимости от их положения от дна карьера в горизонтальной плоскости.**

**Сурет 6. Карьердің түбінен горизонтальды жазықтықта орналасуына байланысты карьер асты массивтегі тау-кен қазбалардың төбесі мен бүйірлерінде бұзылуы ықтимал зоналардың өзгеруі.**

**Figure 6. Changing the zones of possible destruction in the roof and in the sides of the excavations of the under-quarry massif, depending on their position from the bottom of the quarry in the horizontal plane.**

характеризуются по степени устойчивости как нестабильные.

Из анализа картины распределения изолиний по фактору прочности (Strength Factor) наблюдается неравномерное распределение запаса прочности по контуру выработки, а именно, незначительные деформации по кровле и перераспределение нагрузки на бока выработки. Количественные значения зон неупругих деформаций при варианте с внутренним отвалообразованием почти такие же, как в случае отсутствия отвала. Также можно заметить, что качественный характер распределения главных напряжений вокруг горной

выработки, расположенной вблизи дна карьера, не изменяется.

Далее выполнено моделирование для прогнозной оценки влияния внутреннего отвала на НДС массива вокруг горных выработок, находящихся непосредственно под дном карьера вдоль центральной оси. На рис. 5 представлены изменения значений зон возможных разрушений в кровле и боках выработок подкарьерного массива вдоль центральной оси карьера в зависимости от расстояния от выработки до дна карьера.

По представленной зависимости можно отметить, что наличие внутреннего отвала приводит

к незначительному росту зоны возможных разрушений в кровле и боках выработок подкарьерного массива. Для обоих случаев характерен линейный рост значений.

Далее рассмотрено влияние отвала в карьерной выемке на изменения напряжений на контуре выработок подкарьерного массива в горизонтальном удалении от центральной оси на глубинах расположения выработок 35 м, 82 м, 127 м от отметки дна карьера. На рис. 6 представлены изменения зон возможных разрушений на контуре выработок в зависимости от их положения от дна карьера в горизонтальной плоскости.

По представленным значениям зон возможных разрушений можно заключить, что внутреннее отвалообразование оказывает влияние не только непосредственно под дном, но и на некотором удалении в горизонтальном направлении. Также следует учитывать влияние борта карьера на напряженно-деформированное состояние подкарьерного массива в связи с появлением гравитационной составляющей напряжений. Также заметна незначительная асимметричность относительно центральной оси карьера, связанная с неровным контуром земной поверхности, заданной в модели. Анализ результатов моделирования показал, что наибольший рост значений зон возможных разрушений на контурах выработок подкарьерного массива возникает непосредственно под дном карьера и на удалении от центральной оси карьера, равном 16 м. Для выработок, расположенных в отклонении от центральной оси более 16 м, происходит спад значений напряжений, следовательно, этот участок можно охарактеризовать как прибортовой, так как на него оказывается взаимное влияние дна и борта карьера.

#### Выводы

Выполненная оценка влияния внутреннего отвала на геомеханическое состояние подкарьерного массива месторождения Акжал позволила сделать следующие выводы:

- главные напряжения в незначительной степени увеличиваются в подкарьерном массиве непосредственно под дном карьера, а с увеличением глубины или отклонения



от центральной оси горных выработок значение напряжений стремятся к случаю без учета отвала в карьерной выемке. Из этого можно полагать, что изменение напряжений в подкарьерном массиве вокруг горных выработок в наибольшей

степени зависит от расстояния до дна карьера;

▪ результаты численного моделирования показали, что размещение пустых пород в центральной части карьера не окажет значительного влияния на напряженно-

деформированное состояние подкарьерного массива;

▪ высокие значения коэффициента запаса прочности пород приконтурной части позволяют минимизировать расходы на крепление и поддержание горных выработок.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саканцев Г.Г. Ресурсосберегающие технологии при разработке рудных месторождений с использованием выработанного пространства. // ГИАБ. – 2015. – №2. – С. 29-37. (на русском языке)
2. Dhanañjai V. Конечно-элементный подход анализа устойчивости борта внутреннего отвала на угольном месторождении. // Горный журнал. – 2014. – №5. – С. 11-16. (на английском языке)
3. Eberhardt E. Анализ устойчивости горных пород – использование передовых численных методов. – Ванкувер (Канада): Университет Британской Колумбии, 2003. – №41. – С. 10. (на английском языке)
4. Габитов Р.М., Гавришев С.Е., Бондарева А.Р., Кузнецова Т.С., Литвинов А.М. Влияние горнотехнических условий разработки крутопадающих месторождений на формирование внутренних отвалов при доработке и реконструкции карьеров. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – №1(25). – С. 5-9. (на русском языке)
5. Ковров А.С., Бабий Е.В., Бубнова Е.А. Геомеханическая оценка устойчивости внутреннего отвала на подработанном основании борта карьера. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2017. – №5. – С. 60-67. (на русском языке)
6. Потапчук М.И., Рассказов И.Ю., Корнеева С.И., Ломов М.А. Оценка влияния параметров внутреннего отвалообразования на геомеханическое состояние подземной отработки месторождения Восток-2. // Известия вузов. Горный журнал. – 2019. – №7. – С. 77-85. (на русском языке)
7. Lian-Heng Zhao, Xiao Cheng, Yingbin Zhang, Liang Li, De-Jian Li. Анализ устойчивости бортов при сейсмических воздействиях. // Компьютеры и геотехника. – 2016 (июль). – Вып. 77. – С. 77-90. (на английском языке)
8. Имашев А.Ж., Суимбаева А.М., Батыршаева Ж.М., Абдибаитов Ш.А. Лабораторные исследования прочности горных пород Акжальского месторождения. // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации». – Караганда, 2019. – С. 134-137. (на русском языке)
9. Imashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N., Takhanov D., Abdimalip N. Исследование возможных зон неупругих деформаций массива горных пород. // Новости Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2018. – № 2. – С. 177-183. (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Саканцев Г.Г. Қазып алынған кеңістікті қолдана отырып, кенорындарын игерудегі ресурстарды үнемдеу технологиялары. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2015. – №2. – Б. 29-37. (орыс тілінде)
2. Dhanañjai V. Көмір кенішіндегі ішкі үйінділердің орнықтылығын талдаудың ақырлы элементтер әдісі. // Тау-кен журналы. – 2014. – №5. – Б. 11-16. (ағылшын тілінде)
3. Eberhardt E. Тау жыныстарының тұрақтылығын талдау - алдыңғы қатарлы техниканы қолдану. // Британ Колумбия университеті. – 2003. – №10. – Б.41. (ағылшын тілінде)
4. Габитов Р.М., Гавришев С.Е., Бондарева А.Р., Кузнецова Т.С., Литвинов А.М. Карьерлерді реконструкциялау және қазу кезінде ішкі үйінділерді қалыптастыруға күртқұламалы кен орындарын қазудың тау кен техникалық жағдайларының әсері // Г.И. Носов атындағы Магнитогорск мемлекеттік техникалық университетінің жаршысы. – 2009. – №1(25). – Б. 5-9. (на русском языке)
5. Ковров А.С., Бабий Е.В., Бубнова Е.А. Карьердің қазылған ернеуіндегі ішкі үйіндінің тұрақтылығын геомеханикалық бағалау. // Металлургия және тау-кен өндірісі. – 2017. – №5. – Б. 60-67. (на русском языке)
6. Потапчук М.И., Рассказов И.Ю., Корнеева С.И., Ломов М.А. Восток-2 кен орнын жер асты қазудың геомеханикалық жағдайына ішкі үйінділердің параметрлерінің әсерін бағалау. // Университет жаңалықтары. Тау-кен журналы. – 2019. – №7. – Б. 77-85. (орыс тілінде)

7. *Lian-Heng Zhao, Xiao Cheng, Yingbin Zhang, Liang Li, De-Jian Li. Тасжарықтары бар сейсмикалық беткейлердің тұрақтылығын талдау. // Компьютерлер және геотехникалар. – 2016. – Шығ. 77. – Б. 77-90. (ағылшын тілінде)*
8. *Имашев А.Ж., Суимбаева А.М., Батыршаева Ж.М., Абдибаитов Ш.А. Ақжал кен орнының тау жыныстарының беріктігін зертханалық зерттеу. // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция еңбектері. – Қарағанды, 2019. – Б. 134-137. (орыс тілінде)*
9. *Imashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N., Takhanov D., Abdimutalip N. Тау жыныстары массивінің деформациясының ықтимал аймақтарын зерттеу. // Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының хабаршысы. – 2018. – №2. – Б. 177-183. (ағылшын тілінде)*

## REFERENCE

1. *Sakantsev G.G. Resource-saving technologies in the development of ore deposits using goaf. // Mining information and analytical Bulletin. – 2015. – №2. – P. 29-37 (in Russian)*
2. *Dhananjai V. Finite element approach of stability analysis of internal dump slope in coal field. // Mining Journal. – 2014. – №5. – P. 11-16. (in English)*
3. *Eberhardt E. Rock slope stability analysis-utilization of advanced numerical techniques. // University of British Columbia. – Vancouver (Canada), 2003. – №41. – P. 10. (in English)*
4. *Gabitov R.M., Gavrishev S.E., Bondareva A.R., Kuznetsova T.S., Litvinov A.M. The impact of the mining exploitation conditions of the steeply-dipping deposits on the internal dumps in the borrow pit debugging and reconstruction. // Bulletin of the Magnitogorsk state technical University named after G.I. Nosov. – 2009. – №1(25). – P. 5-9. (in Russian)*
5. *Kovrov A.S., Babiy E.V., Bubnova E.A. Geomechanical assessment of the stability of the internal dump on the undermined base of the pit side. // Metallurgical and mining industry. – 2017. – №5. – P. 60-67. (in Russian)*
6. *Potapchuk M.I., Rasskazov I.Yu., Korneeva S.I., Lomov M.A. Evaluation of internal dumping impact on the geomechanical state of Vostok-2 deposit underground mining. // University news. Mining journal. – 2019. – №7. – P. 77-85. (in Russian)*
7. *Lian-Heng Zhao, Xiao Cheng, Yingbin Zhang, Liang Li, De-Jian Li. Stability analysis of seismic slopes with cracks. // Computers and Geotechnics. – 2016 (July). – Vol. 77. – P. 77-90. (in English)*
8. *Imashev A.Zh., Suimbayeva A.M., Batyrshaeva Zh.M., Abdibaitov Sh.A. Laboratory studies of rock strength of Akzhal field. // Proceedings of the international scientific-practical conference «Integration of science, education and production – the basis for the implementation of the Plan of the nation. – Karaganda, 2019. – P. 134-137. (in Russian)*
9. *Imashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N., Takhanov D., Abdimutalip N. Research of possible zones of inelastic deformation of rock mass. // News of national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2018. – №2. – P. 177-183. (in English)*

## Сведения об авторах:

**Имашев А.Ж.**, PhD, заведующий кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [imashev\\_85@mail.ru](mailto:imashev_85@mail.ru)

**Суимбаева А.М.**, докторант по специальности «Горное дело» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [aygerim\\_86@mail.ru](mailto:aygerim_86@mail.ru)

**Мусин А.А.**, докторант по специальности «Горное дело» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [musin\\_aibek@mail.ru](mailto:musin_aibek@mail.ru)

**Асан С.Ю.**, докторант по специальности «Горное дело» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [asansu@mail.ru](mailto:asansu@mail.ru)

## Авторлар туралы мәлімет:

**Имашев А.Ж.**, PhD, Карағанды мемлекеттік техникалық университеті «Пайдалы қазбалар кен орындарын қазып игеру» кафедрасының менгерушісі (Карағанды қ., Қазақстан), [imashev\\_85@mail.ru](mailto:imashev_85@mail.ru)

**Суимбаева А.М.**, Карағанды мемлекеттік техникалық университеті тау-кен ісі бойынша докторанты (Карағанды қ., Қазақстан), [aygerim\\_86@mail.ru](mailto:aygerim_86@mail.ru)

**Мусин А.А.**, Карағанды мемлекеттік техникалық университеті тау-кен ісі бойынша докторанты (Карағанды қ., Қазақстан), [musin\\_aibek@mail.ru](mailto:musin_aibek@mail.ru)

**Асан С.Ю.**, Карағанды мемлекеттік техникалық университеті тау-кен ісі бойынша докторанты (Карағанды қ., Қазақстан), [asansu@mail.ru](mailto:asansu@mail.ru)

## Information about the authors:

**Imashev A.Zh.**, PhD, Head at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [imashev\\_85@mail.ru](mailto:imashev_85@mail.ru)

**Suimbayeva A.M.**, Doctoral Student «Mining» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [aygerim\\_86@mail.ru](mailto:aygerim_86@mail.ru)

**Musin A.A.**, Doctoral Student «Mining» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [musin\\_aibek@mail.ru](mailto:musin_aibek@mail.ru)

**Asan S.Yu.**, Doctoral Student «Mining» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [asansu@mail.ru](mailto:asansu@mail.ru)

Код МРНТИ 53.03.11

А.С. Сайлау, Ә.Х. Хамит

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – University (г. Алматы, Казахстан)

## ОБЖИГ СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ КАРБОНАТА НАТРИЯ В УСЛОВИЯХ ВИБРОПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЛОЯ

**Аннотация.** Выделение серосодержащих газов и необходимость их утилизации является одной из проблем обжига сульфидных концентратов. Предлагается обжиг сульфидной шихты в смеси с кальцинированной содой проводить в условиях вибропульсирующего слоя. В отличие от обжига в кипящем слое это позволит снизить расход кислородсодержащего дутья до теоретически необходимого, соответственно, снизить скорость дутья в слое и значительно уменьшить пылевынос. Для обоснования методов исследования был использован полиметаллический сульфидный медно-молибденовый концентрат Актогайского месторождения после основной флотации. С целью изучения возможности исключения операций гранулирования шихты и необходимости последующей сушки, а также для оценки показателей распределения ценных компонентов проведены опыты со смесью концентратов по обжигу в условиях вибропульсирующего слоя при температурах от 550°C до 750°C.

**Ключевые слова:** полиметаллический сульфидный концентрат, вибропульсирующий обжиг, карбонат натрия, сульфатизация, окисление сульфидов, сульфат натрия, медно-молибденовый концентрат, кальцинированная сода, термо-гидрометаллургическая переработка, степень десульфуризации.

### Тербелмелі пульсациялық қабат жағдайына қосылған сульфидті шикізатты натрий карбонатымен жағу

**Андатпа.** Құрамында күкірт бар газдардың шығуы және оларды жою қажеттілігі – күкірт концентраттарын жағудың проблемаларының бірі. Бұл мәселені шешу үшін сульфидті қоспаны сода күлімен араластырып, тербелетін пульсациялық қабат жағдайында жүргізу ұсынылады. Сұйықталған төсекке ағудан айырмашылығы, бұл оттегі бар жарылыстың шығынын теориялық тұрғыдан қажет етеді, сәйкесінше қабаттағы жарылыс жылдамдығын азайтады және шанды кетіруді едәуір төмендетеді. Қоспаны түйіршіктеу әрекетін жою және оны кейіннен кептіру қажеттілігін зерттеу, сонымен қатар құнды компоненттердің таралуын бағалау үшін, бұл жұмыста, өрт сөндіру үшін концентраттар қоспасымен, тербелмелі-пульсациялық қабатта, 550-ден 750°C-қа дейінгі температурада эксперименттер жүргізілді.

**Түйінді сөздер:** полиметалл сульфидінің концентраты, діріл-импульсті күйдіретін, натрий карбонаты, сульфаттау, сульфидтердің тотығуы, натрий сульфаты, мыс-молибден концентраты, сода күлі, термо-гидрометаллургиялық өңдеу, газсыздандыру дәрежесі.

### Sulfide raw material roasting with the addition of sodium carbonate under conditions of a vibrating pulsating layer

**Abstract.** The release of sulphur-containing gases and the need for their disposal is one of the problems of sulfide concentrate roasting. Proposed to roast a sulfide charge in a mixture with calcined soda under conditions of a vibrating pulsating layer. In contrast to fluidized bed firing, this will reduce the consumption of oxygen-containing blowing to the theoretically necessary level, correspondingly reduce the blowing speed in the layer and significantly reduce dust removal. The study method was based on polymetallic sulphide concentrate of the Aktogay copper and molybdenum deposit after main flotation. In order to study the possibility of excluding the charge granulation operations and the necessity of further drying, as well as to evaluate the distribution of valuable components, in this work were carried out experiments with a mixture of concentrates in the firing, under conditions of vibropulsive layer, at temperatures from 550°C to 750°C.

**Key words:** polymetallic sulphide concentrate, vibration-pulsed firing, sodium carbonate, sulphatization, oxidation of sulphides, sodium sulphate, copper-molybdenum concentrate, soda ash, thermo-hydrometallurgical processing, degree of desulfurization.

### Введение

В настоящее время переработка полиметаллического коллективно-го сырья – задача, требующая решения. Современные технологии, применяемые на заводах, направлены на переработку монометаллического сырья, содержащего сравнительно небольшое количество сопутствующих металлов [1]. Но в связи с тем, что месторождения вырабатываются, полиметаллические руды, поступающие на переработку, становятся бедными. Обеспечение заводов монометаллическими концентратами тяжелых цветных металлов требует селекции на стадии флотационного обогащения и соответственно увеличивает количество дополнительных операций очистки, снижает извлечение основного металла. При обогащении флотационным способом процент извлечения ценных компонентов в коллективный концентрат выше

по сравнению с селективным. Технология переработки сульфидных полиметаллических концентратов поможет решить озвученную проблему и снизить количество выбрасываемых газов и отходов в окружающую среду. Технология переработки коллективного концентрата и промпродуктов цветных металлов,

проводится на основе обжига шихты с добавлением карбонатов натрия и калия при 500-700°C. Использование карбонатов натрия и калия позволит связать сернистые газы в прочный сульфат натрия.

Анализ технологии переработки полиметаллических руд свидетельствует о необходимости пересмотра



Рис. 1. Реактор для обжига.  
Сурет 1. Қуыру реакторы.  
Figure 1. Roasting reactor.



Рис. 2. Обожженный материал.  
Сурет 2. Күйген материал.  
Figure 2. Burnt material.

## Результаты рентгенофлуоресцентного анализа

## Рентген-флуоресценттік талдау нәтижелері

## X-ray fluorescence analysis results

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
O	18,772	Ti	0,201
Na	0,762	Fe	20,814
Mg	0,486	Co	0,043
Al	2,975	Cu	16,693
Si	7,835	Se	0,01
P	0,036	Rb	0,004
S	17,011	Sr	0,012
Cl	0,017	Zr	0,005
K	0,634	Mo	0,178
Ca	0,563	Pb	0,011

концепции и цели передела обогащения<sup>1</sup>. Получение из полиметаллических руд монометаллических концентратов сопряжено не только со значительными потерями ценных компонентов в разноименных концентратах и пиритных хвостах, но и с высокими затратами на селективное обогащение с применением токсичных реагентов при флотации. Уже сейчас на большинстве горно-обогатительных предприятий выпускаются низкокачественные концентраты, которые создают технологические и экологические проблемы на заводах или складываются в отвалах. По мнению авторов, перспективным направлением развития является ограничение роли обогащения и перенос проблемы разделения металлов на металлургический передел. Задачи передела обогащения можно ограничить отделением полезных компонентов от минералов породы или сульфидов железа с получением коллективных концентратов или промпродуктов [2]. Приводится пример новой технологии для низкокачественных свинецсодержащих концентратов, пылей и медно-цинковых промпродуктов обогащения. Технологическая схема включает переделы окислительного обжига в прокаточной печи и электротермической

плавки с небольшим объемом отходящих газов, а также систему пылеулавливания и утилизации диоксида серы. Процесс осуществляется способом реакционной плавки, для чего в шихте должно быть обеспечено прокаткой соотношение сульфидного свинца к сульфатному не менее 1:2. Электроплавка позволяет получить черновой свинец, медно-свинцовый штейн и шлак, в котором концентрируется цинк<sup>2</sup> [3].

В работе [4] отмечается, что в связи с выработкой месторождений и увеличением объемов добычи труднообогатимых руд затруднено выделение селективных концентратов из-за заметной доли

изоморфных сростков и эмульсионных вкраплений сульфидов цветных металлов и железа в пустой породе. При обогащении руд ухудшилось качество цинковых концентратов: снизилось содержание цинка; возросло содержание железа до 10-14%, меди – до 2-4%, кремнезема – до 6-10%, свинца – до 4-8%, мышьяка.

С ухудшением качества концентратов снизились показатели технологии металлургического производства: уменьшился выход растворимых форм цинка в результате образования труднорастворимых ферритов и силикатов цинка; ухудшилось разделение пульпы; осложнилась очистка раствора с образованием повышенного количества кеков<sup>3</sup>.

Обжиг сульфидного концентрата со смесью карбоната натрия связывает серу в сульфиды либо сульфаты натрия и калия. В большинстве публикаций в качестве реагентов указываются хлориды и гидроксиды натрия и калия, недостаточно исследований по окислению сульфидов в атмосфере, содержащей кислород, при добавлении в шихту карбоната натрия.

Целью исследования являлось изучение влияния основных технологических факторов и выделение газов при обжиге шихты в условиях вибропульсирующего слоя на основе сульфидного концентрата

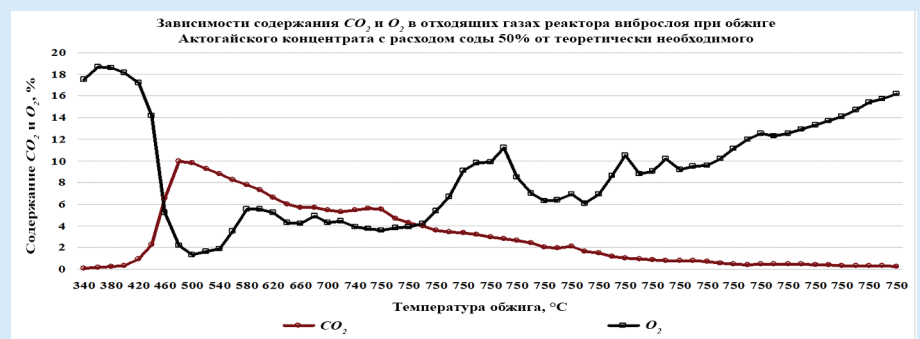


Рис. 3. Изменение содержаний диоксида углерода  $CO_2$  и остаточного кислорода  $O_2$ .

Сурет 3. Көміртегі диоксидінің  $CO_2$  және қалдық оттегінің  $O_2$  құрамын өзгерту.

Figure 3. Change in carbon dioxide  $CO_2$  and residual oxygen  $O_2$ .

<sup>1</sup>Садыков С.Б. Автоклавная переработка низкосортных цинковых концентратов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2006. – 581 с.

<sup>2</sup>Чекушин В.С., Олейникова Н.В., Доццов А.В. Способ переработки никельсодержащих сульфидных материалов. / Пат. 2495944 РФ. – 2013: www.freepatent.ru/patents/2495944

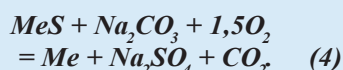
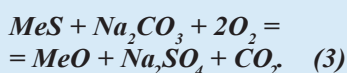
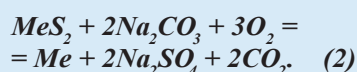
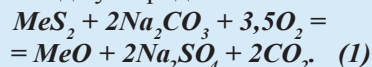
<sup>3</sup>Мотовилов В.А., Парамонов Л.А., Борисков Ф.Ф., Борисков Д.Ф. Способ переработки сульфидных продуктов. / Пат. 2272081 (РФ). – 2004. – 2 с.: FindPatent.ru > patent/227/2272081.html

с добавлением карбоната натрия и распределением металлов.

### Методика исследований

Исходным материалом для исследования являлся медно-молибденовый промпродукт коллективной флотации Актогайских руд. Состав промпродукта по результатам анализов приведен в табл. 1.

Для переработки сульфидных концентратов и промпродуктов возможно использование регенерируемого технологического реагента – кальцинированной соды  $Na_2CO_3$ . Из термодинамического анализа реакций по программе HSC Chemistry<sup>4</sup> выявлено, что наиболее благоприятны схемы с образованием оксидов и металлов со связыванием серы в сульфат натрия и выделением диоксида углерода:



### Результаты и их обсуждение

Реактор для обжига в пульсирующем слое собран на основе дриватографа Q-1000. С помощью одной печи для обжига можно провести 3-4 опыта в день. Электропитание печей регулируется тиристорным блоком. Фотографии реактора и обожженного материала приведены на рис. 1, 2.

Навеска материала в тигле составляет 50 г. Масса тигля – 117-123 г. Объем отбора газов из реактора для анализа составлял 2,5-3,5 л/ч, а объем дутья, подаваемого в реактор, – от 30 л/ч до 50 л/ч, избыточные газы удалялись из реактора через неплотности между используемым тиглем (крышка) и днищем.

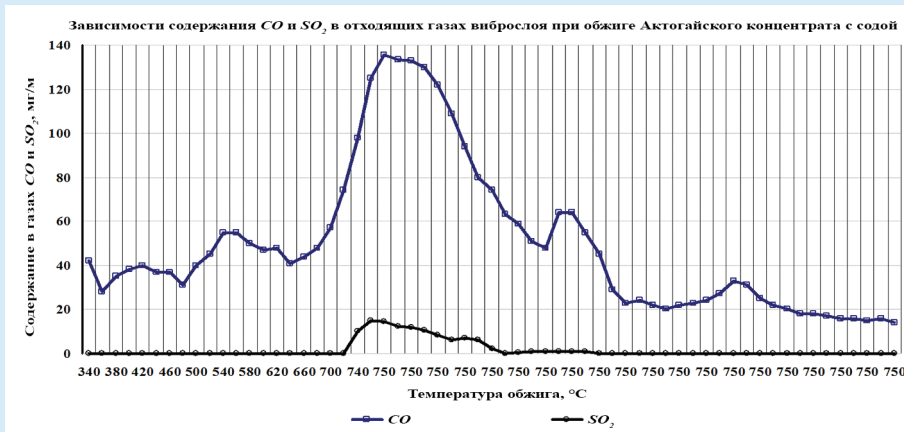
Воздушное дутье в тигель подается микрокомпрессором через шток-трубку, закрепленную на пластинах вибратора, а регулирование расхода воздуха ротаметрами с вентильями. Ротаметры откалиброваны по пенному расходомеру.

Питание вибратора осуществляется лабораторным автотрансформатором ЛАТР, что позволяет, изменяя напряжение, варьировать мощность на вибраторе и амплитуду пульсаций в рабочей зоне. При сопротивлении обмотки вибратора 110 Ом пульсации возникают при напряжении 21 вольт. При мощности на вибраторе от 4 Вт до 39 Вт амплитуда вибраций рабочего органа в вертикальной плоскости изменяется от 0,10 мм до 1,00 мм [4].

При мощности на вибраторе 24-31 Вт и амплитуде вибраций 0,10-0,30 мм, слой мелкодисперсной шихты массой 15-20 г переходит в интенсивное подвижное состояние, обеспечивающее перемешивание

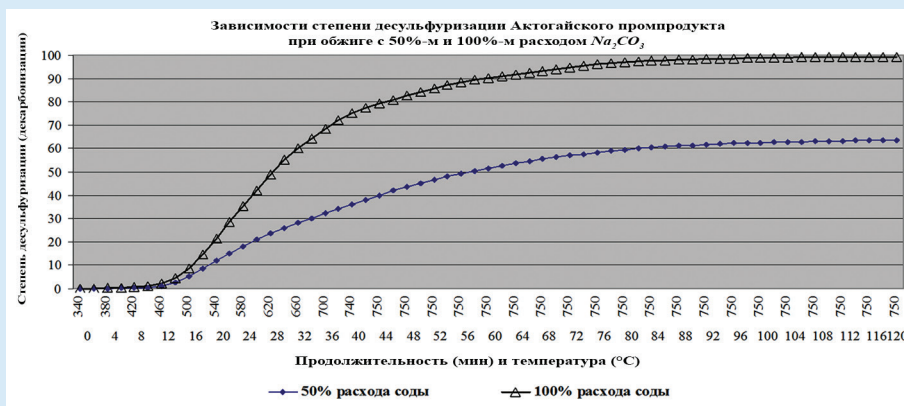
всего объема. При этом дутье поступает в слой шихты через керамический распылитель конусообразной формы, установленной в центре на дне тигля. Изменение содержания диоксида углерода  $CO_2$  и остаточного кислорода  $O_2$  в отходящих газах приведены на рис. 3.

Обжиг сульфидного концентрата в условиях недостатка кальцинированной соды для реакции окисления сульфидов с образованием прочного сульфата натрия сопровождается образованием заметных количеств оксида углерода, что при практически полном использовании соды приводит к образованию сернистого ангидрида. Изменение содержания оксида углерода  $CO$



**Рис. 4. Изменение содержания оксида углерода  $CO$  и сернистого газа  $SO_2$ .**  
Сурет 4. Көміртегі диоксидінің  $CO_2$  және күкіртті газдың  $SO_2$  қалдық өзгерту.

Figure 4. Change in carbon dioxide  $CO_2$  and sulfur dioxide.



**Рис. 5. Степень десульфуризации при одинаковом расходе воздуха с разным объемом соды.**

Сурет 5. Әртүрлі сода көлемімен бірдей ауа шығыны бар десульфуризация дәрежесі.

Figure 5. The degree of desulfurization at the same flow rate with different volumes of soda.

<sup>4</sup>HSC Chemistry 7.11. – Outotec, Research Center. – Pori (Finland).

Таблица 2

Условия проведения опытов по обжигу и результаты

Кесте 2

Күйдіру бойынша тәжірибе жүргізу шарттары және нәтижелері

Table 2

The conditions of experiments on the roasting and results

№ опыта	Температура, °С	Продолжительность обжига, мин	Расход воздуха, л/ч	Крупность гранул, мм	У(И) эксп., %
1	550,00	30,00	52,10	2,50	14,01
2	550,00	45,00	55,80	4,50	20,92
3	550,00	60,00	59,50	6,50	24,76
4	550,00	75,00	63,20	8,50	24,97
5	550,00	90,00	67,00	10,50	26,75
6	600,00	30,00	55,80	6,50	30,37
7	600,00	45,00	59,50	8,50	31,11
8	600,00	60,00	63,20	10,50	35,30
9	600,00	75,00	67,00	2,50	41,98
10	600,00	90,00	52,10	4,50	40,82
11	650,00	30,00	55,80	6,50	34,20
12	650,00	45,00	59,50	8,50	38,85
13	650,00	60,00	63,20	10,50	40,24
14	650,00	75,00	67,00	2,50	43,19
15	650,00	90,00	52,10	4,50	41,28
16	700,00	30,00	55,80	6,50	39,65
17	700,00	45,00	59,50	8,50	43,34
18	700,00	60,00	63,20	10,50	43,31
19	700,00	75,00	67,00	2,50	38,69
20	700,00	90,00	52,10	4,50	39,97
21	750,00	30,00	55,80	6,50	43,93
22	750,00	45,00	59,50	8,50	41,53
23	750,00	60,00	63,20	10,50	39,52
24	750,00	75,00	67,00	2,50	43,99
25	750,00	90,00	52,10	4,50	38,70

и сернистого газа  $SO_2$  в отходящих газах приведены на рис. 4.

Из рис. 3, 4 видно, что при температуре выше  $380^\circ C$  увеличивается содержание диоксида углерода в газах и одновременно резко снижается содержание кислорода, что объясняется протеканием реакций образования сульфата натрия (1-4).

При значительном снижении в шихте содержания соды ( $\approx 700^\circ C$ , продолжительность обжига более 40 минут) в газах возрастает содержание восстановительного газа  $CO$  и появляется некоторое количество сернистого ангидрида  $SO_2$ , что приводит в условиях низких температур обжига к образованию сульфатов<sup>5</sup> железа и меди [4]. Факт образования сульфатов в огарке

подтверждается содержанием железа и меди в растворах водного выщелачивания огарка, полученного при обжиге шихты с недостатком соды. Растворы в зависимости от температуры и продолжительности обжига имеют цвет от светло-голубого до ярко-зеленого, а растворы выщелачивания огарков, полученных при обжиге сульфидных концентратов с достаточным количеством соды – бесцветные, содержат  $Na_2SO_4$  и небольшое количество непрореагировавшей соды  $Na_2CO_3$ .

Приведем результаты опытов при непрерывном нагреве от  $340^\circ C$  до  $750^\circ C$  со скоростью 10 град/мин и выдержке при  $750^\circ C$  в течение 80 мин с расходом воздуха 29,5 л/ч, для навески Актогайского

промпродукта 10 г при 100%-м расходе соды, равном 11,2 г.

В условиях обжига с достаточным количеством соды в отходящих газах практически нет оксида углерода и диоксида серы, что свидетельствует о связывании всей серы концентрата в прочный водорастворимый сульфат натрия; раствор водного выщелачивания огарка не содержит меди, цинка и железа [5]. Зависимость степени десульфуризации концентрата от продолжительности и температуры при обжиге шихты в условиях виброкипящего слоя для 50% и 100% расхода соды приведены на рис. 5.

Из данных рис. 5 следует, что при нагреве шихты с содой в интервале температур  $340-750^\circ C$  степень

<sup>5</sup>Carrillo-Pedroza, Soria-Aguilar M.J., Salinas-Rodríguez E., Martínez-Luevanos A., Pecina-Treviño T.E. and Dávalos-Sánchez A. Oxidative Hydrometallurgy of Sulphide Minerals. Autonomous University of Coahuila, Mexico// Recent Researches in Metallurgical Engineering - From Extraction to Forming. 23, March, 2012.

Таблица 3

Материальный баланс обжига гранул Актогайского промпродукта, опыт №5

Кесте 3

Ақтоғай өнеркәсіптің өнімінің түйіршілтерін күйдірудің материалдық балансы, тәжірибе №5

Table 3

Material balance of roasting pellets of Aktogay industrial product, experience №5

Поступило материалов	Всего, г	Fe	Cu	Zn	Pb	S	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Прочие
Гранулы	53	7,95	5,33	0,11	0,52	16,43	7,22	0	15,44
Содержание, %		15	10,05	0,21	0,98	31	13,62	0	29,14
Воздух	129,65	0	0	0	0	0	0	25,28	104,37
Содержание, %		0	0	0	0	0	0	19,5	80,5
Итого	182,65	7,95	5,33	0,11	0,52	16,43	7,22	25,28	119,81
Получено продуктов	Всего, г	Fe	Cu	Zn	Pb	S	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Прочие
Огарок	39,63	7,95	5,33	0,11	0,52	16,43	0	6,01	3,28
Содержание, %		20,06	13,44	0,28	1,31	41,46	0	15,17	8,27
Извлечение, %		100	100	100	100	100	0	23,77	2,74
Газы	143,08	0	0	0	0	0	7,22	19,28	116,58
Содержание, %		0	0	0	0	0	5,05	13,48	81,48
Извлечение, %		0	0	0	0	0	100,04	76,26	97,3
Итого	182,71	7,95	5,33	0,11	0,52	16,43	7,22	25,29	119,86
Невязка	0,06	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,05

десульфуризации при одинаковом расходе воздуха определяется расходом соды. Недостаток соды снижает степень десульфуризации. Повышение температур выше 700°C сопровождается спеканием шихты. Проведен обжиг в условиях фильтрующего слоя. Условия проведения опытов и полученные значения десульфуризации, принятые к обработке по программе, приведены в табл. 2.

### Расчет материальных балансов

На основе данных опыта №5 рассчитан материальный баланс обжига гранулированной шихты (табл. 3).

Расчетная десульфуризация по данным баланса за счет реакции сульфидов с карбонатом натрия определяется из пропорции:

$$S (32 \text{ г}) : CO_2 (44 \text{ г})$$

$$D (16,43 \text{ г}) : x$$

$$x = 16,43 \times 44 / 32 = 22,59 \text{ г.}$$

По данным баланса:

$$D_{\text{бал}} = 7,22 \times 100 / 22,59 = 31,96\%.$$

По данным, рассчитанным из состава и количества газов опыта №5:

$$D_{\text{он}} = 34,16\%.$$

### Заключение

Технология переработки полиметаллических сульфидных материалов с применением карбоната натрия позволит комплексно переработать низкокачественное сырье и исключить выброс сернистых газов в окружающую среду.

Экологический эффект достигается за счет полного связывания серы сульфидного сырья в легко выщелачиваемый водой сульфат натрия, регенерации исходных солей щелочных металлов.

В данной публикации была поставлена задача решить проблемы, возникшие в связи выработкой месторождений и обеднения полиметаллических материалов, неэффективности технологий, предложенных в других исследованиях. Для решения этих проблем было предложено использовать технологию термо-гидрометаллургической переработки полиметаллических сульфидных материалов.

По данным проведенных исследований кинетики окисления сульфидов металлов с солью карбоната натрия в пульсирующем слое, пришли к выводу: нехватка соды при обжиге сульфидного концентрата в условиях сравнительно низких температур (550-750°C) приводит к частичному образованию сульфатов цветных металлов и железа. Растворы водного выщелачивания огарков содержат медь и железо в виде сульфатов.

Основное влияние на процесс десульфуризации при обжиге оказывает температура, расход воздуха и продолжительность. При принятых условиях проведения опытов

и при 50% расходе соды от стехиометрически необходимого для полного связывания серы в сульфат натрия степень десульфуризации гранулированной шихты не превышала 41-44%. В опытах с недостатком соды через 20-30 минут от начала процесса наблюдалось повышенное содержание в отходящих газах реактора оксида углерода CO и диоксида серы SO<sub>2</sub>.

На основе данных опыта №5 рассчитан материальный баланс обжига гранулированной шихты. Рассчитанная по данным баланса десульфуризация  $D_{\text{бал}} = 31,96\%$  близка к рассчитанной из состава и количества газов опыта №5  $D_{\text{он}} = 34,16\%$ . Это подтверждает недостаток соды для полного связывания серы в сульфат натрия, а сравнение веса полученного огарка с расчетным балансовым свидетельствует о достоверности выхода продуктов и извлечения компонентов.

Материальные балансы обжига для остальных опытов практически близки вследствие перехода всех компонентов в состав огарка и удаления с газами в основном диоксида углерода. При сохранении количества элементов в огарке неизменным за счет недостатка соды происходит перераспределение серы между сульфидами MeS и сульфатами MeSO<sub>4</sub>.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузькин А.С. Пути развития технологии переработки полиметаллических руд, содержащих драгоценные металлы. // Золотодобывающая промышленность. – 2009. – №6(36). – С. 15-22. (на русском языке)
2. Баимбетов Б.С., Айтенов К.Д., Бекишева А.А., Абдикерим Б.Е. Процессы взаимодействия сульфидов металлов и карбоната натрия // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – №11. – С. 26-34. (на английском языке)
3. Чекушин В.С., Олейникова Н.В., Донцов А.В. Восстановление никеля из сульфидов концентрата разделения фэйништейна. // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2010. – №1. – С. 30-36. (на русском языке)
4. Олейникова Н.В., Чекушин В.С., Бакшеев С.П. Восстановление металлов из сульфидных соединений. // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2007. – №2. – С.7-11. (на русском языке)
5. Nooshabadi A.J., Rao K.H. Флотация комплекса сульфидных руд: эффект добавления депрессантов при измельчении на образование  $H_2O_2$  и его влияние на флотацию. // Международный журнал по переработке полезных ископаемых. – 2016. – Вып. 157. – P. 89-97. DOI: 10.1016/j.minpro.2016.09.007. (на английском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кузькин А.С. Құрамында қымбат металдары бар полиметалл кендерін өңдеу технологиясын дамыту жолдары. // Алтын өндірісі. – 2009. – №6(36). – Б. 15-22. (орыс тілінде)
2. Байымбетов Б.С., Айтенов К.Д., Бекишева А.А., Абдикерим Б.Е. Металл сульфиді мен натрий карбонатының өзара әрекеттесу процесстері. // Металлургия және тау-кен өндірісі. – 2015. – №11. – Б. 26-34. (ағылшын тілінде)
3. Чекушин В.С., Олейникова Н.В., Донцов А.В. Фейништейн сульфидтерінен никельді алу. // Университеттер жаршысы. Түсті металлургия. – 2010. – №1. – Б. 30-36. (орыс тілінде)
4. Олейникова Н.В., Чекушин В.С., Бакшеев С.П. Сульфидті қосылыстардан металдардың алынуы. // Университеттер жаршысы. Түсті металлургия. – 2007. – №2. – Б. 7-11. (орыс тілінде)
5. Nooshabadi A.J., Rao K.H. Толық сульфидті кендердің флотациясы:  $H_2O_2$  түзілуіне ұнтактау кезіндегі депрессанттардың қосылу әсері және оның флотацияға әсері. // Минералды өңдеудің халықаралық журналы. – 2016. – Т. 157. – Б. 89-97. DOI: 10.1016 / j.minpro.2016.09.09.007 (ағылшын тілінде)

## REFERENCE

1. Kuzkin A.S. Ways of development of processing technology for polymetallic ores containing precious metals. // Gold mining industry. – 2009. – №6(36). – P. 15-22. (in Russian)
2. Baimbetov B.S., Aitenov K.D., Bekisheva A.A., Abdikerim B.E. Metallic sulphide and sodium carbonate interacting processes. // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – №11. – P. 26-34. (in English)
3. Chekushin V.S., Oleinikova N.V., Dontsov A.V. Nickel recovery from sulfides of Feinstein separation concentrate. // Bulletin of universities. Non-ferrous metallurgy. – 2010. – №1. – P.30 - 36. (in Russian)
4. Oleinikova N.V., Chekushin V.S., Baksheev S.P. The recovery of metals from sulfide compounds. // Bulletin of universities. Non-ferrous metallurgy. – 2007. – №2. – P. 7-11. (in Russian)
5. Nooshabadi A.J., Rao K.H. Complete sulphide ore flotation: Effect of depressants addition during grinding on  $H_2O_2$  formation and its influence on flotation // International journal of mineral processing. – 2016. – Vol. 157. – P. 89-97. DOI: 10.1016 / j.minpro.2016.09.09.007 (in English)

## Сведения об авторах:

**Сайлау А.С.**, магистрант 2 курса по специальности «Металлургия» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [abylaikhan.sailau@mail.ru](mailto:abylaikhan.sailau@mail.ru)  
**Хамит А.Х.**, магистрант 2 курса по специальности «Металлургия» Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [abeke96@mail.ru](mailto:abeke96@mail.ru)

## Авторлар туралы мәлімет:

**Сайлау А.С.**, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University металлургия бойынша магистранты (г. Алматы, Казахстан), [abylaikhan.sailau@mail.ru](mailto:abylaikhan.sailau@mail.ru)  
**Хамит А.Х.**, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University металлургия бойынша магистранты (г. Алматы, Казахстан), [abeke96@mail.ru](mailto:abeke96@mail.ru)

## Information about the authors:

**Sailau A.S.**, Master Student of Metallurgy of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [abylaikhan.sailau@mail.ru](mailto:abylaikhan.sailau@mail.ru)  
**Khamit A.Kh.**, Master Student of Metallurgy of the Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I. Satbayev» – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [abeke96@mail.ru](mailto:abeke96@mail.ru)



Код МРНТИ 53.07.11

А.К. Абишева<sup>1</sup>, А.А. Мельдешов<sup>1</sup>, А.С. Бегимбетова<sup>2</sup><sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (г. Алматы, Казахстан),<sup>2</sup>Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева (г. Алматы, Казахстан)

## ОГНЕУПОРЫ ИЗ РУД КЕМПИРСАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** Сокращение количества фаз и снижение содержания легкоплавких фаз, неустойчивых при высоких температурах, образование плотного и прочного кристаллического сростка высокоогнеупорных соединений способствуют получению огнеупоров со стабильными техническими свойствами: высокой огнеупорностью, плотностью, прочностью и постоянством объема при температурах использования выше 1600°C. Для напряженно работающих установок в черной и цветной металлургии, а также в высокотемпературной энергетике необходимы огнеупоры, характеризующиеся значительным развитием прямых связей между кристаллами минеральных фаз, что достигается применением обогащенных и чистых исходных материалов для их изготовления. Крупной сырьевой базой вышеназванных огнеупоров являются запасы Кемпирсайского массива, где кроме хромитов имеются остаточные магнезиты и серпентиниты, проявляющиеся в процессе добычи и переработки руд.

**Ключевые слова:** огнеупоры, прочность, плотность, постоянство, объем, обогащенное сырье, фазовый состав, технологические условия, периклаз, шпинелид, хромит, магнезит.

### Кемпірсай кенінің кендерінен жасалған сынықтар

**Аңдатпа.** Фазалар санының қысқаруы және фазалардың жоғары температурасы кезінде жеңіл балкитын, тұрақсыз фазалар құрамының төмендеуі, тығыз және берік кристалдық жоғары отқа төзімді қосылыстардың өсіндісінің тұрақты техникалық қасиеттері бар: жоғары отқа төзімділігі, тығыздығы, беріктігі және 1600°C-тан жоғары температурасы кезіндегі көлем тұрақтылығы. Қара және түсті металлургиядағы және жоғары температуралы энергетикадағы жұмыс істейтін қондырғылар үшін минералды фазадағы кристалдар арасындағы тура маңызды байланысқа ие болатын, байытылған және бастапқы материалдардан дайындалынатын отқа төзімді материалдар қажет. Аталмыш отқа төзімді материалдардың ірі кен орны болып құрамында хромиттерден басқа кен өндіру кезінде пайда болатын қалдық магнезитті және серпентинитті Кемпірсай кен орнының қоры болып табылады.

**Түйінді сөздер:** отқа төзімді, беріктігі, тығыздығы, тұрақтылығы, көлемі, байытылған шикізат, фазалық құрамы, технологиялық шарттар, периклаз, шпинелид, хромит, магнезит.

### Fire resistance from ores of the Kempirsay deposit

**Abstract.** Reducing the number of phases and reducing the content of low-melting, unstable at high temperatures phases, the formation of a dense and strong crystalline junction of highly refractory compounds contribute to the production of refractories with stable technical properties: high refractoriness, density, strength and volume constancy at service temperatures above 1600°C. For hard-working plants in ferrous and non-ferrous metallurgy and high-temperature energy, refractories are required, which are characterized by a significant development of direct bonds between crystals of mineral phases, which is achieved by using enriched and pure starting materials for their manufacture. The large raw material base of the above refractories is the reserves of the Kempirsay massif, where, in addition to chromites, there are residual magnesites and serpentinites manifesting themselves in the process of ore mining and processing.

**Key words:** refractories, strength, density, constancy, volume, enriched raw materials, phase composition, process conditions, periclase, spinelide, chromite, magnesite.

### Введение

Научные исследования<sup>1,2</sup>, выполненные в последнее время в Казахстане и за рубежом, показали, что физические свойства огнеупоров имеют четкую зависимость от их структуры и фазового состава.

Сокращение количества стадий и снижение содержания легкоплавких, неустойчивых при высоких температурах фаз, образование плотного и прочного кристаллического сростка высокоогнеупорных соединений способствуют получению огнеупоров со стабильными техническими свойствами: высокой огнеупорностью, плотностью, прочностью и постоянством объема при температурах использования выше 1600°C. Основным технологическим условием получения высококачественных огнеупоров является применение обогащенного сырья с низким содержанием примесей и высокие температуры обжига. Эти параметры в настоящее время эффективно внедряются в промышленных условиях.

Исследования и промышленные испытания, выполненные рядом исследователей<sup>3,4</sup> [1, 2] в сотрудничестве с металлургическими организациями и предприятиями по производству огнеупоров, позволили разработать для современных металлургических агрегатов новые виды огнеупоров из сырья повышенной чистоты. Положительный эффект от их применения

в Казахстане и на Урале говорит о значительных резервах нашего государства, раскрывающихся при использовании новых научных разработок.

### Методы исследования, результаты

1. Периклазошпинелидные огнеупоры из обогащенных материалов (магнезитов и кемпирсайских хромитов, полученных методом флотации) содержат 1,4-1,8% кремнезема и 1,7-1,9% оксида кальция, что позволяет снизить (против огнеупоров из необогащенного сырья) количество силикатов с 8-12% до 3-5%. Сокращение легкоплавких фаз (силикатов) позволило активизировать процессы минералообразования, следовательно, добиться формирования более 50% прямых связей между огнеупорными фазами – периклазом и хромшпинелидом. Роль прямой связи выполняют в основном вторичные шпинели, кристаллизующиеся при распаде твердых растворов хромшпинелида в периклазе. Для таких огнеупоров характерны повышенная температура начала деформации под нагрузкой (более 1680°C), низкая (менее 15%) пористость и высокий (до 78 Н/мм<sup>2</sup>) предел прочности при сжатии.

Промышленные партии из обогащенного хромита и высокосортных природных магнезитов изготовлены и испытаны в сводах интенсивно работающих мартеновских печей. Огнеупоры содержали 6-7% силикатов

<sup>1</sup>Стрелов К.К., Кащеев И.Д. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. – М.: Металлургия, 1996. – 605 с.

<sup>2</sup>Кащеев И.Д. Химическая технология огнеупоров. – М.: Интернет Инжиниринг, 2007. – 752 с.

<sup>3</sup>Зубаков С.М. Минералообразование в хроммагнезитовых огнеупорах. – Алма-Ата: АН КазССР, 1960. – 104 с.

<sup>4</sup>Абишева А.К. и др. Удостоверение автора №98873. Огнеупорная масса. / Полезная модель. 08.07.2016.

и 93-94% периклаза и хромшпинелида. Стойкость их в своде мартеновской печи оказалась на 20-30% выше стойкости рядового периклазошпинелидного кирпича, поскольку силикатные расплавы при использовании не проникают глубоко в плотную прямосвязанную структуру, и износ огнеупора происходит постепенным оплавлением его рабочей поверхности при замещении огнеупорных фаз ферритными шпинелями.

2. Периклазошпинелидные изделия из рапной окиси магния и обогащенного кемпирсайского хромита имеют также высокие показатели качества. В порошке из рапной окиси магния при обжиге формируется более 95% периклаза, 2% шпинелей, 2,5% мервинита и 1% монтичеллита. Содержание  $SiO_2$  в ней 1,3%. В хромите содержание окиси кальция было 0,6% и двуокиси кремния 0,6%. Изделия содержат 96,5% периклаза со вторичной шпинелью и 3,5% силикатов. Количество прямых связей в них 51-58%, поэтому температура начала деформации под нагрузкой выше 1750°C.

Огнеупоры испытаны в фурменном поясе медеплавильных конвертеров, производительность при этом была повышена на 20-30%. Показано, что кристаллы периклаза, сцементированные вторичными шпинелидами, более медленно (чем в обычных огнеупорах) перерождаются в легкоплавкие силикатные фазы и ферритные шпинели под воздействием агрессивных шлаков и штейнов, что и является причиной высокой стойкости огнеупоров.

3. Периклазошпинелидные изделия из плавящихся смесей магнезита и хромита содержат 3-4% силикатов, 25% шпинелей и 70% периклаза. Изделиям свойственны довольно широкие вариации термической стойкости (от 3 до 15 теплосмен), пористости (от 10 до 15%) и прочности (от 10 до 90 Н/мм<sup>2</sup>) в зависимости от заданных технологических параметров их производства. При повышении температуры начала деформации огнеупоров, полученных из плавящихся материалов, их прочность возрастает до 180 Н/мм<sup>2</sup>. Такие виды огнеупоров пригодны для жестких условий использования в кислородных конвертерах, камерах порционного вакуумирования стали и в цветной металлургии.

Новые виды высокохромитовых плавящихся материалов обладают высокой стойкостью к воздействию

фосфористых или кислых шлаков, их стойкость в 2-3 раза выше, чем у корундовых и плотных видов периклазошпинелидных огнеупоров. Такие изделия пригодны для конвертирования ферросплавов.

4. Для кислородных конвертеров были разработаны и испытаны смолосвязанные огнеупоры на основе спеченного периклазового порошка. Особенностью технологии является строгий отбор сырья с учетом необходимости ограничения в изделиях примесей легкоплавких ферритов и силикатов. Для выделения высококачественного, однородного по структуре обожженного доломита в процессе обжига и производства требуется усовершенствование технологического оборудования и отдельных технологических операций.

Установлено, что наличие большого количества вредных примесей препятствует получению рекристаллизованного плотного огнеупорного порошка и резко снижает его устойчивость к воздействию конверторных шлаков. Интенсивное взаимодействие с первичными кислыми шлаками при этом отмечается при температуре более 1350°C, что на 150-200°C ниже, чем у огнеупоров из сырья высокой чистоты. Стойкость футеровки составляет 460-610 плавов.

Показано, что для повышения качества смолосвязанных доломито-магнезитовых и магнезитовых огнеупоров необходимо применять чистые плотные порошки, например, электроплавленные или спеченные с добавкой двуокиси циркония. При этом плотность огнеупоров повышается на 20-30% (табл. 1), резко увеличивается их химическая стойкость.

5. Форстеритовые огнеупоры относятся к магнезиально-силикатным типам материалов. Они делятся на периклазофорстеритовые ( $MgO - 65-85\%$ ,  $SiO_2 \geq 7\%$ ), форстеритовые ( $MgO - 50-65\%$ ,  $SiO_2 - 20-45\%$ ) и форстеритохромитовые ( $MgO - 40-60\%$ ,  $SiO_2 - 15-30\%$ ,  $Cr_2O_3 - 3-15\%$ ). Присутствие в составе шихты хромита (15-20%) способствует повышению термостойкости до 5 водных теплосмен (1300°C – вода). Такие изделия обладают высокой огнеупорностью 1850-1900°C.

При производстве форстеритовых огнеупоров дополнительным компонентом является оксид магния, необходимый для связывания оксида кремния в форстерит,

Таблица 1

Показатели плотности смолосвязанных конверторных огнеупоров

Кесте 1

Шайырлы байланысқан конверторлы отқатөзімділердің тығыздық көрсеткіштері

Table 1

Density indices of resin-bonded converter refractories

Материал шихты				После прессования		После обжига при 800°C	
обоженный доломит	обоженный магнезит	периклазоциркониевый клинкер	электроплавленный магнезит	кажущаяся пористость, %	кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>	кажущаяся пористость, %	кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>
100	–	–	–	1,7-5,4	2,59	17,6	2,79
70	30	–	–	6,9	2,87	17,8	2,77
50	–	50	–	5,8	2,99	14,9	2,89
–	100	–	–	7,6-9,7	2,74-2,80	20-24	2,55-2,60
–	–	100	100	6,5	2,95	16,8	2,84
–	–	–	–	4,8	2,31	16,5	2,77

Таблица 2

Химический состав сырья, используемого для производства форстеритовых огнеупоров

Кесте 2

Форстеритті отқатөзімділер өндірісінде қолданылатын шикізаттың химиялық құрамы

Table 2

The chemical composition of the raw materials used for the production of forsterite refractories

Наименование	Химический состав							
	SiO <sub>2</sub>	MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	ппп
Дунит	34	44	8	0,3	0,2	0,4	сл	13
Оливинит	38	47	6	7	0,2	0,5	1	0
Серпентинит	39	39	8	2	0,4	0,4	–	13
Тальк	35	25	0,3	7	1,0	–	Сл	5
Шлак АЗФ	30-36	39-42	–	0,6-1,2	14-17	3,6	1,3-2,1	металл 6
Вскрышные породы ДГОК	39	38	9	0,8	1,5	2	0,5	м
Разубоженные бедные руды ДГОК	12	24	8,6	2,2	7,5	37	0,6	–
Кусковые хвосты обогащения ДГОК	29-31	38-40	8-9	–	1,2-2,8	5-10	0,1	10-12
Шламовые хвосты ДГОК	18	24-18	10-11	–	6,2	25-35	0,1	5,7-7,6

Таблица 3

Свойства огнеупоров зернистого строения на основе оксида магния

Кесте 3

Магний оксиді негізіндегі дәнді құрамдас отқа төзімділердің қасиеттері

Table 3

Properties of refractory granular structure based on magnesium oxide

Вид изделий	Содержание MgO, %	Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>	Кажущаяся пористость, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Термическая стойкость теплосмеси (1300°С в воде)		Удельное электросопротивление
					до появления трещин	до разрушения	
Периклазовые С	99,6	3,07-3,22	8-12	16,0-84,5	7-9	10-15	2,4 × 10 <sup>3</sup>
Периклазовые П	98,0	2,32	9-10	43,0-55,0	9-12	19-25	6 × 10 <sup>2</sup>
Периклазовые С	99,6	3,15	10-13	100,0-120,0	3-5	6-8	–
Периклазо-циркониевые	98,6	3,24	7-11	20,5-96,0	5-9	10-16	–
	88,7	3,31-3,39	3-4*	1410-1710	–	4-6	–
	95,1	3,14	11,3	168,0-185,0	–	3-4	–
Периклазохромпикотитовые	94,8	3,03	13,6	128,0-130,0	–	3	–
Периклазоцирконохром-шпинелидные	76-80,6	3,23	11-13	55,0-57,5	–	6-11	–
	78,0	3,21	12-13	69,0-80,0	–	5-7	–
	75,6	3,42	3-4*	167,0-235,0	–	3-4	–

С – из спеченного оксида магния; П – из плавленого оксида магния

а окислов железа – в магнезиоферрит. При использовании дунита эта добавка составляет 12-15%, серпентинита – 25-30%. К вредным примесям в сырье для производства форстеритовых огнеупоров относятся окислы кальция и алюминия, поскольку они приводят к образованию легкоплавкого монтичеллита  $CaO \cdot MgO \cdot SiO$  и кордиерита  $2MgO \cdot 2AlO \cdot 5SiO$ . Однако, если глинозем присутствует в виде хромистой шпинели, его содержание не влияет на свойства изделий. Форстеритовые огнеупоры могут с успехом применяться в относительно низкотемпературных 1400-1500°С агрессивных средах тепловых агрегатов, заменив дорогостоящие

периклазовые, периклазохромитовые изделия. Сырьевая база их производства в Казахстане практически неограничена и представлена, в частности, вскрышными породами, крупнокусковыми отходами обогащения и некондиционными хромитовыми рудами, а также шлаками Актюбинского завода ферросплавов (табл. 2).

Ранее Донским ГОК ежегодно производилось 30-32 млн т вскрыши, подавляющая часть которой была представлена серпентинитами. Выход хвостов обогащения составлял 400-430 тыс. т в год, из которых на крупнокусковые (10-100 мм) приходится 100-110 тыс. т, а на шламовые (90-10 мм) – 300-350 тыс. т.

В отвалах накоплено более 500 млн т вскрыши, свыше 1 млн т крупнокусковых хвостов обогащения. В спецотвалах комбината заскладировано около 9 млн т некондиционных разубоженных руд с содержанием более 22% оксида хрома. С увеличением в последнее время доли подземной добычи производство вскрыши сократилось, но возрос выход хвостов обогащения, количество которого, вероятно, составляет 1400-1500 тыс. т, из них 300-400 тыс. т крупнокусковых. В связи с этим необходимо проведение дополнительных исследований перечисленных отходов производства на предмет выявления хромитовой, периклазовой и других составляющих компонентов руд.

6. Для энергетических процессов с применением высоких температур (более 2000°C) необходимы огнеупоры из чистых окислов, содержащие минимальное количество примесей, менее 1%. Такие огнеупоры могут быть получены на основе комбинаций из  $MgO$  и обогащенного кемпирсайского хромшпинелида. Изделия должны иметь не только высокие показатели плотности, но и хорошо выдерживать резкие термические нагрузки. Опыты показали, что на основе указанных материалов могут быть получены огнеупоры с высокими техническими свойствами (табл. 3), что объясняется хорошим развитием прямых связей между основными фазами в структурных элементах изделий и получением фрагментарной структуры.

#### Обсуждение результатов

Такие изделия можно рекомендовать для использования в качестве керамики плазмохимических и металлургических установок [3-6].

Опыты показали, что они являются стойкими в условиях резких перепадов температур от 20°C до 2000°C и характерны относительно небольшим эрозийным износом при 2000°C в потоке ионизированного газа  $0,67-1 \times 10^{-5}$  г/см<sup>2</sup> в секунду.

Даже незначительное повышение примесей на целый порядок снижает удельное электросопротивление периклазовых огнеупоров. Длительный обжиг при высокой температуре способствует повышению плотности структуры, но снижению степени ее фрагментарности, что резко повышает механическую прочность и снижает термическую стойкость изделий.

Показатели прочности и термической стойкости изделий во многом зависят от зернового состава шихты и давления прессования, позволяющих активно влиять на их структуру. Термическая стойкость их повышается при использовании шихты оптимизированного зернового состава.

#### Заключение

Таким образом, для напряженно работающих установок в черной и цветной металлургии, в высокотемпературной энергетике необходимы огнеупоры, характеризующиеся значительным развитием прямых связей между кристаллами минеральных фаз, что достигается применением обогащенных и чистых исходных материалов для их изготовления. Крупной сырьевой базой вышеназванных огнеупоров являются запасы кемпирсайского массива, где кроме хромитов имеются остаточные магнезиты (более 500 млн т) и серпентиниты, проявляющиеся в процессе добычи и переработки руд.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абишева А.К. и др. Исследование прочности периклазовых образцов с кислотами и их солями для получения высокотемпературных материалов. // Труды III Международной межвузовской научно-практической конференции-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения». – Бишкек, 2015 (19-20 мая). – №2(9). – С. 175-177. (на русском языке)
2. Анциферова И.В., Кульметьева В.Б. и др. Механическая активация ультрадисперсных порошков оксида алюминия и свойства корундовой керамики. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – №1. – С. 29-33. (на русском языке)
3. Прохоров И.Ю., Акимов Г.Я. Технология и перспективы катодных электролитов на основе бета-глинозема. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – №1. – С. 17-21.
4. Луханин М.В., Аввакумов Е.Г. и др. Влияние природы алюминийсодержащего соединения и механической активации на синтез муллита на основе каолина. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2006. – №2. – С. 61-64. (на русском языке)
5. Седмале Г.П., Хмелев А.В., Шнерберг И.Э. Влияние дисперсности керамических порошков на свойства муллито- $ZrO_2$  керамики. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2010. – №2. – С. 41-45. (на русском языке)
6. Косенко Н.Ф., Филатов Н.В. Кинетика разложения доломита в микроволновом поле. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2010. – №3. – С. 31-34. (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абишева А.К., т.б. Жогары температуралы материалдарды алу үшін қышқылдар мен олардың тұздары бар периклаз үлгілерінің беріктігін зерттеу. // Халықаралық университет аралық ғылыми-практикалық конференция және студенттер мен жас ғалымдардың «Инновациялық технологиялар және алдыңғы қатарлы шешімдер» ғылыми баяндамаларына конкурс материалдары. – Бішкек, 2015 (19-20 мамыр). – №2(9). – С. 175-177. (орыс тілінде)

2. Анциферова И.В., Кулметьева В.Б. және т.б. Алюминий оксидінің ультрадисперсті ұнтақтарының механикалық активтендірілуі және корунд керамикасының қасиеттері. // Отқатөзімділер және техникалық керамика. – 2008. – №1. – Б. 29-33. (орыс тілінде)
3. Прохоров И.Ю., Акимов Г.Я. Бета-глинозем негізіндегі катодты электролиттердің технологиясы мен болашағы. // Отқатөзімділер және техникалық керамика. – 2008. – №1. – Б. 17-21. (орыс тілінде)
4. Луханин М.В., Аввакумов Е.Г. және т.б. Каолин негізіндегі муллит синтезіне механикалық активация мен алюминий құрамды қосылыстардың табиғаттың әсері. // Отқатөзімділер және техникалық керамика. – 2006. – №2. – Б. 61-64. (орыс тілінде)
5. Седмале Г.П., Хмелев А.В., Шнерберг И.Е. Керамикалық ұнтақтар дисперстілігінің муллито-ZrO<sub>2</sub> керамикасының қасиеттеріне әсері. // Отқатөзімділер және техникалық керамика. – 2010. – №2. – Б. 41-45. (орыс тілінде)
6. Косенко Н.Ф., Филатов Н.В. Микротолқынды өрісте доломиттің ыдырау кинетикасы. // Отқатөзімділер және техникалық керамика. – 2010. – №3. – Б. 31-34. (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Abisheva A.K. et al. Research of strength of periclase samples with acids and their salts for obtaining high temperature materials. // Proceedings of the International interuniversity scientific and practical conference-competition of scientific reports of students and young scientists «Innovative technologies and advanced solutions». – Bishkek, 2015 (19-may 20). – №2(9). – P. 175-177. (in Russian)
2. Antsiferova I.V., Kulmetieva V.B. and others. Mechanical activation of ultrafine aluminum oxide powders and properties of corundum ceramics. // Refractories and technical ceramics. – 2008. – №1. – P. 29-33. (in Russian)
3. Prokhorov I.Yu., Akimov G.Ya. Technology and prospects of cathode electrolytes based on beta-alumina. // Refractories and technical ceramics. – 2008. – №1. – P. 17-21. (in Russian)
4. Lukhanin M.V., Avvakumov E.G. and others. Influence of the nature of the aluminum-containing compound and mechanical activation on the synthesis of kaolin-based mullite. // Refractories and technical ceramics. – 2006. – №2. – P. 61-64. (in Russian)
5. Sedmale G.P., Khmelev A.V., Shnerberg I.E. Influence of dispersion of ceramic powders on the properties of mullite-ZrO<sub>2</sub> ceramics. // Refractories and technical ceramics. – 2010. – №2. – P. 41-45. (in Russian)
6. Kosenko N.F., Filatov N.V. Kinetics of dolomite decomposition in a microwave field. // Refractories and technical ceramics. – 2010. – №3. – P. 31-34. (in Russian)

## Сведения об авторах:

**Абишева А.К.**, канд. хим. наук, доцент, ассистент-профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология» Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (г. Алматы, Казахстан), [abisheva.ak@mail.ru](mailto:abisheva.ak@mail.ru)

**Мельдешов А.А.**, д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология» Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (г. Алматы, Казахстан), [a.meldeshov@mail.ru](mailto:a.meldeshov@mail.ru)

**Бегимбетова А.С.**, PhD, ассистент-профессор кафедры «Инженерная экология и безопасность труда» Алматинского университета энергетики и связи им. Г. Даукеева (г. Алматы, Казахстан), [ainur.begimbetova@mail.ru](mailto:ainur.begimbetova@mail.ru)

## Авторлар туралы мәлімет:

**Абишева А.К.**, химия ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы «Өміртіршілік қауіпсіздігі және экология» кафедрасы ассистент-профессоры (Алматы қ., Қазақстан), [abisheva.ak@mail.ru](mailto:abisheva.ak@mail.ru)

**Мельдешов А.А.**, химия ғылымдарының докторы, М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы «Өміртіршілік қауіпсіздігі және экология» кафедрасы профессоры (Алматы қ., Қазақстан), [a.meldeshov@mail.ru](mailto:a.meldeshov@mail.ru)

**Бегимбетова А.С.**, PhD, Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университетінің «Инженерлік экология және еңбек қауіпсіздігі» кафедрасы ассистент-профессоры (Алматы қ., Қазақстан), [ainur.begimbetova@mail.ru](mailto:ainur.begimbetova@mail.ru)

## Information about the authors:

**Abisheva A.K.**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor at the Department of Life Safety and Ecology of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev (Almaty, Kazakhstan), [abisheva.ak@mail.ru](mailto:abisheva.ak@mail.ru)

**Meldeshov A.A.**, Doctor of Chemical Science, Professor, Head at the Department of Life Safety and Ecology of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev (Almaty, Kazakhstan), [a.meldeshov@mail.ru](mailto:a.meldeshov@mail.ru)

**Begimbetova A.S.**, PhD, Assistant Professor at the Department of Engineering Ecology and Labor Safety of the Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev (Almaty, Kazakhstan), [ainur.begimbetova@mail.ru](mailto:ainur.begimbetova@mail.ru)

Код МРНТИ 52.35.29



Н.А. Дрижд



Р.К. Камаров



Н.М. Замалиев

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Казахстан)

## ВЫДЕЛЕНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ

**Аннотация.** В статье приведены сведения о выделении серосодержащих газов на шахтах Карагандинского угольного бассейна. Приведены организационно-технические мероприятия по снижению концентрации ядовитых газов в шахтной атмосфере и их вредного воздействия на организм человека. Кратко охарактеризованы известные способы и методы борьбы с серосодержащими газами при разработке угольных месторождений. Даны сведения по определению концентрации серосодержащих газов в подготовительных и очистных забоях. Доказаны и обоснованы промышленными испытаниями и внедрениями в шахтных условиях технологии подавления серосодержащих газов с применением хладагентов, газопоглощающих глицериновых, а также газопоглощающих-нейтрализующих гидроксидно-глицериновых, гидроксидно-триэтиленгликолевых составов и подмыльных щелоков.

**Ключевые слова:** угольный пласт, очистной забой, подготовительный забой, шахтный воздух, серосодержащие газы, сероводород, сернистый газ, концентрация газов допустимая, водный раствор.

### Көмір тақталарын қазымдау кезінде күкірті бар газдардың бөлінісі және олармен күресу тәсілдері

**Андапта.** Мақалада Карағанды көмір бассейнінің шақтыларында күкірт құрайтын газдардың бөліністері жөнінде мәліметтер келтірілген. Шақты атмосферасындағы улы газдардың шоғырлануын және олардың адам ағзасына зиянды әсерін төмендетуге арналған ұйымдастырушылық-техникалық шаралар келтірілген. Көмір кен орындарын қазып өндіру кезінде күкірт құрайтын газдармен күрестің белгілі тәсілдері мен әдістері қысқаша сипатталынған. Даярлық және тазартпа кенжарларындағы күкірт құрайтын газдардың жиналымын анықтау бойынша мәліметтер берілген. Салқындатқыштарды, газ сіңіргіш глицеринді, сондай-ақ газ сіңіргіш-бейтараптағыш гидроксидті-глицеринді, гидроксидті-триэтиленгликольді құрамдарды және сабынды сілтілерді қолдана шақтылық жағдайларда өндірістік сынықтарды жүргізе және енгізе күкірт құрайтын газдарды жоюдың технологиялары дәлелденген және негізделген.

**Түйінді сөздер:** көмір тақтасы, тазартпа кенжары, даярлау кенжары, шақты ауасы, күкіртқұрайтын газдар, күкіртті сутегі, күкіртті газ, рұқсаттық газдар жиналымы, су ерітіндісі.

### Release of sulfur-containing gases during coal mining layers and ways to deal with them

**Abstract.** The article provides information about the release of sulfur-containing gases in the mines of the Karaganda coal basin. Organizational and technical measures to reduce the concentration of toxic gases in the mining atmosphere and their harmful effects on the human body are presented. The known methods and methods for dealing with sulfur-containing gases in the development of coal deposits are briefly described. Information is given on determining the concentration of sulfur-containing gases in the preparation and treatment faces. Proved and justified by industrial tests and implementations in the mine conditions of the technology of suppression of sulfur-containing gases using refrigerants, gas-absorbing glycerine, hydroxide-glycerine, hydroxide-triethylene glycol compositions and sub-soap lye.

**Key words:** coal seam, treatment face, preparation face, mine air, sulfur-containing gases, hydrogen sulfide, sulfur dioxide, permissible gas concentration, water solution, industrial test.

### Постановка проблемы

В шахтах Карагандинского бассейна при отработке угольных пластов, помимо метана, наблюдаются случаи интенсивного выделения сероводорода и сернистого газа. При отработке выемочного участка содержание метана составляет от 25 м<sup>3</sup>/т до 38 м<sup>3</sup>/т. В этом случае во всех выемочных участках применяется дегазация. Перед дегазационными работами осуществляется извлечение метана из неразгруженного угольного пласта [1].

На угольных пластах в первую очередь отрабатывается метановая зона [2], а во вторую – сероводородная. Отметку сероводородной зоны

на выемочном участке осуществляют работники участка вентиляции и техники безопасности (ВТБ).

Серосодержащие газы интенсивно выделяются в очистных и подготовительных забоях из отбитой и транспортируемой горной массы со значительными колебаниями газовой выделения в различных точках. Характерно то, что на некоторых участках выделение сероводорода имело временный характер, а на отдельных шахтах длительное время продолжалось обильное выделение сероводорода при отработке как по падению, так и по простиранию пластов. Так, например, на шахте им. В.И. Ленина Тентекского района при отработке

пласта д<sub>6</sub> длинными столбами по падению (столб №2) при добыче из лавы 500-1000 т угля в сутки отмечалось выделение сероводорода на глубине горных работ 150-180 м. При последующей отработке выемочного поля проявление сероводорода имело место на расстоянии 1000 м по простиранию от столба №2. Здесь при высокой концентрации горных работ содержание H<sub>2</sub>S в отдельные периоды превышало допустимые нормы в 20-30 раз.

Следует отметить, что шахта им. В.И. Ленина – первая, на которой возник вопрос о необходимости борьбы с серосодержащими газами в Карагандинском бассейне.

Общая мощность пласта  $d_6$  на шахтном поле 4,7-6,3 м. Он имеет сложное строение. Здесь отмечается до 8 пропластков аргиллита и угольного аргиллита. Уголь пласта характеризуется следующими показателями, %: зольность – 24,7; выход летучих компонентов – 26,6; рабочая влажность – 6,3; содержание серы – 1,1. Кровля пласта представлена песчаником и алевролитом.

На шахте выделение серосодержащих газов наблюдалось в подготовительных выработках пласта  $d_6$  при вскрытии второго горизонта восточного крыла. По данным замеров экспресс-методом с помощью химического газоопределителя ГХ-4 содержание сероводорода во время интенсивной работы проходческого комбайна превышало санитарные нормы в 10-12 раз.

Службой безопасности шахты выявлено резкое различие в значениях содержания сероводорода  $H_2S$  и сернистого газа  $SO_2$  между отдельными лавами. Так, например, во второй экспериментальной лаве пласта  $d_6$  максимальные значения содержания  $H_2S$  и  $SO_2$  составляли соответственно 100 мг/м<sup>3</sup> и 200 мг/м<sup>3</sup> (превышение допустимых норм в 10-20 раз), а во второй восточной лаве этого же пласта (панель №7 – на шахте столбы называют панелями) допустимые нормы по  $H_2S$  превышены в 33 раза, а по  $SO_2$  – в 40 раз.

#### **Выделение нерешенной проблемы**

В последующие годы в других панелях по верхнему и нижнему слоям также встречались локальные очаги скопления серосодержащих газов с различной степенью интенсивности газовой выделению в шахтную атмосферу. Весьма интенсивное выделение серосодержащих газов наблюдалось на шахте «Казахстанская» при отработке пласта  $d_6$  в восточной части шахтного поля. Пласт на восточном поле имеет общую мощность 4,5-5,5 м. Угли пласта средней крепости, склонны к самовозгоранию; угольная пыль взрывоопасна; угли характеризуются следующими показателями, %: зольность угля – 27,3; выход летучих компонентов – 28; рабочая влажность – 7,6; содержание серы –

0,73. Система разработки длинными столбами по простиранию; угол падения пласта – 16-22°; гипсометрия пласта невыдержанная; выемочный участок пересекает шесть геологических нарушений типа сбросов и взбросов с амплитудой смещения 0,15-2,5 м; гидрогеологические условия несложные, лишь на отдельных участках из кровли просачивается вода.

На шахте проявление сероводорода наблюдалось во время проведения восточного конвейерного штрека по пласту  $d_6$ . Полоса с проявлениями сероводорода зафиксирована на расстоянии 200-300 м по простиранию пласта. При работе комбайна содержание сероводорода достигало величины, превышающей допустимые нормы в 10 раз.

Зона серосодержащих газов, зафиксированная по данным шахтных наблюдений в период проходки и установленная в последующем при ведении очистных работ, занимает большую площадь на восточном крыле шахты. Здесь за время отработки крыла во всех лавах наблюдалась интенсивная отдача сероводорода из пласта, причем участки выемочных полей с выделением этих газов имели различные размеры по простиранию. Наибольшей газообильностью отличалась восточная лава №3 пласта  $d_6$ . Выделение  $H_2S$  и  $SO_2$  в данной лаве продолжалось в течение одного месяца с различной интенсивностью. В лаве №3 обильное газовыделение серосодержащих газов наблюдалось сравнительно недавно, когда лава отошла от монтажной камеры на 180 м.

#### **Анализ последних исследований**

Экспериментально установлено, что выделению сероводорода, а в частных случаях и сернистого газа сопутствует высокая степень механизации и интенсификации горных работ. Комплексно-механизированные лавы, где наблюдалось проявление серосодержащих газов, оборудованы механизированными комплексами с плановой добычей не менее 1000 т/сут. Поэтому наличие ядовитых газов наряду с ухудшением санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих

приводило к остановкам лав, нарушало ритмичность их работы, что осложняло процесс добычи угля.

В основном, случаи проявления серосодержащих газов в Карагандинском бассейне наблюдаются до глубины горных работ не более 220-250 м. Однако имели место случаи на шахтах «Шахтинская» и «Казахстанская», когда содержание этих газов в пласте отмечалось на глубинах 320 м и 476 м соответственно. Обычно серосодержащие газы встречаются в пласте в виде «гнезд» с размерами в плоскости пласта от 150 м до 600 м. Сероводород и сернистый газ в угольных пластах находятся в основном в сорбированном состоянии.

По токсичности и вредному воздействию на организм человека наиболее опасны серосодержащие газы (сероводород и сернистый газ), предельно допустимые концентрации (ПДК) которых в рудничном воздухе строго регламентированы действующими правилами безопасности. Выделение ядовитых газов наряду с ухудшением санитарно-гигиенических условий труда приводит к остановке лав, нарушению ритмичности их работы, а это, в свою очередь, усложняет процесс добычи угля.

Газовыми съемками установлено, что появление серосодержащих газов в очистном и подготовительном забоях связано с выемкой угля, доставкой и транспортировкой его по участковым выработкам, зачисткой почвы от недопогруженной массы угля. Проявления серосодержащих газов имеют локальный характер с ограниченными размерами по падению и простиранию угольных пластов.

#### **Выделение части общей проблемы, не решенной ранее**

При отработке выемочного участка лавы 264- $d_6$ -1В шахты «Казахстанская» было обнаружено интенсивное выделение сероводорода из отбиваемого и транспортируемого угля на поверхность. Как показали наблюдения, особенно интенсивное выделение сероводорода наблюдалось при отходе лавы пласта  $d_6$  от восточной монтажной камеры на 380 м. Содержание сероводорода в данный момент в шахтной

атмосфере превышало допустимые Правилами безопасности нормы в 40 раз и более, достигая  $400 \text{ мг/м}^3$ , или 0,264% по объему.

Самое высокое содержание сероводорода было обнаружено при проходке конвейерного промштрека 134-д<sub>6</sub>-2В. Концентрация его в шахтной атмосфере составляла  $1000 \text{ мг/м}^3$ , или 0,066% по объему (выше санитарных норм в 100 раз).

При проходке конвейерного промштрека 284-д<sub>6</sub>-1В было обнаружено выделение сероводорода из отбываемого угля. Протяженность сероводородной зоны составляла 150 м. Здесь его концентрация изменялась от 0,5 до 25 норм, т. е. превышала в 25 раз допустимое значение.

С января 2013 г. по февраль 2014 г. в двух действующих лавах и в забое вентиляционного промштрека было зафиксировано аномально высокое содержание сероводорода. Концентрация превышала допустимые нормы в 20-100 раз.

На шахте «Тентекская» выделение сероводорода наблюдалось из пласта д<sub>6</sub> в лаве с суточной нагрузкой 500-1000 т. Мощность пласта – 5,6 м, угол падения – 7°, зольность – 17,2%, выход летучих – 22,45%, естественная влажность угля – 2,5%, содержание пирита в угле – 0,6-2,3%.

Выемка угля на шахте проводится в два слоя: вначале вынимается верхний слой мощностью 2,2 м, а затем нижний – 2,5 м.

Впервые выделения сероводорода на шахте «Тентекская» были обнаружены в октябре 2007 г. во время проходки рельсовых и конвейерных ходков. Основное количество газа выделялось во время работы комбайна ПК-3.

В сентябре 2012 г. началась выемка верхнего слоя пласта д<sub>6</sub> комплексом ОМКТМ по падению пласта. Далее комплекс вошел в зону с повышенным содержанием сероводорода. Несмотря на то, что в лаву подавалось 900-1000 м<sup>3</sup>/мин воздуха, во время интенсивной работы комбайна

КШ-1КГ содержание сероводорода превышало допустимую норму и комбайн приходилось останавливать.

На шахте «Шахтинская» аномально высокое содержание сероводорода наблюдалось с октября 2010 г. по февраль 2011 г. при отработке выемочного участка лавы 316-д<sub>6</sub>-10. Концентрация сероводорода превышала допустимые нормы в 40-100 раз.

На шахте «Степная» (пласт д<sub>6</sub>) зоны с выделением серосодержащих газов (с превышением ПДК в 10-20 раз) занимали незначительные площади в пределах выемочных полей. Кратковременное проявление с малой интенсивностью (превышение ПДК в 2-3 раза) наблюдалось на шахтах «Чурубай-Нурунская», «Абайская», им. М.И. Калинина при выемке пласта к<sub>10</sub> и на шахте «Топарская» при выемке пласта к<sub>16-17</sub>. На этих шахтах очистные работы велись без особых затруднений.

На Промышленном участке выделение серосодержащих газов наблюдалось на шахте им. Т. Куземаева в западных лавах третьего горизонта по верхним и нижним слоям пласта к<sub>12</sub> (превышение санитарных норм в 10 раз).

Особую опасность по ядовитым серосодержащим газам представляют собой четыре шахты в Карагандинском бассейне: «Казахстанская», «Тентекская», «Шахтинская» и им. В.И. Ленина. Максимальная газоносность пласта д<sub>6</sub> на этих шахтах достигает 0,23-0,41 м<sup>3</sup>/т угля. Максимальное выделение<sup>1</sup>  $H_2S$  превышает предельно допустимую концентрацию по этим шахтам в 30-120 раз. Принято считать, что в очистном забое через 5-7 мин после остановки комбайна выделение сероводорода вообще прекращается. Однако результаты газовых съемок на шахте «Казахстанская» по пласту д<sub>6</sub> показали, что при непрерывном транспортировании угля выделение сероводорода в шахтную атмосферу прекращается через 25-30 мин. Так, концентрация

в наблюдаемом очистном забое за указанное время составила 0,5 нормы при исходной концентрации сероводорода 50-100 норм и режиме добычи 900-1400 т/сут.

#### Формулирование цели работы

Обеспечение безопасности работ на основе разработки способов борьбы с серосодержащими газами при ведении очистных и подготовительных работ осуществляются при превышении концентрации сероводорода и сернистого газа относительно допустимых норм в 10 и более раз. С целью создания безопасных условий труда на шахтах Карагандинского бассейна опробованы известные способы:

- разбавление газов до ПДК средствами вентиляции;
- нейтрализация их в местах отбойки распылением растворов кальцинированной соды со смачивателем ДБ;
- нейтрализация их в местах отбойки распылением растворов гидрата окиси кальция (гашеной извести);
- покрытие отбитого и транспортируемого угля пеной с добавкой технической соды;
- создание водяных завес и т. д.

Использование их не дало положительных результатов ввиду больших объемов выделяющихся газов.

В связи с этим необходимо было изыскать и разработать новые, более эффективные способы борьбы с серосодержащими газами для обеспечения высокопроизводительной работы современных механизированных комплексов.

По результатам проведенных исследований в шахтных и лабораторных условиях предложены способы и составы для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, основанные на их нейтрализации и поглощении путем распыления (в зонах выделения ядовитых газов) водных растворов глицерина<sup>2</sup> (5-10%); гидрата окиси щелочного металла (0,1-0,2%) с триэтиленгликолем<sup>3</sup> (0,5-1,0%);

<sup>1</sup>Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Исабек Т.К., Портнов В.С. Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при ведении подземных горных работ: монография. – Караганда: КарГТУ, 2013. – 186 с.

<sup>2</sup>Адилов К.Н., Дрижд Н.А., Джакупов А.А., Камаров Р.К. и др. Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов. / Авторское свидетельство СССР №1138516. – кл. Е 21 F 5/06. – 1985. – Бюл. №5.

<sup>3</sup>Сагинов А.С., Квон С.С., Адилов К.Н., Камаров Р.К. и др. Состав для обработки газоносных горных пород, содержащих сероводород. / Авторское свидетельство СССР №1199949. – кл. Е 21 F 5/06. – 1985. – Бюл. №47.



предварительная обработка угольного массива жидким азотом путем нагнетания его в скважины и последующая обработка угля путем распыления водного раствора глицерина в концентрации<sup>4</sup> 0,8-1,0%; глицерина (0,5-3,0%) с гидроксидом щелочного металла<sup>5</sup> (0,1-0,2%), жирной кислоты (0,5-1,0%), едкого натрия (0,1-0,3%), углекислого натрия (0,1-1,0), хлористого натрия (11-12%) и воды<sup>6</sup>.

В шахтных условиях для подачи глицерина в оросительную систему комбайна применен дозатор смачивателя ДСУ-4, предназначенный ранее для автоматической добавки смачивателя ДБ к воде, используемой для смачивания пыли (рис. 1).

Дозатор представляет собой герметичный резервуар, в который через сетчатый фильтр заливается 98%-й глицерин. В шахте дозатор подсоединяется к участковому оросительному водопроводу при помощи резьбового соединения. Поток воды создает перепад давления у сопла, вследствие чего вода поступает в резервуар, вытесняя из него глицерин. Дозировка глицерина определяется размером отверстия сменной насадки. Сменная насадка с диаметром отверстия 8 мм обеспечивает дозировку глицерина 0,8-1,0%. При изменении расхода воды подпружиненный поплавок перемещается таким образом, что сохраняется определенный перепад давления воды, благодаря чему осуществляется точность дозировки глицерина при колебаниях расхода воды в широких пределах. Для контроля за уровнем глицерина резервуар дозатора снабжен пробковыми кранами.

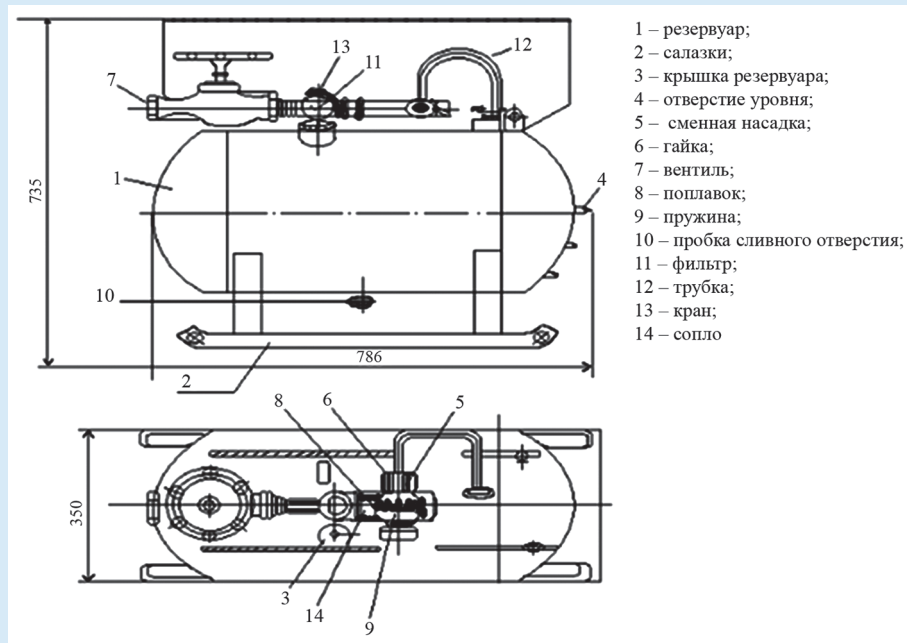
Во время работы комбайна по сероводородной зоне дозированный глицерин подается на форсунки, установленные на комбайне. При распылении раствора в атмосфере выработки и особенно в зоне работы режущих органов комбайна наряду с подавлением угольной

пыли происходит взаимодействие молекул сероводорода или сернистого газа с тонкодиспергированными каплями реагента, в результате чего молекулы газов адсорбируются глицерином.

Промышленные испытания и установление рациональных параметров способа обработки угольного массива и отбитого угля водным раствором глицерина в зонах с высоким содержанием сероводорода произведены на шахте «Казахстанская» ПО «Карагандауголь» при отработке восточной лавы 134-д<sub>6</sub>-2В. Протяженность сероводородной зоны составила 440-550 м. Содержание сероводорода в забое лавы 134-д<sub>6</sub>-2В превышало допустимые Правилами безопасности нормы в 70-100 и более раз. Применение водного раствора глицерина в местах интенсивной очистной выемки угля позволило снизить содержание сероводорода в 7-9 раз, что способствовало улучшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих<sup>1</sup>, увеличению нагрузки на лаву в 2,5 раза.

Основные преимущества способа очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающего распыление в зоне выделения газов водного раствора глицерина в концентрации 5-10 %, адсорбирующего серосодержащие газы: нетоксичность используемого реагента, простая технология его применения и недефицитность. Например, глицерин (сырой технический) – отход производства и выпускается заводом синтетических моющих средств (СМС) в г. Шахтинске Карагандинской области.

Для снижения концентрации сероводорода и сернистого газа на рабочих местах разработан способ борьбы с серосодержащими газами при ведении очистных работ в угольных шахтах, включающий предварительную обработку угольного массива жидким азотом путем нагнетания его в скважины и последующую обработку угля путем распыления водного раствора глицерина в концентрации<sup>4</sup> 0,8-1,0%. Способ опробован на шахте «Казахстанская» при отработке



**Рис. 1. Дозатор смачивателя участкового ДСУ-4.  
Сурет 1. Учаскелік суланғыштық мөлшерөлшеуіш УСМ-4.  
Figure 1. The dispenser shaft of the district DSD-4.**

<sup>4</sup>Адиллов К.Н., Квон С.С., Камаров Р.К. и др. Способ борьбы с серосодержащими газами при ведении очистных работ в угольных шахтах. / Авторское свидетельство СССР №1257231. – кл. Е 21 F 5/00. – 1986. – Бюл. №34.

<sup>5</sup>Адиллов К.Н., Баймухаметов С.С., Камаров Р.К. и др. Состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов. / Авторское свидетельство СССР №1273598. – кл. Е 21 F 5/06. – 1986. – Бюл. №44.

<sup>6</sup>Адиллов К.Н., Камаров Р.К., Оленченко П.П. и др. Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов. / Инновационный патент №211194. – кл. Е 21 F 5/06. – 2009. – Бюл. №5.

выемочного участка лавы 264-д<sub>6</sub>-1В. Объемная доля сероводорода на рабочих местах при отсутствии мероприятий превышала допустимые нормами безопасности нормы в 43 раза, достигая 0,0284%.

Для предотвращения интенсивного выделения сероводорода из отбываемого и транспортируемого угля были проведены следующие работы. С вентиляционного промштрека по падению пласта в сторону конвейерного промштрека пробуривали глухие скважины длиной 80 м впереди и параллельно очистному забою для нагнетания хладагента. Диаметр скважины составлял 90 мм. Расстояние между скважинами для закачки хладагента<sup>4</sup> составляло 3-4 м. Затем в пробуренные скважины производили закачку жидкого азота. Закачку хладагента осуществляли самотеком с помощью металлической воронки. Процесс охлаждения угольного массива продолжался 2 ч 35 мин, в течение которых было израсходовано 650 кг жидкого азота. По мере приближения линии очистного забоя к обработанной азотом зоне на 1,5-2 м жидкий азот заливали в следующую скважину. При этом измеряли необходимое количество хладагента, радиус его распространения при выемке очередной полосы угля, температуру угольного массива и глубину проникновения хладагента в угольный массив. После закачки хладагента в скважину вставляли деревянные пробки.

Экспериментальным исследованием низкотемпературного воздействия на пласт установлено, что жидкий азот обладает свойствами проницаемости по трещинам и порам угольного массива.

Благодаря низкой температуре кипения жидкого азота (-196°С) перепад температур между угольным массивом и хладагентом составляет около 215°С, что позволяет получить значительный эффект от охлаждения, достигаемый в результате кипения жидкости в скважине.

На шахте «Казахстанская» зону проникновения и радиус распространения жидкого азота в угольный массив устанавливали по характерному белому налету (инею),

обнаруженному по свежееобнаженной плоскости забоя. Максимальная зона проникновения жидкого азота в угольный массив 3,5-4,0 м, а радиус распространения жидкого азота вокруг скважины 1,5-2,0 м.

Максимальное снижение температуры угольного массива (до -37...-41°С) наблюдалось вокруг скважины. При радиусе распространения жидкого азота 1,5-2,0 м температура угля снизилась на -7...-14°С.

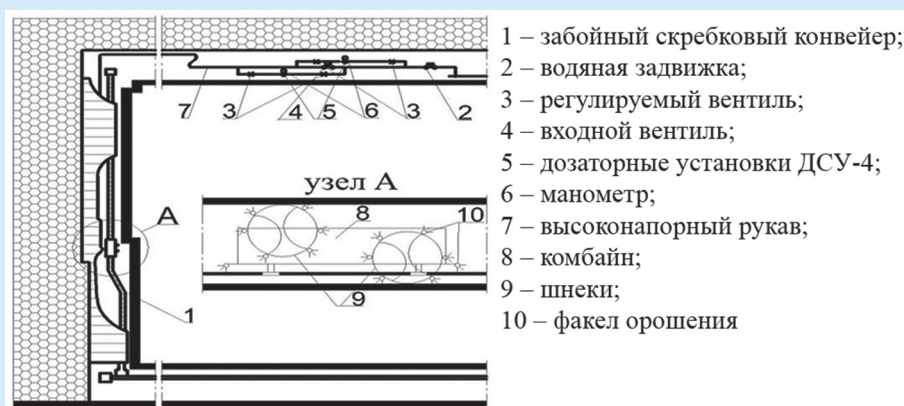
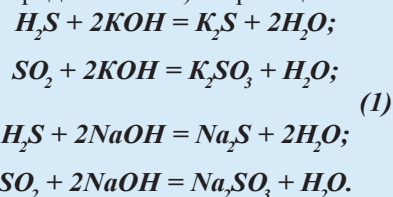
При приближении линии очистного забоя к скважине в зоне ее расположения массив растрескивается, образуются отдельные куски, ограниченные трещинами. По поверхности их из скважин обволакивает жидкий азот, в результате испарения которого массив охлаждается. При подвигании очистного забоя по охлажденному участку концентрация сероводорода снизилась с 430 мг/м<sup>3</sup> до 70-90 мг/м<sup>3</sup>.

Для снижения концентрации серосодержащих газов в шахтной атмосфере до санитарных требований проводили дополнительную обработку отбываемого угля распыленным водным раствором глицерина в концентрации 0,8-1,0%. Подачу глицерина в оросительную систему комбайна осуществлял дозатор смазочивателя ДСУ-4.

Состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий водный раствор глицерина (0,5-3,0%) с гидроксидом щелочного металла<sup>5</sup> (0,1-0,2%),

внедрен на шахте «Казахстанская» при отработке лав<sup>1</sup> 254-д<sub>6</sub>-2В и 284-д<sub>6</sub>-1В. Содержание сероводорода в забое лав 254-д<sub>6</sub>-2В и 284-д<sub>6</sub>-1В превышало допустимые Правилами безопасности нормы в 30-100 и более раз. Повышенное содержание сероводорода – ядовитого газа в рудничном воздухе – привело к значительному снижению производительности труда вследствие ухудшения общефизического и психологического состояния горнорабочих, а также к частым остановкам комбайна и потере добычи угля. Растворы глицерина с едким натрием подавались в зону резания угля, являющуюся наиболее интенсивным источником выделения ядовитых газов (сероводорода и сернистого газа). Подача раствора осуществлялась с помощью дозирующего устройства ДСУ-4 через систему орошения очистного комбайна 1ГШ-68 (рис. 2).

Эффективность предлагаемого состава определяется сочетанием двух процессов: физического (адсорбция глицерином серосодержащих газов), а также химического (связывания их катионами гидроксида калия или натрия до образования средних солей) по реакциям:



**Рис. 2. Принципиальная схема установки для нейтрализации серосодержащих газов в очистном забое.**

**Сурет 2. Тазартпа кенжарда күкірті бар газдарды бейтараптандыруға арналған қондырғының принципті тәсімі.**

**Figure 2. Schematic diagram of the installation for neutralization of sulfur-containing gases in the treatment face.**

Концентрация сероводорода определялась в различных пунктах: по длине лавы (по зарубке угля перед комбайном, по зачистке угля за комбайном), в выработках с исходящей струей воздуха из лавы, а также в выработках с поступающей струей. Одновременно замерялось количество воздуха, проходящего по сечению лавы. Концентрация  $H_2S$  определялась как при неработающем комбайне, так и во время его работы.

Общий расход двухкомпонентного раствора рассчитывается по формуле:

$$M_p = \frac{K_{H_2S} \times Q_v \times C_\phi \times \gamma}{\rho_1 + \rho_2}, \text{ кг/мин, (2)}$$

где  $K_{H_2S}$  – расход  $C_3H_8O_3$  для подавления  $H_2S$  с учетом запаса, равный 4,5, т. е. на единицу массы сероводорода требуется 4,5 единиц  $C_3H_8O_3$ ;

$Q_v$  – количество воздуха, проходящего по лаве, м<sup>3</sup>/мин;

$C_\phi$  – фактическая концентрация сероводорода, % по объему;

$\gamma$  – плотность сероводорода, равная 1,539, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_1$  и  $\rho_2$  – концентрация  $C_3H_8O_3$  и  $KOH$  или  $NaOH$  в растворе, %.

Величина  $K_{H_2S}$  при использовании однокомпонентного раствора принимается равной 25, а при применении двухкомпонентного раствора – 4,5. Применение водного раствора глицерина в концентрации 0,8-1,0%, едкого натрия (0,1%) в местах интенсивного выделения ядовитых газов позволило снизить содержание сероводорода на рабочих местах в 10-14 раз,

обеспечить высокую скорость подачи комбайна и интенсивную выемку угля в очистном забое, что способствовало улучшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих, увеличению нагрузки на лаву<sup>1,5</sup> в 1,8-2,5 раза [3, 4].

Эффективность нейтрализации серосодержащих газов зависит от системы орошения, установленной на комбайне, типовой оросительной системы, пневмогидроорошения, эжекционного орошения.

Наиболее эффективным является метод подавления пыли, окружающей оболочкой из серосодержащего газа и выделяющегося из массива газа непосредственно в момент отделения угля от массива, поэтому на выемочных комбайнах подача орошающего раствора в зону разрушения угля через систему разводки в шнеках является обязательной. В проходческих забоях при проведении выработок через массив пласта, содержащий сероводород, желателен применение комбайнов типа ГПКС и КСП-32 с подачей орошающей жидкости «под-зубок» непосредственно в зону разрушения угля. Кроме того, эти комбайны должны иметь форсунки внешнего орошения, установленные на коллекторе.

При применении комбайнов типа ГПКС и КСП-32 желателен использовать системы пневмогидроорошения и эжекционного орошения, создающие вокруг коронки исполнительного органа сплошную

замкнутую завесу из тонкодиспергированной воды.

При применении пневмогидроорошения необходимо обеспечить подачу сжатого воздуха к комбайну под давлением 0,3-0,5 МПа в количестве 2-3 м<sup>3</sup>/мин. На комбайне должна быть установлена аппаратура АУПГО для регулирования давления и соотношения сжатого воздуха и воды, смеситель и плотная завеса, работающая на воде под давлением 1,0-1,2 МПа со стороны комбайна на исходящей струе воздуха.

### Заключение

Применение перечисленных мер в комплексе приведет к значительному снижению содержания сероводорода и сернистого газа в шахтных выработках, созданию безопасных условий труда горняков, достижению высоких технико-экономических показателей работы механизированных комплексов в неблагоприятных условиях.

Актуальность этих мероприятий заключается в том, что они позволяют надежно снизить содержание серосодержащих газов при разработке угольных пластов до предельно допустимой концентрации.

Разработанные экологически чистые технологии подавления серосодержащих газов при подземных горных работах достаточно просты, удобны для практического применения, экономически эффективны, обеспечивают чистоту шахтной атмосферы и окружающей среды.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Ахматнуров Д.Р., Замалиев Н.М. Метан угольных пластов Карагандинского бассейна в газовом балансе Республики Казахстан: статус и перспективы. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Днепр, 2017. – №1. – С. 12-20. (на английском языке)
2. Камаров Р.К., Замалиев Н.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин З.А. Определение объема и местоположения газосборников заброшенных угольных шахт. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Днепр, 2018. – №2. – С. 5-11. (на английском языке)
3. Камаров Р.К., Турсунбаев А.К., Толеубекова Ж.З., Раскельдинов А.И. Параметры технологии подавления серосодержащих газов с использованием физико-химических методов. // Труды X Международной выставки и научного конгресса «Интерэкспо Гео-Сибирь – 2014». – Новосибирск: СГГА, 2014 (8-18 апреля). – Т. 4. – С. 3-10. (на русском языке)
4. Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Даулетжанова Ж.Т. Эффективность применения антипирогенных материалов для покрытия угля и кокса. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Днепр, 2019. – №6. – С. 112-116. (на английском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Ахматнуров Д.Р., Замалиев Н.М. Қарағанды көмір бассейні балансында керует газ метан Қазақстан Республикасы: мәртебесі мен келешегі. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми жаршысы. – Днепр, 2017. – №1. – Б. 12-20. (ағылшын тілінде)
2. Камаров Р.К., Замалиев Н.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин З.А. Көмір Шахталарының коллекционерлер үнділік және орнын тастап кеткен газ реттеу. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми жаршысы. – Днепр, 2018. – №2. – Б. 5-11. (ағылшын тілінде)
3. Қамаров Р.Қ., Тұрсынбаев А.К., Төлеубекова Ж.З., Раскельдинов А.И. Физика-химиялық әдістерді қолдана отыра күкірті бар газдарды басу технологиясының шамашарттары. // «Интерэкспо Гео-Сибирь – 2014» X Халықаралық көрмесі мен ғылыми конгресінің еңбектері. – Новосибирск: СГГА, 2014 (8-18 сәуір). – Т. 4. – Б. 3-10. (орыс тілінде)
4. Дрижд Н.А., Дәулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Дәулетжанова Ж.Т. Антигрозгенді материалдарды көмір мен коксты жабуға қолданудың тиімділігі. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми жаршысы. – Днепр, 2019. – №6. – Б. 112-116. (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Ahmatnurov D.R., Zamaliyev N.M. Coal bed methane Karaganda basin in the gas balance Republic of Kazakhstan: status and prospects. // Scientific Bulletin of the National Mining University. – Dnepr, 2017. – №1. – P. 12-20. (in English)
2. Kamarov R.K., Zamaliyev N.M., Ahmatnurov D.R., Musin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. // Scientific Bulletin of the National Mining University. – Dnepr, 2018. – №2. – P. 5-11. (in English)
3. Kamarov R.K., Tursunbayev A.K., Toleubekova Zh.Z., Raskeldinov A.I. Parameters of the technology of suppression of sulfur-containing gases using physical and chemical methods. // Proceedings of the X International exhibition and scientific Congress «Interexpo Geo-Siberia – 2014». – Novosibirsk: SGGA, 2014 (April 8-18). – Vol. 4. – P. 3-10. (in Russian)
4. Drizhd N.A., Dauletzhanov A.Zh., Zamaliyev N.M., Dauletzhanova Zh.T. Efficiency of application of antipyrogenic materials for coating coals and coke. // Scientific Bulletin of the National Mining University. – Dnepr, 2019. – №6. – P. 112-116. (in English)

## Сведения об авторах:

**Дрижд Н.А.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [n\\_drizhd@mail.ru](mailto:n_drizhd@mail.ru)

**Камаров Р.К.**, канд. техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [ipk@kstu.kz](mailto:ipk@kstu.kz)

**Замалиев Н.М.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [nailzamaliev@mail.ru](mailto:nailzamaliev@mail.ru)

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Дрижд Н.А.**, техника ғылымдарының докторы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), [n\\_drizhd@mail.ru](mailto:n_drizhd@mail.ru)

**Камаров Р.К.**, техника ғылымдарының кандидаты, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), [ipk@kstu.kz](mailto:ipk@kstu.kz)

**Замалиев Н.М.**, PhD, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), [nailzamaliev@mail.ru](mailto:nailzamaliev@mail.ru)

## Information about authors:

**Drizhd N.A.**, Doctor of Technical Science, Professor at the Department «Development of mineral deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [n\\_drizhd@mail.ru](mailto:n_drizhd@mail.ru)

**Kamarov R.K.**, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of mineral deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [ipk@kstu.kz](mailto:ipk@kstu.kz)

**Zamaliyev N.M.**, PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of mineral deposits» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [nailzamaliev@mail.ru](mailto:nailzamaliev@mail.ru)

Код МРНТИ 52.39.01:67.09.05

Д.О. Байджанов, А.А. Бек

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Казахстан)

## «ЗЕЛЕНАЯ» ЭКОНОМИКА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные тенденции развития «зеленой» экономики в мире и Концепция перехода к ней нашего государства. Показано, что «зеленая» экономика способствует устойчивому развитию страны. Рассмотрена проблема образования отходов производств, пути их утилизации и использования их для изготовления строительных материалов, в том числе для упрочнения трещиноватых горных пород прибортовых массивов. Утилизация отходов горно-металлургического комплекса позволяет снизить техногенную нагрузку на окружающую среду и обеспечить рациональное использование вторичного сырья. Приведены предварительные результаты работ по ресурсосбережению и разработке новых технологий по переработке техногенных отходов с получением товарной продукции.

**Ключевые слова:** отходы производства, горно-металлургический комплекс, вредное воздействие, окружающая среда, ресурсосбережение, утилизация, измельчение, активация, укрепление, заполнитель, строительные материалы, зеленая экономика.

### Құрылыс материалдарындағы «жасыл» экономика

**Андатпа.** Мақалада әлемдегі «жасыл» экономиканың дамуының негізгі тенденциялары және біздің мемлекетіміздің осы экономикаға көшу тұжырымдамасы туралы мәселе қарастырылған. «Жасыл» экономика елдің орнықты дамуына ықпал ететіндігі көрсетілген. Өндіріс қалдықтарының пайдалану болуы, оларды кәдеге жарату және пайдалану жолдары және құрылыс материалдарын дайындау, оның ішінде борт маңы массивтерінің жарылған тау жыныстарын нығайту мәселесі қаралды. Тау-кен металлургия кешені қалдықтарын кәдеге жарату қоршаған ортаға техногендік жүктемені төмендетуге және қайталама шикізатты ұтымды пайдалануды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Тауарлық өнімді ала отырып, техногендік қалдықтарды қайта өңдеу бойынша ресурсты сақтау және жаңа технологияларды әзірлеу жөніндегі жұмыстардың алдын ала нәтижелері шығарылды.

**Түйінді сөздер:** өндіріс қалдықтары, тау-кен металлургия кешені, кері әсері, қоршаған орта, ресурстарды үнемдеу, іске асыру, ұнтақтау, жылдамдату, беріктеу, толтырмалау, құрылыс материалдары, жасыл экономика.

### «Green» economy in building materials

**Abstract.** The article discusses the main trends in the development of a green economy in the world and on the Concept of the transition of our state to this economy. It is shown that the green economy contributes to the sustainable development of the country. The problem of production waste generation, ways of their disposal and use of their construction materials utilization, including for hardening fractured rocks of instrument massifs, is considered. Utilization of mining and metallurgical complex waste allows to reduce the technogenic load on the environment and ensure the rational use of secondary raw materials. The preliminary results of work on resource conservation and the development of new technologies for the processing of industrial waste to produce marketable products have been summed up.

**Key words:** industrial waste, mining and metallurgical complex, harmful effects, environment, resource conservation, recycling, grinding, strengthening, activation, aggregate, building materials, green economy.

### Введение

Для разработки и реализации эффективных природоохранных мероприятий по обращению с отходами необходимо иметь достоверную информацию о их воздействии на природные экосистемы: поверхностные, подземные воды, воздушную среду и нарушенность земель в отраслевом масштабе при возрастающем объеме производства. Обобщенные материалы позволят получить объективную информацию о состоянии экосистем в исследуемом регионе и наметить приоритетные природоохранные мероприятия, внедрение которых будет способствовать снижению вредного воздействия на окружающую среду. В результате общей мировой тенденции потребительского отношения к природе и ко всем ее ресурсам, мы получаем немалое количество негативных последствий (загрязнение почвы, воды и воздуха, истощение многих невосполнимых природных ископаемых, глобальные изменения климата, утрата биоразнообразия). Становится очевидно, что переход к новой модели экономики неизбежен в силу сложившейся экологической ситуации. Проведя мониторинг и оценив ситуацию, многие развитые страны встают на путь «зеленой» экономики, разрабатывая «Концепцию по переходу государства к «зеленой» экономике», которая в основе своей поднимает вопросы

эффективного использования природных ресурсов и утилизации промышленных отходов<sup>1</sup>.

### Методы исследования

На территории республики, по данным Государственного кадастра, в отвалах, хвостохранилищах и накопителях предприятий горнопромышленного производства заскладировано около 30 млрд т промышленных отходов, в том числе: 72% – отвальные породы вскрыши и некондиционных руд; 20% – отвальные хвосты обогащения; 8% – прочие отходы. Они занимают огромные территории (более 150 км<sup>2</sup>), легко сдуваются и являются источником повышенного экологического риска для регионов горно-металлургического комплекса (ГМК). Ежегодно количество промышленных отходов возрастает приблизительно на 1,5 млрд т, в то же время, уровень использования их в настоящее время является низким<sup>2</sup> [1]. Это связано с тем, что отраслевое деление ответственности за производимые отходы не позволяет создать достаточно эффективную систему комплексного обращения с отходами производства, обеспечивающую максимально возможное использование промышленных отходов в качестве дополнительных материалов.

По данным органов Государственного контроля и надзора за природными ресурсами доля используемых

<sup>1</sup>Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». – Астана, 2013.

<sup>2</sup>Естемесов З.А., Бек Ш.Ш. Твердые бытовые отходы и использование их в производстве строительных материалов. – Алматы: ЦелСИМ, 2009. – 190 с.

отходов по республике составляет 18-20%. Однако этот показатель в недавнем прошлом в промышленности бывшего СССР составлял 29%. Остается он крайне низким и по сравнению с мировой практикой. В западной Европе (Франция, Германия, Италия, Англия) этот показатель составляет до 58%, в Америке (Бразилии, США, Канада) – до 63%, в Японии – до 87%, Китае – до 37%. Мировым лидером в плане перехода экономики на «зеленые рельсы» является Япония. Вторичное использование и переработка отходов – сильная сторона развивающейся экономики Японии. В соответствии с концепцией к 2015 г. глубокой переработке и утилизации было подвергнуто 50% всех отходов.

Как видно, использование промышленных отходов металлургических, горнодобывающих и строительных предприятий является острой проблемой не только Казахстана, но и любого экономически развитого государства. Накопленные отходы являются, с одной стороны, главными загрязнителями окружающей среды, а с другой – представляют собой ценные продукты, потенциально пригодные для переработки и вторичного использования с получением товарной продукции с высокой добавленной стоимостью. В этих условиях особую остроту приобретает проблема внедрения экологически чистой технологии по изготовлению строительных материалов на основе отходов горно-металлургического комплекса, она является актуальной и для Казахстана [2, 3].

Проблемы обеспечения устойчивости горных выработок в трещиноватых породах являются наиболее трудно решаемыми задачами при строительстве и эксплуатации горного предприятия. Особенно остро они стоят на полиметаллических месторождениях Казахстана: Текелийском, Акжалском, Верхнекайрактинском, Карагайлинском, Текелийском, где руды и вмещающие породы осложнены трещиноватыми нарушениями, что в значительной степени затрудняет их разработку.

Результаты обследования выработок на Акжалском руднике (в карьере и подземных горизонтах) показали, что наибольшее количество вывалов приурочено к трещиноватым породам, причем объемы вывалов увеличиваются по мере стояния выработок. Наблюдения за выработками, пройденными по трещиноватым породам, выявили, что они устойчивы в течение месяца. Через два-три месяца образуются заколы размерами до 10-15 см. Заколообразование и вывалы развиваются в течение полугода, обрушение кровли происходит в виде куполов. Это резко увеличивает объем и трудоемкость проходческих работ, а также затрат на крепление и ремонт выработок.

Для предотвращения обрушения выработок, пройденных по трещиноватым породам, используют анкерные крепи с металлической сеткой рабица и набрызгбетон. Однако отслоение пород кровли транспортногo штрека и значительные разрушения пород свидетельствуют о том, что эта крепь не решает проблемы обеспечения устойчивости выработок и

не предотвращает процесса развития деформаций. В результате, после 2-3 лет стояния выработок происходит разрушение крепи и требуется проведение капитального ремонта. Поэтому эффективное решение вопроса крепления и управления геомеханическими свойствами пород имеет особое значение для прибортовых массивов карьера и для подземных выработок, пройденных по трещиноватым породам [4, 5].

В практике открытой разработки месторождений известно немало случаев, когда вследствие неправильной оценки устойчивости и принятия завышенных значений углов наклона бортов карьера происходили крупные оползни и обрушения. Устойчивость прибортовых массивов определяется степенью их трещиноватости. Технология упрочнения трещиноватого массива должна обеспечить полное заполнение трещин в массиве различными композициями и надежно скрепить отдельные структурные блоки в единое целое.

Одним из известных способов упрочнения трещиноватых пород является их цементация, применяемая на карьерах следующим образом: с верхней площадки уступа бурятся вертикальные и наклонные скважины на расстоянии 4-6 м от друг друга и в них нагнетается цементный раствор до полного насыщения массива. Цементный раствор готовят на основе воды и цемента. Для безопасной отработки месторождения на нижележащих горизонтах с целью предотвращения осыпей авторами разработан раствор, состав которого приводится в настоящей работе.

#### **Полученные результаты и их обсуждение**

В основу изобретения<sup>3</sup> была положена задача создания раствора для укрепления трещиноватых горных пород, обладающего низкой стоимостью, достаточной текучестью для заполнения мелких трещин, адгезией к горным породам, высокой прочностью полученного материала, позволяющего утилизировать отходы горного производства – хвосты обоганительных фабрик. Для достижения этого результата композиция, кроме цемента и воды, согласно изобретению, в качестве наполнителя содержит хвосты обоганительных фабрик, а также дисперсионный полимерный порошок мовилит при соотношении компонентов, мас. %: цемент – 30-35; хвосты – 45-50; мовилит – 3-4; вода – остальное. Указанное соотношение компонентов получено экспериментально и является оптимальным для получения: с одной стороны, необходимой текучести раствора и адгезии, а с другой – необходимой прочности после схватывания его с горными породами. В результате исследований была разработана принципиально новая, не загрязняющая окружающую среду, технология переработки отходов и производства раствора для укрепления трещиноватых пород, что позволит снизить техногенную нагрузку на окружающую среду и обеспечить рациональное использование вторичного сырья.

Были рассмотрены традиционные методы управления геомеханическими процессами при комбинированном

<sup>3</sup>Bek A., Baijanov D. Sustainability of mountain structures. // Scientific discussion. – Praha, Czech Republic, 2020.

способе разработки и приведены усовершенствованные методы управления конкретно для месторождения Акжал. Всесторонний анализ проблемы воздействия горного производства на окружающую среду позволил выявить закономерности этого взаимодействия и наметить основные пути решения проблемы в будущем. Принципиальное значение имеют приведенные в работе [6] новые методы и способы снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

**Заключение**

Техническая новизна созданного раствора была подтверждена патентами РК на изобретение. Полученный раствор прошел испытание в центральной лаборатории сертификации строительных материалов (ЦЕЛСИМ), по результатам которого оформлен акт испытания<sup>4</sup>.

Проведенные опытно-промышленные испытания полученного состава в подземных выработках Акжалского рудника показали его достаточную проникающую способность и быструю полимеризацию с собственными высокими механическими

свойствами. Анализ опыта различных горных предприятий по укреплению слабых трещиноватых пород показал, что для этих целей возможно применение синтетических смол. Все разработанные способы управления состоянием трещиноватых пород в настоящее время проходят опытно-промышленную проверку в условиях Акжалского рудника.

**Выводы**

Был создан раствор для упрочнения трещиноватых горных пород, на основе отходов ГМК с применением полимерных порошков, обладающий низкой стоимостью, достаточной текучестью для заполнения мелких трещин и высокой прочностью. Техническая новизна созданного раствора подтверждена патентами РК на изобретение. Полученный раствор, с одной стороны, позволяет упрочнять трещиноватые горные породы и целлики, с другой – утилизировать отходы производства, реализуя политику развития «зеленой» экономики РК.

Таким образом, «зеленая» экономика, на наш взгляд, начинается с каждого из нас.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Орешкин Д.В., Чеботаев А.Н., Перфилов В.А. Утилизация бурового шлама скважины в производстве строительных материалов. // *Procedia Engineering III*. – 2015. – Р. 607-611. (на английском языке)
2. Лесовик Р.В., Носова А.Н. и др. Оценка пригодности опал-кристобаллитовых пород Коркинского месторождения в строительной отрасли. // *Международный журнал прикладных наук*. – 2014. – №29(12). – С. 1600-1604. (на английском языке)
3. Zic E., Arbanas Z., Vikanic N., Ozanic N. Модель распространения селевого потока вниз по течению от оползня Грохово близ города Риека. // *Стихийные бедствия и науки о Земле*. – 2015. – С. 293-313. (на английском языке)
4. Бек А.А., Байджанов Д.О. Обеспечение устойчивости горных сооружений. // *Научный журнал Норвегии эл. библиотеки eLibrary «Scientific discussion»*. – 2020. – Вып 1. – №41. – С. 35-38. (на русском языке)
5. Бек А.А., Байджанов Д.О. Обеспечение устойчивости прибортовых массивов. // *Труды международной конференции «Сатбаевские чтения-2020»*. – Алматы: Satbayev University, 2020. – С. 891-895. (на русском языке)
6. Бек А.А., Baidzhanov D.O. Разработка состава растворов для упрочнения трещиноватых поверхностей. // *Пути развития науки в современных кризисных условиях: тезисы докладов I Международной научно-практической интернет-конференции*. – Днепр, 2020 (28-29 мая). – С. 71-74. (на английском языке)

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Орешкин Д.В., Чеботаев А.Н., Перфилов В.А. Ұңғымаларды бұрғылау шламдарын құрылыс материалдарында қолданып кәдеге жарату. // *Procedia Engineering III*. – 2015. – Б. 607-611. (ағылшын тілінде)
2. Лесовик Р.В., Носов А.Н. және т.б. Коркин кен орнының кристобаллит таужыныстарыдағы опалдың құрылыс саласында жарамдылығын бағалау. // *Әлемдік қолданбалы ғылымдар журналы*. – 2014. – №29(12). – Б. 1600-1604. (ағылшын тілінде)
3. Zic E., Arbanas Z., Vikanic N., Ozanic N. Сел ағынының таралу моделі Риек қаласына жақын Грохово сырғымасынан ағыс бойынша. // *Жер жүйесі туралы ғылым және ғылым*. – 2015. – Б. 293-313. (ағылшын тілінде)
4. Бек А.А., Байджанов Д.О. Тау-кен қазбаларының орнықтылығын қамтамасыз ету // *Электрондық кітапханадағы eLibrary «Scientific discussion» Норвегия ғылыми журналы*. – 2020. – Шығ 1. – №41. – Б. 35-38. (орыс тілінде)

<sup>4</sup>Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М., Бек А.А. Состав для укрепления трещиноватых горных пород. Патент на полезную модель. №1573 РК. Оpubл. 02.01.2016 г.

5. Бек А.А., Байджанов Д.О. Карьер беткейлері массивтерінің орнықтылығын қамтамасыз ету. // «Сәтпаев оқулары-2020» Халықаралық конференция материалдары. – Алматы: Satbayev University, 2020. – Б. 891-895. (орыс тілінде)
6. Бек А.А., Байджанов Д.О. Жарықшақты беттерді нығайту үшін ерітінділердің құрамын әзірлеу. // Қазіргі дағдарыс жағдайындағы ғылымның даму жолдары: I Халықаралық ғылыми-практикалық интернет-конференцияның тезистері. – Днепр, 2020 (28-29 мая). – Б. 71-74. (ағылшын тілінде)

## REFERENCE

1. Oreshkin D.V., Chebotaev A.N., Perfilov V.A. Disposal of drilling Sludge in the production of building materials. // Procedia Engineering III. – 2015. – P. 607-611. (in English)
2. Lesovik R.V., Nosova A.N. et al. Assessment of the Suitability of the Opal-Cristoballite Rocks of Korkinsk Deposit in the Construction Industry. // World Applied Sciences Journal. – 2014. – №29(12). – P. 1600-1604. (in English)
3. Zic E., Arbanas Z., Bikanic N., Ozanic N. A model of mudflow propagation downstream from the Grohovo landslide near the city of Rijeka. // Natural Hazards and Earth System Sciences. – 2015. – P. 293-313. (in English)
4. Bek A.A., Baidzhanov D.O. Sustainability of mountain structures. // Scientific journal of Norway eLibrary. – «Scientific discussion». – 2020. – Vol. 1. – №41. – P. 35-38. (in Russian)
5. Bek A.A., Baidzhanov D.O. Security sustainability instrument arrays. // Proceedings «Satpayev readings-2020». – Almaty: Satbayev University, 2020. – P. 891-895. (in Russian)
6. Bek A.A., Baidzhanov D.O. Development of composition of solutions for strengthening cracked surfaces. // Ways of science development in modern crisis conditions: abstracts of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference. – Dnipro, 2020 (May 28-29). – P. 71-74. (in English)

## Сведения об авторах:

**Байджанов Д.О.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [bdo3@yandex](mailto:bdo3@yandex)

**Бек А.А.**, магистр техн. наук, PhD докторант кафедры «Строительные материалы и технологии» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), [aiman.bek.001@gmail.com](mailto:aiman.bek.001@gmail.com)

## Авторлар туралы мәлімет:

**Байджанов Д.О.**, техникалық ғылымдарының докторы, Қарағанды Мемлекеттік техникалық университеті «Құрылыс материалдары және технологиялары» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), [bdo3@yandex](mailto:bdo3@yandex)

**Бек А.А.**, техникалық ғылымдарының магистры, Қарағанды Мемлекеттік техникалық университеті, «Құрылыс материалдары және технологиялары» кафедрасының PhD докторанты, (Қарағанды қ., Қазақстан), [aiman.bek.001@gmail.com](mailto:aiman.bek.001@gmail.com)

## Information about the authors:

**Baidzhanov D.O.**, Doctor of Technical Science, Professor at the Department of «Building materials and technologies» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [bdo3@yandex](mailto:bdo3@yandex)

**Bek A.A.**, Master of Technical Science, Doctoral Student at the Department of «Building materials and technologies» of the Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan), [aiman.bek.001@gmail.com](mailto:aiman.bek.001@gmail.com)

## ПОДПИСКА 2020

- Подписка по каталогу АО «КАЗПОЧТА» и через альтернативные агентства ТОО «ЭВРИКА-ПРЕСС», ТОО «Агентство «ЕВРАЗИЯ ПРЕСС».

Подписной индекс 75807

- Редакционная подписка. Оформляется с любого месяца как на печатную, так и на электронную версию. Стоимость годовой подписки – 30000 тенге с учетом НДС (печатная версия) и 12000 тенге с учетом НДС (электронная версия).

+7 (727) 375-44-96

[minmag.kz](http://minmag.kz)

✉ [Yuliya.Bocharova@interrin.kz](mailto:Yuliya.Bocharova@interrin.kz)

[Tatyana.Dolina@interrin.kz](mailto:Tatyana.Dolina@interrin.kz)

[Irina.Pashinina@interrin.kz](mailto:Irina.Pashinina@interrin.kz)

Instagram @minmag.kz







**Рустам  
Ривкатович  
Ходжаев**  
(к 60-летию  
со дня  
рождения)

Рустам Ривкатович Ходжаев родился 22 июня 1960 г. в г. Караганде. В 1982 г. окончил Карагандинский политехнический институт по специальности «Маркшейдерское дело», получив квалификацию «Горный инженер-маркшейдер». Трудовую деятельность начал в 1984 г. в Управлении Карагандинского округа Госгортехнадзора Казахской ССР в должности инспектора-маркшейдера.

В 1992 г. закончил очную аспирантуру Института горного дела им. А.А. Скочинского и защитил кандидатскую диссертацию.

С 1993 по 2006 гг. работал в Казахском государственном НИИ безопасности в горной промышленности МЧС Республики Казахстан в должностях от старшего научного сотрудника до заместителя директора. С 2006 по 2009 гг. – директор РГКП «Научно-инженерный центр горноспасателей Республики Казахстан» МЧС РК. С 2010 г. по настоящее время – директор ТОО «Научно-инженерный центр «ГеоМарк».

В 2009 г. на диссертационном Совете КарГТУ Рустам Ривкатович защитил докторскую диссертацию на тему «Теоретические основы прогноза и предупреждения газодинамических явлений в угольных шахтах».

В 1997 г. избран членом-корреспондентом Международной Академии наук экологии и безопасности человека и природы (МАНЭБ). В 2006 г. избран действительным иностранным членом Академии горных наук Российской Федерации. Р.Р. Ходжаев является членом Центральной Комиссии по борьбе с газодинамическими явлениями в угольных шахтах Республики Казахстан, постоянно принимает участие в работе комиссий по рассмотрению вопросов безопасного ведения работ в сложных горнотехнических и горно-геологических условиях, а также в работе экспертных комиссий при расследовании аварий на предприятиях Республики Казахстан, СНГ.

В 2011 г. по приглашению Комитета Совета Федерации по промышленной политике Федерального

Собрания РФ Рустам Ривкатович принимал участие в работе международной экспертной комиссии по оценке восстановительных работ на шахте «Распадская» (Кемеровская область, Россия) после аварии 2010 года.

Р.Р. Ходжаев принимает активное участие в работе международных конференций, симпозиумов, выставок (Алматы, Караганда, Актау (Казахстан); Москва, Екатеринбург (Россия); Дрезден, Дюссельдорф (Германия); Хельсинки (Финляндия); Занджан (Иран); Тбилиси (Грузия); Донецк (Украина); Дели (Индия); Пекин (Китай); Йоханнесбург (ЮАР); Сантьяго (Чили)). Это способствует расширению и укреплению научных контактов и обмену опытом ведения экспертных работ с широким кругом специалистов не только в Республике Казахстан, но и далеко за его пределами.

Рустам Ривкатович занимается вопросами промышленной безопасности и горноспасательного дела, борьбы с газо- и геодинамическими явлениями, эндогенными пожарами, проблемами экологии и охраны труда на горных предприятиях республики, организацией и руководством научных исследований и работ по оказанию научно-технической помощи предприятиям. Под его руководством и при непосредственном участии на рудниках Корпорации «Казахмыс», предприятиях АО «Арселор Миттал Темиртау», ERG и многих других решены такие проблемы промышленной безопасности, как автоматизация методов прогноза выбросоопасности, совершенствование способов предотвращения газодинамических явлений, оценки устойчивости элементов геомеханических конструкций на горнорудных предприятиях республики, разработка способов и средств пылеподавления на технологических объектах горных предприятий Республики Казахстан.

Научный потенциал, большой опыт работы позволяют Р.Р. Ходжаеву сочетать активную научную и организационную деятельность с работой руководителя предприятия, организацией исследований по всему Казахстану. Он принимает активное участие в образовательном процессе, работе государственной аттестационной комиссии Карагандинского государственного технического университета по специальности «Безопасность жизнедеятельности».

Рустам Ривкатович – высококвалифицированный горный инженер, научный специалист, грамотный руководитель, активный организатор, автор 147 научных трудов, в т. ч. 14 монографий, а также нормативных документов, учебных пособий, патентов Республики Казахстан и Российской Федерации.

Р.Р. Ходжаев награжден нагрудным знаком «Шахтерская слава» III степени Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан, орденом Кемеровской области (Россия) «За доблестный шахтерский труд» I степени.

*Ассоциация инженеров-взрывников Казахстана, коллектив ТОО «Научно-производственное предприятие «Интеррин», редколлегия «Горного журнала Казахстана», друзья и коллеги поздравляют Рустама Ривкатовича со знаменательной датой и желают юбиляру отличного здоровья, долгих лет жизни, успехов в работе, благополучия и счастья.*

## ТРУДЫ ИНЖЕНЕРА НИКОЛАЯ ПРОСКУРИНА (ПОСВЯЩАЮ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ПАМЯТИ ОТЦА)

*Алма-Атинский период жизни в тридцать лет оказался плодотворным в судьбе геологоразведчика Н.В. Проскурина.*

С зимы 1941 года – времени начала Отечественной войны – отец посвятил тридцать лет службе в геологических организациях Казахстана – старшим механиком и главным геологом треста «Казцветметразведка» (в системе Южно-Казахстанского геологического управления ЮКГУ), главным инженером НИП и начальником нормативно-комплексной партии ЮКГУ, заведующим сектором экономики геологоразведочных работ Института минерального сырья (КазИМС). Он был отмечен званием инженер-капитана 2-го ранга инженерно-технических войск, медалью «За доблестный труд в Отечественной войне 1941-45 гг.», похвальными грамотами Министерства цветной металлургии СССР.

Его командировки занимали в семейной жизни от месяца до года, включали разработки технологии колонкового дробового и алмазного бурения месторождений цветных и редких металлов в Шемонаихинской, Чарской, Берсекской, Чатыркульской, Саякской, Кастекской геологоразведочных партиях.

Николай Владимирович Проскурин (род. 10/22 апр. 1911 г., Воронеж – у. 16 авг., 1971 г., Паневежис, Литва) работал в Москве инженером металлургии благородных металлов, заведующим бюро в тресте «Гипрозолото» НКЦМ, конструктором отдела наладки станкостроительного завода им. Серго Орджоникидзе. В 1931-37 гг. учился в Уральском Политехе, окончил с отличием Московский институт цветных металлов и золота имени М.И. Калинина.

По совместительству Н.В. Проскурин вел инженерную деятельность старшим научным сотрудником ВАК, ученым секретарем Казахского научно-технического горного общества НТО и НОТ, преподавал в вузах Казахстана, был доцентом кафедры экономики горной промышленности Казгосуниверситета, Горно-металлургического института, КазПТИ, читал курсы «Бурение», «Организация и планирование геологоразведочных работ». В Москве был прикреплен к геологоразведочному институту для защиты докторской диссертации «Методика разработки оптимальных режимов бурения в твердых породах». Однако работа над диссертацией не была завершена в связи со смертью отца.

Среди алма-атинских записей, дневников, книг, журнальных статей находим, что Н.В. Проскурин являлся ответственным редактором отдела научно-технической информации, прежде всего, в нормативно-исследовательском бюро ЮКГУ, в НТО и НОТ КазИМС, Казахского геофизического треста. Николай Владимирович был знатоком дела, он – лектор геологоразведочной службы, пропагандист и наставник новаторов-«стахановцев», специалистов в области методики, техники, организации производства,

экспедиций, партий Министерства геологии и охраны недр Казахской ССР.

Отец был ни дать ни взять деятелем литературы и искусства. Его акварели живописца в масле и этюдов в карандаше Воронежа, Подмосковья, иных памятных мест воспитали любовь, преданность и одержимость будущей профессией детей – врача, зодего, музыканта, историка. Скажем, поленовский «Московский дворик», с видом на церковь Спаса Преображения, что на Песках – любимое место папы в Москве, в одноименных переулке и площади в Белокаменной. Картины, нарисованные им, также стенгазеты и забавные листки по поводу совместных дней рождения и советских праздников, обсуждались в дружном кругу семьи... Была известна богатая библиотека, собранная им за долгие годы. Об этом вспоминается с любовью...

Вместе с друзьями и коллегами из системы Главзолото, МГРИ, КазИМС, ЮКГУ, КазПТИ, горнотехнического КазНТО занимался лекторской, педагогической и научной практикой, в их числе И.Н. Плаксин, М.А. Гинзбург, Б.И. Воздвиженский и М.Г. Мильграм. Соавторами творчества Н.В. Проскурина были ученые-геологи Г.И. Пономарев, В.П. Леонтьев, О.М. Никитин, М.Т. Ткаченко, Х.И. Мурсалимов, Е.В. Кожухов, Г.В. Казанцев, П.М. Бройтман, Н.К. Кузьмина, А.П. Тэмс, Б.П. Долгов, Г.Д. Зильберт, А.С. Шайликов, Ю.Ю. Воробьев, В.Н. Ишутин, Б.И. Глебов, А.З. Бисмильдин, а также десятки других коллег.

В ту пору проявился его талант ответственного редактора, издателя научно-технической литературы и информации по черной и цветной металлургии в Москве, Ленинграде: издательств «Недра», «Металлургиздат», «Госгеолтехиздат», «ОБТИ и ГОНТИ



**Николай Владимирович за рабочим столом**



**В стенах ЮКГУ пролетели 30 лет инженерно-технической службы Н.В. Проскурина (фото А. Хайдарова)**

Главзолото», в ведомстве Министерства геологии и охраны недр СССР, Всесоюзного НИИ экономики минерального сырья и геологоразведочных работ, геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе. В предвоенные годы Н.В. Проскурин – ответственный редактор журналов «Советская золотая промышленность», «Новости техники», переводчик зарубежной инженерной литературы с европейских языков.

К сожалению, не удалось отыскать труды Н.В. Проскурина, его выпуск рекламы, агитационно-пропагандистских брошюр, технических плакатов. В списке литературы к защите докторской диссертации указаны до 90 книжных и журнальных персональных работ, изданных с 1934 года. Известны технические переводы Николая Владимировича о деятельности европейских и американских инженеров Севеджа, Вейнинг-Мейненца и Боуэна, о производстве благородных металлов в Гондурасе, Западной Абиссинии, Южной Родезии, об опыте работы рудников, фабрик, мельниц золотых и серебряных руд Холлинджер, Хауи, Хардиндж-Хэдзел, Гетчелл, опубликованных на страницах журналов и книг.

*Среди изданных работ:*

Осаждение золота и серебра из цианистых растворов древесным углем [Текст] / Джон Гросс, Вальтер Скотт; пер. с англ. инж. Н.В. Проскурина и инж. М.А. Гинзбурга. / Под ред. проф.-докт. И.Н. Плаксина. – Москва – Ленинград: ГОНТИ. Ред. лит-ры по черной и цветной металлургии, 1938 (М.: 1 журн. тип. ГОНТИ). – 72 с.: граф.; 22 см.

**1953 год**

Опыт работы дизелиста Н.И. Федорова [Текст]: Казах. геол. упр. – Москва: Госгеолиздат, 1953. – 8 с.; 22 см. (Опыт работы стахановцев геологической службы: Центр. нормативно-исслед. бюро).

Работа буровой бригады старшего мастера И.Д. Матвейчука [Текст]: Казах. геол. упр. – Москва: Госгеолиздат, 1953. – 20 с.: ил.; 22 см. (Опыт работы новаторов геологической службы: Центр. нормативно-исслед. бюро).

Работа шофера-стотысячника П.С. Кирюшкина [Текст]: Казах. геол. упр. М-ва геологии. – Москва:

Госгеолиздат, 1953. – 12 с.; 22 см. (Опыт работы стахановцев геологической службы).

**1954 год**

Опыт работы передовой бригады на станке ЗИФ-650 [Текст]. / Н.В. Проскурин, Г.В. Казанцев. – Москва: Госгеолтехиздат, 1954. – 16 с.: ил.; 22 см. (Опыт работы новаторов геологической службы: Центр. нормативно-исслед. бюро).

Опыт работы спектральной лаборатории геологического управления [Текст]. / Сост.: А.С. Шайликов, Г.В. Казанцев, Н.В. Проскурин. – Москва: Госгеолтехиздат, 1954. – 28 с.: черт.; 22 см. (Труды лабораторий геологического управления, трестов, экспедиций и партий: Техн. упр. М-ва геологии и охраны недр СССР; Вып. 5).

**1955 год**

В борьбе за высокие темпы бурения [Текст]: Казах. геол. упр. / Ю.Ю. Воробьев, В.Н. Ишутин, Н.В. Проскурин. – Москва: Госгеолтехиздат, 1955. – 15 с.: ил.; 22 см. (Опыт работы новаторов геологической службы: Центр. нормативно-исслед. бюро).

Опыт проходки скважин чугунной дробью [Текст]: Казах. геол. упр. – Москва: Госгеолтехиздат, 1955. – 8 с.; 23 см. (Опыт работы новаторов геологической службы: Центр. нормативно-исслед. бюро).

**1958 год**

Шире использовать опыт Н.Я. Мамаев в работе предприятий геологоразведочной службы [Текст]: М-во геологии и охраны недр КазССР. Каз. респ. науч.-техн. горное о-во. – Алма-Ата: [б. и.], 1958. – 28 с.; 20 см.

**1960 год**

Буровая бригада коммунистического труда Ж.Т. Ташкембаева [Текст]: Юж.-Казахст. геол. упр. / М.Т. Ткаченко, Н.В. Проскурин. – Алма-Ата: [б. и.], 1960. – 5 с.: ил.; 22 см. (Опыт работы новаторов геологической службы: Казахск. науч.-техн. горное о-во).

О путях снижения стоимости буровых работ [Текст]. / Н.В. Проскурин, Б.И. Глебов, А.З. Бисмильдин: Казах. науч.-техн. горное о-во. – Алма-Ата: [б. и.], 1960. – 40 с.: граф.; 22 см.

**1961 год**

Исследование и разработка оптимальных режимов колонкового бурения в Казахстане. Ч. 1. Дробовое



**Николай Владимирович с коллегами КазИМС**

бурение [Текст]: Автореферат дисс., представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук: М-во высш. и сред. спец. образования СССР. Моск. геол.-развед. ин-т им. С. Орджоникидзе. Кафедра разведочного бурения. – Москва: [б. и.], 1961. – 18 с.; 22 см.

Разработка и результаты применения оптимальных режимов бурения при разведке месторождений цветных и редких металлов в Казахстане [Текст]. / Н.В. Проскурин, Е.В. Кожухов: Казах. респ. науч.-техн. горное о-во геологов. – Алма-Ата: [б. и.], 1961. – 68 с.: черт.; 22 см. <https://search.rsl.ru/ru/record/01006060343>

#### 1964 год

Временная инструкция по разработке эффективных технологических режимов механического колонкового бурения [Текст]: Утв. 12/VI 1964 г. / Гос. производ. геол. ком. КазССР. Казах. науч.-исслед. ин-т минер. сырья. – Алма-Ата: Казахстан, 1965. – 64 с.: черт.; 21 см.

#### 1965 год

Резервы снижения стоимости разведочного бурения в Казахстане [Текст]. / Б.П. Долгов, Н.К. Кузьмина, О.М. Никитин, Н.В. Проскурин. – Москва: [б. и.], 1965. – 11 с.; 20 см. (Информационное сообщение: Гос. геол. ком. СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т экономики минерального сырья и геологоразведочных работ. Отдел науч.-техн. информации. Методика и техника геологоразведочных работ, организация производства; Вып. №70; №13).

Экономическая оценка целесообразности внедрения новой техники для разведочного бурения [Текст]. / Н.В. Проскурин, П.М. Бройтман, О.М. Никитин. – Москва: [б. и.], 1965. – 11 с.: ил.; 21 см. (Информационное сообщение: Гос. геол. ком. СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т экономики минерального сырья и геологоразведочных работ. Отдел науч.-техн. информации. (Методика и техника геологоразведочных работ, организация производства); Вып. №63; (№8)).

#### 1966 год

Основные вопросы передовой организации и экономики разведочного бурения [Текст]. – Москва: Недра, 1966 г. – 327 с.: ил.; 22 см.

Экономическая эффективность новой геологоразведочной техники [Текст]. / Н.В. Проскурин, Н.К. Кузьмина, О.М. Никитин, Б.П. Долгов. – Москва: Недра, 1966. – 100 с.; 22 см.

Экономическая эффективность новой техники на геологоразведочных работах [Текст]: (Материалы Респ. семинара). / М-во геологии Каз. ССР. Каз. науч.-исслед. ин-т минер. сырья. Каз. респ. правл. НТО горное; [Отв. ред. Н.В. Проскурин]. – Алма-Ата: [б. и.], 1966. – 56 с.; 19 см.

#### 1967 год

Методические указания по определению экономической эффективности новой геологоразведочной техники [Текст]. / М-во геологии СССР. Каз. науч.-исслед. ин-т минер. сырья. (2-е изд., испр. и доп.). – Алма-Ата: [б. и.], 1967. – 95 с.; 20 см.

#### 1968 год

Научная организация труда в геологической службе СССР [Текст]. / Н.В. Проскурин, Б.П. Долгов, О.М. Никитин. – Москва: Недра, 1968. – 112 с.: черт.; 22 см.

Экономическая эффективность научных исследований в геологии [Текст]: М-во геологии СССР. Каз. науч.-исслед. ин-т минер. сырья. ОНТИ. / Х.И. Мурсалимов, Н.В. Проскурин, Н.К. Кузьмина, А.П. Тэмс. – Алма-Ата: [б. и.], 1968. – 84 с.; 19 см.

#### 1970 год

Разведочное бурение [Текст]: Учебник для подгот. рабочих на производстве. / Н.В. Проскурин, Г.И. Пономарев, Н.К. Кузьмина, Б.П. Долгов. / Под ред. проф. Б.И. Воздвиженского. – Москва: Недра, 1970. – 384 с.: ил.; 22 см. <http://masters.donntu.org/2007/ggeo/anikeyev/library/library3.htm>

#### 1971 год

Экономическая эффективность геологоразведочных работ на примере некоторых месторождений Казахстана [Текст]: Обзор. / Г.Д. Зильберт, Н.В. Проскурин. – Москва: ВИЭМС, 1971. – 16 с.; 20 см. (Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ: М-во геологии СССР. Каз. геофиз. трест. Каз. политехн. ин-т).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единый электронный каталог Госсейской государственной библиотеки: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/>
2. Проскурин В.Н. По крутым берегам Головного арыка: [http://proskurin.ucoz.kz/publ/po\\_krutym\\_beregam\\_golovnogo\\_aryka/7-1-0-1391](http://proskurin.ucoz.kz/publ/po_krutym_beregam_golovnogo_aryka/7-1-0-1391)
3. Проскурин В.Н. Гольцевы – Проскурины: [http://proskurin.ucoz.kz/publ/ehrik\\_aubakirov\\_kto\\_on\\_tomas\\_atkinson/7-1-0-96](http://proskurin.ucoz.kz/publ/ehrik_aubakirov_kto_on_tomas_atkinson/7-1-0-96).

**Владимир Проскурин,**  
академик Международной академии информатизации в Казахстане



# V МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА **MINING & MINERALS EXPO'2020**

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ И УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**10–12 ноября**



**ОРГАНИЗАТОР:**  
Международный выставочный центр

Технический партнер: *RentMedia*



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**  
г. Киев, Броварской пр-т, 15  
станция метро "Левобережная"

тел./факс: (044) 201-11-67  
e-mail: [energoprom@iec-expo.com.ua](mailto:energoprom@iec-expo.com.ua)  
[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua), [www.мвц.укр](http://www.мвц.укр)

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ**  
**в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»**  
(действуют с 1 сентября 2019 года)

**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 по следующим направлениям (полный перечень рубрик указан на сайте [minmag.kz](http://minmag.kz)):**

- ✓ *Геотехнология (подземная, открытая и строительная)*
- ✓ *Геомеханика, маркшейдерское дело и геодезия*
- ✓ *Разрушение горных пород*
- ✓ *Горные машины и оборудование*
- ✓ *Обогащение полезных ископаемых*
- ✓ *Геоэкология горно-перерабатывающей промышленности*
- ✓ *Охрана труда и промышленная безопасность*
- ✓ *Теоретические основы проектирования горно-технических систем*
- ✓ *Металлургия*
- ✓ *Горно-промышленная геология и геофизика*
- ✓ *Экономика горно-металлургической отрасли*

По указанным направлениям также принимаются статьи обзорного характера, отвечающие критериям первой научной публикации.

**Дополнительные рубрики:**

- ✓ *Подготовка кадров (применительно к теме журнала)*
- ✓ *История горного дела, металлургии и геологии*
- ✓ *Юбилеи*
- ✓ *Реклама*

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

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метадаанные 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 с помощью специальной программы (например, [www.text.ru](http://www.text.ru));
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

**3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:**

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=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 и русском языках;
  - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
  - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
  - полное название организации (-ий), 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 (реферат) предоставляется на казахском и русском 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 и русском языках;
    - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
    - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

**Основной раздел статьи на казахском или русском языках должен быть четко структурирован.**

- ✓ Введение (*Introduction*) должно отражать актуальность темы исследования, обзор литературы по теме, постановку проблемы, формулировку целей и задач исследования.

✓ Методы/исследования (*Materials and Methods*) – описание методов исследования, схем экспериментов (наблюдений) с тем, чтобы позволить другим ученым и практикам воспроизвести результаты, пользуясь лишь текстами статьи; описание материалов, приборов, оборудования, выборка и условия проведения экспериментов (наблюдений).

✓ Результаты (*Results*). Этот раздел должен отражать фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).

✓ Обсуждение результатов (*Discussion*) – типовая структура этого раздела имеет такой вид:

- чем могут быть объяснены полученные результаты;
- благодаря каким именно особенностям предложенных решений обеспечиваются преимущества;
- что можно считать преимуществами данного исследования по сравнению с аналогами;
- в чем состоят недостатки исследования;
- в каком направлении исследование целесообразно развивать, с какими трудностями при этом можно столкнуться.

✓ Заключение (*Conclusion*) – краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в ней.

✓ Благодарности (*Acknowledgments*) – выражение признательности коллегам за помощь.

**ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ** оформляются отдельным блоком 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**.

**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. В список литературы не включаются любые материалы, не имеющие конкретного автора, в том числе: законы, стандарты (включая ГОСТ), статьи из словарей и энциклопедий, страницы сайтов, для материалов которых не указан конкретный автор и интервал страниц. Если у Вас возникает необходимость сослаться на подобные материалы, то ссылки на них оформляются как сноски в тексте статьи. Список приводится на русском (казахском) языке, а также в переводном и транслитерированном варианте (транслитерация выполняется по стандарту BSI: <https://translit.net/ru/bsi/>). Оба варианта списка литературы должны быть идентичны по содержанию. Сначала подготавливается русскоязычный (казахскоязычный) список литературы, включающий все источники (даже на иностранных языках), затем он переводится на английский язык и транслитерируется.

**К статье прилагаются сведения на английском языке:**

✓ заглавие (Title) – без сокращений и транслитерации, кроме случаев, когда встречаются непереводаемые названия имен собственных, например, название предприятий, приборов и др.;

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

✓ сведения об авторе (-ах), без сокращений;

✓ полное название организации (аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД Scopus), ее адрес, город, страна с указанием индекса;

✓ реферат (аннотация) – Abstract. В реферат не допускается включать ссылки на источники из полного текста, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в полном тексте. Реферат должен быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700 знаков.

✓ ключевые слова (Keywords) в количестве не менее 10, сокращения не допускаются, также не допускается использование слов в кавычках.

#### 4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении не менее 5 (пяти) экземпляров журнала с 50% скидкой, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги. После оплаты статья публикуется в очередном номере журнала, а автору(авторам) предоставляются экземпляры журнала, согласно счету.



**КАЗАХСТАН**  
**2020**

**XI ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ  
МАЙНЕКС КАЗАХСТАН 2020**

10-12 ноября 2020  
Нур-Султан, Казахстан

[minexkazakhstan.com](http://minexkazakhstan.com)



Форум проводится в Казахстане с 2010-го года и является одним из наиболее представительных и авторитетных отраслевых мероприятий, организуемых в среднеазиатском регионе. Форум представляет ежегодную платформу для презентации ключевых изменений и важнейших проектов, реализуемых в горнодобывающей, геологической и горно-металлургической отраслях промышленности Казахстана и стран Центральной Азии.

**МОСКВА – РОССИЯ**

Minex Mining Forum LLC  
Россия, 115419, г. Москва,  
ул. Шаболовка, д. 34,  
строение 5, помещение II, комната 3

**+7 495 128 35 77**  
**+7 915 482 92 84**  
[ru@minexforum.com](mailto:ru@minexforum.com)

**НУР-СУЛТАН – КАЗАХСТАН**

ТОО «Горный Форум»  
Казахстан, 01000, г. Нур-Султан,  
район Байконур, ул. Акжол, д. 24/2,  
2 этаж, кабинет №4

**+7 7172 696 836**  
**+7 7172 911 395**  
[kz@minexforum.com](mailto:kz@minexforum.com)

**ЛОНДОН – ВЕЛИКОБРИТАНИЯ**

Advantix Ltd  
35A Green Lane, Northwood  
Middlesex, HA6 2PX  
United Kingdom

**+44 1923 822 861**  
[uk@minexforum.com](mailto:uk@minexforum.com)