

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

Представители журнала:

Центрально-Казахстанский регион –
ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН
vladfdemin@mail.ru

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

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

Подписано в печать **25.01.2021 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

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

Ю.А. БОЧАРОВА, Yuliya.Bocharova@interrin.kz

Специалист по связям с общественностью

Т.С. ДОЛИНА, Tatyana.Dolina@interrin.kz

Помощник редактора

И.П. КОНОНОВА (ПАШИННИНА),
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

4 Специалисты «Казцинк» осваивают способ мокрого торкретирования для укрепления горных выработок [®]

6 *Добровольский И.В.*
Наш подход позволяет избавить недропользователей от лишних затрат [®]

Геология

9 *Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Кенетаева А.А., Дьяконов В.В.*
Фациальные типы руд Лисаковского месторождения

Геофизика

16 *Селезнева В.Ю., Абдирахман А.Т.*
Значимость контроля качества гамма-каротажа при подсчете запасов урановых месторождений (на примере месторождения Буденовское Шу-Сарысуйской провинции)

Крепление горных выработок

23 *Лисковец А.С., Тащенко В.П., Нашатырев А.Г.*
Тампонажная крепь – развитие и совершенствование

29 *Демин В.Ф., Алиев С.Б., Кайназарова А.С., Кайназаров А.С.*
Применение технологии анкерного крепления для снижения пучения почвы горных выработок

Металлургия

34 *Dosmukhamedov N.K., Zholdasbay E.E., Kurmanseitov M.B., Argyn A.A.*
Kinetic parameters of the process of regeneration of carbonate-sulphate melt with natural gas

43 *Абишева А.К.*
Повышение прочности периклазсодержащих огнеупоров

Горные машины

48 *Бейсембаев К.М., Мендикенов К.К., Нокина Ж.Н., Асмагамбет Д.К.*
Задачи повышения эффективности камерной разработки

54 Требования к оформлению статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Уважаемые коллеги!

Дорогие читатели!

Искренне, от души поздравляю всех, кто держит в руках этот номер, с наступившим Новым годом и с Рождеством! Желаю всем в 2021 г. получить для себя и окружающих максимум из того, что потерял в 2020 г., чтобы имеющиеся у нас в распоряжении 24 часа в сутки мы использовали с той пользой, которая у каждого из нас своя. Работа, отдых, развлечения, развитие по своему индивидуальному пути – каждому Новый год пусть принесет решение проблем и умение войти в будущее. Желаю, чтобы новые технологии в геологии, горном деле, обогательном переделе, металлургии стали частью нашей жизни и помогли нам разрешить противоречия между нами, позициями и целями, чтобы мы вышли в мир устойчивого развития, достигнув уверенного уровня жизни.

Достижения горного машиностроения и цифрового управления, автоматизация и возможность программировать свои действия в упреждающем режиме сулят нам уже в 2021 г. невиданные доселе достижения. Буровые каретки и станки, погрузочно-доставочные машины и автосамосвалы, производимые компаниями Epiroc и Sandvik, начнут использоваться в безлюдном режиме. Горняки получают возможность использовать междусменные перерывы и время, отводимое на проветривание, для уборки и бурения без присутствия людей, т. е. производственная мощность может без дополнительных капитальных затрат возрасти на 13-14%.

Новый буровой инструмент создаст условия увеличения скорости бурения и срока службы, существенно повлияв на производительность труда и себестоимость. Взрывчатые вещества и средства взрывания, приспособления и схемы инициирования значительно улучшат условия труда и эффективность взрывных работ.

Программирование на базе длительных наблюдений и набора информационных «больших данных» уже позволили учитывать время наработки на отказ, повысив коэффициенты технической готовности и использования оборудования. «Большие данные» также получили свое применение для определения совокупной эффективности процессов БВР, погрузки – доставки – транспорта и затрат на дробление-измельчение в обогащении, являющихся наиболее энергоемкими, так как с их помощью для каждого месторождения заранее можно определить рациональный гранулометрический состав, оптимальное расстояние доставки, состав погрузочно-доставочных комплексов в виде отдельных ПДМ или ПДМ + автосамосвалы; продумать, решить конструктивные особенности системы разработки для создания условий непрерывности обеспечения отбитой рудой и осуществить выбор вида транспорта между рельсовым и конвейерным.

Системы разработки вне зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий в такой ситуации должны удовлетворять требованиям:

- управляемости очистным пространством и безопасности нахождения людей и оборудования в зоне ведения очистной выемки;
- максимально возможного снижения потерь и разубоживания;
- обеспечения непрерывности потока руды для погрузки.

Сочетание в возможных пределах взаимозависимостей технологических операций добычи руды подземным способом явятся фундаментом, на котором будет действовать управляемое недропользование в традиционном привычном виде.

Следующим шагом, который должен стать революционным прорывом во всем комплексе формирования минерально-сырьевой базы и обеспечения цивилизации полезными ископаемыми в XXI веке, явится управляемое и созидательное недропользование, при котором будут стерты грани между понятиями «руда» и «порода».

*Творческий труд горняков-производственников и ученых возведет горное дело на новый интеллектуальный уровень, и эта уверенность должна подтверждаться
Вашим здоровьем и благополучием, коллеги и читатели!*



СПЕЦИАЛИСТЫ «КАЗЦИНКА» ОСВАИВАЮТ СПОСОБ МОКРОГО ТОРКРЕТИРОВАНИЯ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Вопрос безопасности – один из основополагающих на любом производстве «Казцинка» и, тем более, при проходке горных выработок. Специалисты компании всегда находятся в поисках наиболее эффективных технологий. Одна из таких – мокрое торкретирование – в конце прошедшего года была испытана и применена при креплении горных выработок на алтайском подразделении – Малеевском руднике ГОК «Алтай».



Традиционно на рудниках компании применяют сухой способ торкретирования. Но специалисты не считают его идеальным.

– Сухое торкретирование выглядит так: смесь песка и цемента подается по шлангу специальной машины, соединяясь с водой уже на выходе, – рассказывает **Евгений Рыбин**, главный специалист-горняк управления горного производства «Казцинка». – Данный способ приводит к потерям материала – отскокам, отрывам свеженанесенной смеси от поверхности. Другой недостаток – большое пыление при выполнении работ.

Метод мокрого торкретирования предусматривает нанесение слоя готовой бетонной смеси на поверхность выработки посредством торкрет-установки по бетонопроводу. «Казцинковские» горняки давно им заинтересовались, поскольку метод имеет ряд преимуществ. Крезь, нанесенная таким образом, обладает универсальной конструкцией, может быть использована как самостоятельно, так и в сочетании с анкерами и арматурной сеткой, а также в качестве временного варианта крепления. Слой торкретбетона

работает в единой системе с породой, образуя конструкцию высокой грузонесущей способности. Даже небольшой слой торкрета надежно предохраняет горные породы от разрушения внешними факторами, к примеру, от воздействия кислорода.

Специалисты «Казцинка» посетили родственные предприятия, на которых успешно применяется метод мокрого торкретирования. Оценив положительные стороны, взвесив все «за» и «против», начали программу по внедрению. В лабораторных условиях были подобраны оптимальный состав бетонной смеси, а также рецептура химических добавок, применение которых позволило еще уменьшить потери при нанесении и увеличить производительность.

– Для проведения испытаний в «полевых» условиях был выбран Малеевский рудник с имеющимся комплексом БСУ (бетонно-смесительной установкой) и торкрет-машиной Sprautes, – продолжает **Евгений Рыбин**. – В декабре 2020 года провели контрольные замесы бетонной смеси и внесли корректировки в рецепт применения химических добавок. Оставалось начать работы по торкретированию выработок.



Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

Крупнейшее событие в
геолого-геофизической
области в России

ONLINE

ГЕО Eurasia 2021

ГеоЕвразия-2021
Геологоразведка
в современных реалиях:

*как мы можем помочь друг другу
пережить эти тёмные времена*

2-5 марта 2021

**Успейте подать доклад
до 25 января 2021**

www.gece.moscow

**+800
участников**

**+250
докладов**

**+200
компаний**

НАШ ПОДХОД ПОЗВОЛЯЕТ ИЗБАВИТЬ НЕДРОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОТ ЛИШНИХ ЗАТРАТ

Уважаемые читатели, мы продолжаем изучать тему эффективных природоохранных технологий в горнодобывающей отрасли. В двух предыдущих номерах нашего журнала мы обсуждали технологии водоочистки, начиная с конкретных поэтапных действий по их внедрению: экспертизы, инжиниринга, проектирования, подбора и поставки оборудования, гарантий и сервисе. В этой статье мы поговорим с директором компании «Эргономика» Игорем Владимировичем Добровольским о финансировании проектов по внедрению природоохранных технологий.

– Игорь Владимирович, как правило, один из самых сложных вопросов для внедрения природоохранных технологий на предприятии – это финансирование. Денег иногда элементарно не хватает. Есть какой-то выход из подобной ситуации, который вы можете заказчику предложить? На каких условиях оплаты работает с заказчиками «Эргономика»?

– Мы можем предложить своему партнеру различные варианты оплаты. Все зависит от объема работ и от суммы требуемых вложений.

По закону все недропользователи обязаны приобретать оборудование на конкурсной основе. Мы участвуем во всех тендерных процедурах на общих основаниях. Если у предприятия на данный момент нет денег для вложений в комплексную систему водоочистки, то могут рассматриваться системы лизинга с привлечением банков второго уровня. Со своей стороны, наша компания готова оказать собственную лизинговую услугу с привлечением своего банка-партнера. Все это решается путем переговоров с заказчиком.

Еще более интересный вариант финансирования проекта – ресурсный контракт. В этом случае «Эргономика» устанавливает комплекс оборудования за свой счет, оговариваются необходимые объемы и стоимость очистки воды, устанавливается счетчик и заказчик платит по тарифу только за очищенную воду, то есть за результат. При этом, конечно, оговариваются и гарантии, и минимальный гарантированный объем отбора очищенной воды.

Мы заинтересованы в сотрудничестве, поэтому учитываем возможности наших партнеров и вместе находим оптимальные варианты финансирования.

– Понятно, что сроки реализации ваших предложений по водоочистке зависят, в том числе, и от специфики конкретных предприятий. И все-таки, Вы можете назвать ориентировочный срок от подготовки проекта до его реализации – установки и запуска комплекса по водоочистке?

– Вместе со стадией проектирования, экспертизами, общественными слушаниями, тендерными



Игорь Владимирович Добровольский
директор компании «Эргономика»

процедурами на это уходит от полутора до трех лет. Однако, в нашей практике есть примеры, когда вопросы по очистке питьевой воды на руднике мы решали за два месяца от обращения заказчика. Но сроки, как вы понимаете, во многом зависят и от самого заказчика.

– Когда вами был установлен первый комплекс по водоочистке и как развивается ваша практическая деятельность в этой сфере?

– Первый проект по водоочистке (я не имею в виду бытовые системы) был реализован около двадцати лет назад. За это время мы поставили на разных площадках не один десяток комплексов с нашими системами очистки воды: в модульном исполнении и в существующих зданиях, для очистки питьевой воды, воды для котельных, градирен, технологии и других, порой довольно специфических применений. Мы решаем задачи разного рода. При этом мы получаем и разрешения от комитета по ЧС на то, что наше оборудование может быть применено в горнорудном комплексе, если подобные разрешения требуются по закону. Мы приобрели богатый практический опыт и хороших постоянных партнеров.

– За эти годы у вас возникали ситуации, когда поставленная заказчиком задача казалась невыполнимой?

– Сложные и нестандартные задачи встречаются регулярно. Были задачи с очисткой воды от радионуклеидов, с концентрированием пигментов органического происхождения на мембранах, с получением высококачественной деионизированной воды. Однако, невыполнимых технически – почти не встречали. Задача может быть невыполнимой в рамках выделенного бюджета, сроков или ресурсов. Решение задачи «в лоб» может быть экономически невыгодным.

Но, чисто технически – почти всегда можно найти приемлемое решение. Более того, если мы сталкиваемся со сложными задачами, когда требуются узконаправленные специальные знания, серьезный научный потенциал, мы привлекаем наших партнеров из России, Белоруссии и дальнего зарубежья. У нас уже выстроилось устойчивое надежное партнерство, на которое мы можем опереться.

– Каковы практические результаты от внедрения ваших систем водоочистки? Позволят ли они горнорудным предприятиям соответствовать требованиям нового Экологического кодекса и освободиться от платы за эмиссию в окружающую среду?

– Результаты внедрения – вполне предсказуемые. В части подготовки питьевой воды – это несомненное и гарантированное соответствие воды питьевым нормам, в конечном итоге, – здоровье людей, работающих на предприятии. В части очистки сточных вод – полное соответствие очищенных стоков природоохранным нормам, надежные и разумные по стоимости способы утилизации вредных примесей, извлеченных из сточных вод. Мы занимаемся именно водой и внедряем эффективные комплексы водоочистки.

Сейчас вопрос для горнорудных предприятий стоит гораздо острее: речь идет не просто о повышенных

платежах за эмиссию и жестких штрафных санкциях за нарушение экологических норм, а уже о целесообразности производства и о дальнейшем существовании самих предприятий. Теперь соблюдение «зеленого закона» – вопрос жизни и смерти для

горнодобывающей отрасли. И в этой сложной ситуации «Эргономика» готова помочь нашим заказчикам во внедрении эффективных, проверенных на практике природоохранных технологий.

Как я уже отмечал, стандартных задач и единственного «волшебного» метода водоочистки для всех предприятий не существует. К каждому предприятию, к каждой задаче требуется индивидуальный подход. За годы работы мы приобрели богатый опыт по внедрению различных комплексных систем очистки и обеспечения требуемого качества воды. Это – наш профиль. Более того, наш опыт позволяет оптимизировать многие технологические процессы, избавить недропользователей от лишних затрат.

А Экологический кодекс – это стимул для горнодобывающей отрасли: внедрить на производстве новые технологии по очистке промышленных отходов, избавиться от штрафных санкций и экологических платежей.

– Спасибо за содержательную беседу, Игорь Владимирович! Редакция нашего журнала надеется, что Ваш опыт поможет многим предприятиям горнорудного комплекса решить вопросы внедрения природоохранных технологий на производстве и значительно снизить свои затраты.

– Спасибо и Вам! Мы открыты для сотрудничества, готовы делиться своим опытом и в дальнейшем, в том числе – и со страниц вашего журнала. Будем рады помочь своим новым партнерам.

ТОО НПФ Эргономика

Год основания – 1996.

Профиль деятельности: «Внедрение энергосберегающих и экологических технологий в ЖКХ и промышленности».

Численность персонала: около 100 человек.

Реализованные проекты: модернизация систем водоснабжения крупных городов и горнорудных производственных комплексов (Атырау, Актобе, Тараз, Семей, Караганда, Жезказган, Нур-Султан и т.д.).

Возможности: проработка решения поставленных задач «от инжиниринга до сервисного контракта», с возможностью организации финансового лизинга и взаимодействия в рамках «Ресурсного контракта».

Вся информация о внедрении технологий водоочистки компании «Эргономика» размещена на сайте www.ergonomika.kz.

Республика Казахстан, 100019, г. Караганда,
ул. Кривогуза, 57/2, тел: 8(7212) 91-01-01
info@ergonomika.kz
www.ergonomika.kz

Интервью подготовил Владимир Вишняков

Металлообработка. Сварка – Урал

Екатеринбург

16–19
марта
2021

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

крупнейший специализированный
региональный проект в России



ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ПЕРМСКАЯ
ЯРМАРКА

(342) 264-64-27

egorova@expoperm.ru

www.metal-ekb.expoperm.ru

Код МРНТИ 38.49.19

К.Б. Каскатаева¹, Т.В. Кряжева¹, А.А. Кенетаева¹, В.В. Дьяконов²¹Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан),²Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (г. Москва, Россия)

ФАЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ РУД ЛИСАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены фациальные типы руд Лисаковского месторождения. Выделены для лисаковской толщи три основных типа разрезов с двумя или тремя подтипами в каждом, которыми исчерпывается все разнообразие взаимоотношений двух основных типов руд с вмещающими отложениями в толще верхнеолигоценного возраста. Все разрезы лисаковской толщи заканчиваются рудами гидрогетитового типа, мелкозернистыми песками или глинами, либо их переслаиванием в различной последовательности при широких колебаниях мощности. Литологические исследования современных речных осадков показали закономерную смену одних фаций аллювия другими в разрезах и по простиранию, в связи с чем для однозначного определения фациальной принадлежности отложений ископаемого аллювия в ряде случаев оказывается достаточно сведений о соответствующих фациальных переходах.

Ключевые слова: Лисаковское месторождение, аллювий, оолиты, гидрогетит, руда, рудные залежи, гидрогетитовый тип, хлоритовый тип, лисаковская толща, русловые фации.

Лисаковск кен орны кендерінің фациалды типтері

Аңдатпа. Мақалада Лисаковское кен орны кендерінің фациалды типтері қарастырылды. Лисаковск қалыңдығы үшін әрқайсысында екі немесе үш кіші түрі бар тіліктердің үш негізгі түрі бөлінген, олар кеннің екі негізгі түрінің орнын толтыратын шөгінділермен өзара қарым-қатынасының барлық алуан түрлілігін жоюды жоғарғы олигоцен жасынан қалың. Лисаковск қалыңдығының барлық тіліктері гидрогетитті типтегі кендермен, ұсақ түйірлі құмдармен немесе саздармен, немесе қуаттың кең ауытқуы кезінде оларды әр түрлі ретпен қабаттаумен аяқталады. Қазіргі өзен шөгінділерінің литологиялық зерттеулері аллювийдің кейбір фацияларының кесінділерде және созылымдарда табиғи түрде өзгеретінін көрсетті, осыған байланысты кейбір жағдайларда қазба аллювий шөгінділерінің фациалды құрамын біркелкі анықтау үшін тиісті фациалды ауысулар туралы ақпарат жеткілікті.

Түйінді сөздер: Лисаковское кен орны, аллювий, оолиттер, гидрогетит, кен, кен шоғырлары, гидрогетит типі, хлорит типі, лисаков қалыңдығы, арналық фациялар.

Facies types of ores of the Lisakovskoye field

Abstract. Facies types of ores of the Lisakovskoye field are considered in the article. Three main types of sections with two or three subtypes in each section are identified for the Lisakovsk stratum, which exhaust all the variety of relationships between the two main types of ores and the host deposits. thicker than the upper oligocene age. All sections of the Lisakovsk stratum end with hydrogетite-type ores, fine-grained sands or clays, or their interbedding in different sequences with wide variations in power. Lithological studies of modern river sediments have shown a regular change of some alluvium facies by others in sections and along the strike, and in this connection, for an unambiguous determination of the facies belonging of fossil alluvium deposits, in some cases, there is enough information about the corresponding facies transitions.

Key words: Lisakovskoye field, alluvium, oolites, hydrogетite, ore, ore deposits, hydrogетite type, chlorite type, Lisakovsk stratum, channel facies.

Введение

Как известно, рудная залежь Лисаковского месторождения ввиду отсутствия естественных обнажений доступна для непосредственного излучения только в карьерах. На всей площади распространения в пределах субширотной полосы протяженностью порядка 150 км, руды изучались в период разведочных работ, главным образом, по материалам бурения, а в самой верхней части рудной залежи – в контрольных шурфах. Этими работами установлены форма, размеры и внутреннее строение рудных тел, их взаимоотношения с вмещающими отложениями, типы и литологические разновидности руд, а также рассмотрена принадлежность двух основных типов руд к определенным фациям аллювия.

Среди оолитовых железных руд по составу преобладающих аутигенных минералов железа различают гидрогетитовый и хлоритовый типы, к первому из которых относятся руды с оолитами и цементом (если он есть) преимущественно гидрогетитового состава, а ко второму – гидрогетито-хлоритовые, гидрогетито-сидеритовые и гидрогетито-сидерито-хлоритовые руды, представленные оолитами с гидрогетитовыми или гидрогетито-хлоритовыми концентратами, сцементированными хлоритовым, сидеритовым или хлорито-сидеритовым цементом. В пределах этих двух основных типов выделяют оолитовые пески, оолитовые песчаники и галечно-гравийные отложения [1, 2].

По валовому содержанию общего железа руды хлоритового типа относятся преимущественно к забалансовым,

реже – к рудам 2-го сорта; они обнаружены скважинами только в нижней половине рудной залежи на отдельных немногочисленных участках в западной, и реже в восточной части месторождения на Степном и Темирском участках. Это послужило причиной того, что наиболее изученными оказались руды гидрогетитового типа, которые еще в период разведочных работ по ряду литологических признаков и особенностям залегания были отнесены к русловому аллювию [1, 2].

Методика исследования

Методика исследования основана на рассмотрении признаков распространения гидрогетитового типа руд в виде узких и длинных в плане рудных тел с линзовидной формой поперечного сечения; залегания их в эрозионных ложбинах, в поверхности подстилающих отложений; косой слоистости потокового типа; наличия крупных растительных остатков в виде обломков стволов и щепок, редких остатков недиагностируемой пресноводной фауны; быстрой изменчивости состава отложений в вертикальных разрезах и по простиранию, состава аутигенных минералов, представленных преимущественно окисной формой железа.

В забоях карьеров, ориентированных вкрест простирания рудной залежи в направлении к ее краевым частям, прослежены переходы русловых фаций, представленных рудами гидрогетитового типа, в кварцевые пески с редкими гидрогетитовыми оолитами и затем в белые, слабоожелезненные пески без оолитов, которые на основании гранулометрического состава и текстурных особенностей

интерпретируются как отложения, соответственно, русловой отмели высокого уровня и прируслового вала.

Фации руслового аллювия пратобла формируются при различных режимах турбулентного потока, который в полосе стрежня неустойчив и приводит в паводок к преобладающей эрозии, а в межень – к аккумуляции осадка. В современном аллювии отложения русловой фации характеризуются резким эрозийным контактом с подстилающими отложениями и, в отличие от других фаций руслового аллювия, более крупнозернистыми осадками умеренной и плохой сортировки, содержащими в основании галечно-гравийный материал. Поэтому к русловой фации нами отнесены те линзы руд гидрогетитового типа, в которых на контакте с подстилающими отложениями наблюдается кварцевая или рудная галька и гравий, либо обломки руд гидрогетитового типа [3, 4].

Зона русловой отмели характеризуется устойчивой поперечной циркуляцией водного потока, постоянно выносящего к отмелому берегу все новые массы песчаных наносов. Для этой обстановки осадконакопления свойственно преобладание грядного режима движения наносов в виде закономерно расположенных подводных песчаных «дюн», имеющих в плане форму полумесяца с рогами, обращенными по направлению течения. Изучение косой слоистости гидрогетитового типа руд центральных частей рудной залежи в сечениях, ориентированных перпендикулярно направлению преобладающего падения косых слойков, доказывает, что она сформирована при перемещении именно таких подводных аккумулятивных форм наносов. Постоянно присутствующие на контакте смежных косослоистых серий маломощные (до 1-5 см) прослойки глинистых алевритов и железистых песчаников диагностируются как литифицированные слои заиления, образующиеся в современных отложениях русловой отмели вследствие наращивания тонких поверхностных осадков за счет влекомых и взвешенных наносов при спаде половодья [5].

Исходя из изложенного, принадлежность гидрогетитового типа руд к русловым фациям не вызывает сомнения и оолитовые железные руды Лисаковского месторождения руды хлоритового типа в рамках аллювиального литогенеза являются образованиями стариц и озерно-болотных водоемов.

Характерными отличительными признаками этих фаций являются: овальная и линзовидная в плане форма рудных тел, вытянутых вдоль направления речных долин; ограниченное распространение рудных залежей, обусловленное формами и размерами бывших водоемов и спорадическое распределение их в пределах речных долин; горизонтальная слоистость; многократное чередование песков, железистых песчаников, оолитовых руд и глин в вертикальных разрезах; наличие в более крупных озерных водоемах смены крупнозернистых песчаных осадков более тонкозернистыми и глинистыми от прибрежной полосы к их центральным частям; присутствие в рудах обугленных растительных остатков и единичные находки недиагностируемой пресноводной фауны; широкое распространение аутигенных минералов с окисленными и закисными формами железа (железистые

хлориты, сидерит, пирит); небольшая мощность осадков, определяемая в пределах первого десятка метров, обусловленная кратковременным существованием озерно-болотных водоемов и стариц в речных долинах [6-8].

Фактический материал, изученный в рамках научных исследований при подготовке диссертации, позволяет выделить для лисаковской толщи три основных типа разрезов с двумя или тремя подтипами в каждом, которыми исчерпывается все разнообразие взаимоотношений двух основных типов руд с вмещающими отложениями.

I тип руды: разрезы, где на размытой поверхности подстилающих пород залегают руды хлоритового типа переменной мощности (от 0,7 м до 14,0 м), обычно без видимой слоистости, изредка с тонкой горизонтальной макро- и микрослоистостью, нередко сидеритизированные, часто с тонкими прослоями плотных зеленовато-серых глин, либо кварцевых песчаников на сидеритовом цементе и очень редко, обычно у контакта с подстилающими отложениями, с маломощными прослоями мелкозернистых белых кварцевых песков. Перекрываются руды хлоритового типа одним из трех отложений:

- с размывом, рудами гидрогетитового типа, представленные косослоистыми оолитовыми песками и песчаниками на гидрогетитовом цементе;
- предположительно с размывом, мелкозернистыми светло-серыми и желтоватыми кварцевыми песками с гидрогетитовыми оолитами либо без них, содержащими иногда тонкие прослойки голубовато-серых глин и кварцево-оолитовых песчаников на гидрогетитовом цементе («плитки», «коржи»);

▪ без видимого размыва, голубовато-серыми, плотными глинами, иногда с тонкими горизонтальными прослойками белых мелкозернистых кварцевых песков.

II тип руды: разрезы, сложенные в нижней части преимущественно белыми и серыми, различных оттенков, мелкозернистыми кварцевыми, слабо ожелезненными песками с гидрогетитовыми оолитами, либо без них, содержащими иногда в основании маломощную (до 1,5-2,5 м) пачку голубовато-серых, плотных глин. За контуром рудной залежи этими песками разрез и заканчивается, а в пределах площади распространения руды на песках залегают:

- обычно с размывом, руды гидрогетитового типа, содержащие различное количество песчано-алевритовых и глинистых прослоев, изредка значительной (до 3-4 м) мощности, либо маломощных (0,1-0,2 м) прослоев кварцево-оолитовых песчаников на гидрогетитовом или сидеритовом цементе;
- либо, что очень редко, руды хлоритового типа, аналогичные описанным выше.

К III типу руды относятся разрезы, в которых на размытой поверхности подстилающих лисаковскую толщу пород залегают руды гидрогетитового типа [3].

Все разрезы лисаковской толщи заканчиваются рудами гидрогетитового типа, мелкозернистыми песками или глинами, либо их переслаиванием в различной последовательности при широких колебаниях мощности.

С запада на восток наблюдается закономерное изменение строения лисаковской толщи. В западной части месторождения наиболее распространены разрезы,

в которых руды хлоритового типа залегают непосредственно на глинах и глауконитовых песках саксаульско-чеганского горизонта, коре выветривания палеозойских пород, или на образованиях складчатого фундамента (тип I-1), и только в единичных скважинах на контакте руд хлоритового типа с подстилающими отложениями наблюдается прослой песка с редкими гидрогетитовыми оолитами (тип II-2). С продвижением к востоку число разрезов с песчаными прослоями в основании руд хлоритового типа увеличивается и этот тип разрезов становится господствующим. В западной части месторождения руды хлоритового типа перекрываются с размывом, преимущественно гидрогетитовыми рудами (тип I-1), а с продвижением к востоку все чаще песками с редкими гидрогетитовыми оолитами (I-2). Еще восточнее, на Степном и Темирском участках часто встречаются разрезы, в которых на рудах хлоритового типа без видимых следов размыва залегают глины (тип 1-3), сменяющиеся вверх по разрезу песками с редкими оолитами гидрогетита, или без них.

Такие закономерности строения лисаковской толщи позволяют предполагать первоначально пластовую форму залегания отложений, вмещающих руды хлоритового типа, а их современное локальное распространение считать следствием последующего размыва потоками, в которых происходила транспортировка и накопление оолитов и терригенного материала и, в итоге, образование толщи гидрогетитовых руд. Анализ абсолютных отметок подошвы руд хлоритового типа показал, что они располагаются на различных гипсометрических уровнях от +194 м до +206 м, в то время как их кровля характеризуется постоянством значений абсолютных отметок, лежащих вблизи +206.

Поверхность, погребенная под осадками лисаковской толщи, по характеру рельефа представляет собой два различных участка, граница между которыми проходит в центральной части по ориентированной СВ-ЮЗ изогипсе +202 м. Южнее этой изогипсы абсолютные отметки имеют значения более 202 м, а рельеф представляет собой плато с пологой наклоненной в северо-восточном направлении поверхностью, осложненной в самой южной части положительными формами с относительным превышением до 12 м. В северной части карты расположена долиноподобная форма рельефа с локальными понижениями и поднятиями до 4 м относительно средних значений отметок на этом участке [1, 2].

Поверхность отложений, подстилающих руды гидрогетитового типа или русловые фации аллювия, характеризуется гораздо меньшим расчленением и представляет собой плоскую равнину с абсолютными отметками, незначительно отклоняющимися в ту или иную сторону от значения +206 м. В центральной части рельефа этой поверхности наблюдается узкое (до 600 м) руслоподобное понижение явно эрозионного характера, ориентированное СВ-ЮЗ и врезанное до 8 м и более в отложения, подстилающие гидрогетитовые руды. На юге этой равнины наблюдаются положительные формы рельефа с относительным превышением до 6-8 м.

Как следует из анализа, руды хлоритового типа на большей части площади своего развития залегают

непосредственно на отложениях морского палеогена, коре выветривания или породах складчатого фундамента и лишь на отдельных участках (в северо-восточной части карты) они подстилаются маломощной пачкой мелкозернистых песков, принадлежащих лисаковской толще. Распространение руд хлоритового типа не связано с рельефом и литологическими типами подстилающих отложений, а все неровности в их подошве не находят отражения в кровле и компенсируются мощностью.

О причинах мозаичности площадей распространения руд хлоритового типа говорилось выше. Дополнительным подтверждением высказанного объяснения служат контуры рудных тел, согласующиеся с рельефом эрозионной долины и выступы в ее бортах, сложенные рудами хлоритового типа, которые являются более устойчивыми к размыву, по сравнению с песками, вследствие широко развитой в них сидеритизации.

Результаты литологических исследований современных речных осадков свидетельствуют о закономерной смене одних фаций аллювия другими в разрезах и по простиранию, в связи с чем для однозначного определения фациальной принадлежности отложений ископаемого аллювия в ряде случаев оказывается достаточно сведений о соответствующих фациальных переходах [6, 9].

Если рассматривать руды хлоритового типа в качестве образований стариц и озерно-болотных водоемов, то следует ожидать совершенно определенных пространственных взаимоотношений их с гидрогетитовыми рудами, принадлежность которых русловой макрофации не вызывает сомнений. Очевидно, появление старичных осадков в разрезе аллювия связано с эволюцией речной сети, в процессе которой старицы проходят три главные стадии развития. В начале старица тесно связана с руслом, и во время половодья в ней устанавливается турбулентный режим, приводящий в движение песчаные донные осадки, которым, по сравнению с русловыми, свойственна большая тонкозернистость и заиленность. Вследствие последующего полного обособления старицы от русла и превращения ее в озерный водоем в ней накапливается только взвешенный алеврито-глинистый материал. На последней стадии развития старицы происходит захоронение осадков озерной стадии либо под русловыми наносами, либо под аллохтонными торфяниками, а затем уже под пойменными отложениями, завершающимися обычно разрезы старичных линз [5, 10].

Для озерно-болотных отложений или вторичных водоемов, поймы наиболее характерной диагностической особенностью является их переход вниз по разрезу не в русловые, а в собственно пойменные отложения, т. е. фации приречной либо внутренней поймы, представленные содержащими гумисированные прослой песчано-алевритовыми и глинисто-алевритовыми осадками с отчетливой горизонтальной и пологой слоистостью сезонно-ритмичного характера, либо хорошо выраженными почвами различных типов. Единственное исключение – илы наиболее глубоких бочагов, тяготеющих обычно к руслу или крупным межгрядным ложбинам, являющимся путями стока полых вод, интенсивная циркуляция которых и приводит к узколокальному

размыву поверхностных пойменных отложений. Поэтому под илами наиболее глубоких бочагов залегают мелкозернистые отмытые пески руслового типа, принадлежащие фации прирусловых валов и верхних частей прирусловых отмелей. Для идентификации таких отложений в ископаемом состоянии наиболее надежными критериями являются резкий характер перехода в соседние фации при небольшой площади, не превышающей обычно 20-40 м [6]. Что касается собственно пойменных отложений, то вниз по разрезу они либо постепенно переходят в осадки прирусловых валов, либо залегают на них или старичных отложениях с размывом. По простиранию пойменные отложения связаны постепенными переходами с осадками стариц и нигде не контактируют с русловым аллювием [6, 10].

Выводы

Из описанных взаимоотношений различных фациальных типов аллювия следует, что как старичным и пойменным фациям, так и фациям вторичных водоемов поймы в разрезах всегда предшествуют русловые осадки, которые с размывом залегают на более древних

отложениях. Иными словами, прежде чем старица превратится в озерный водоем она должна пройти русловую стадию развития, а возникновению вторичных водоемов поймы предшествует накопление пойменных осадков, также залегающих на русловых отложениях.

На приведенных разрезах лисаковской толщи, подстилающих гидрогетитовые руды, показано, что в западной части месторождения руды хлоритового типа залегают непосредственно на эродированной поверхности подстилающих пород морского палеогена и нигде не подстилаются рудами гидрогетитового типа, т. е. отложениями русловой макрофации. Следовательно, руды хлоритового типа не принадлежат ни старичным, ни озерно-болотным фациям и, хотя и залегают в комплексе аллювиальных отложений, являются гентически им чуждыми.

Изучение текстур и гранулометрического состава позволяет рассматривать руды Лисаковского месторождения гидрогетитового типа в качестве образованной отчасти пристрежневой фации, а в большинстве – отложений русловой отмели низкого уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Садчиков А.В., Дьяконов В.В. Геологическое строение рудных залежей Лисаковского месторождения. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2020. – С. 22-27. (на русском языке)
2. Каскатаева К.Б., Қасқатай А., Кряжева Т.В. Характеристика оолитовых руд Лисаковского месторождения. // XXIV Междунар. науч. симп. студентов и молодых ученых им. акад. М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посв. 75-летию Победы в ВОВ. – Томск, 2020. – Т. 1. – С. 205-207. (на русском языке)
3. Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Асқарова Н.С. Минеральный состав руд Лисаковского месторождения. // Междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11). – Караганда, 2019. – Ч. 3. – С. 287-290. (на русском языке)
4. Quast K. Обзор по характеристике и переработке оолитовых железных руд. // Разработка полезных ископаемых: Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2018. – Т. 126. – С. 89-100. (на английском языке)
5. Рева И.В., Сорокина А.М. Геохимические особенности оолитовых железняков Лисаковского месторождения (Торгайский прогиб, Казахстан). // Труды XXIII Международного симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения акад. К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения проф. К.В. Радугина И. «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск, 2019. – Т. 1. – С. 169-171. (на русском языке)
6. Холодов В.Н., Недумов Р.И., Голубовская Е.В. Фациальные типы осадочных железорудных месторождений и их геохимические особенности. Сообщение 1. Фациальные группы осадочных руд, их литология и генезис. // Литология и полезные ископаемые: Геологический институт РАН. – 2012. – №6. – С. 503-531. (на русском языке)
7. Ionkov K., Gaydardzhiev S., Gomes O., Neumann R., Correa de Araujo A. Технологически ориентированная характеристика концентрата оолитового железа при дефосфоризации обжигом и выщелачиванием. // Материалы 28-го Международного конгресса по переработке полезных ископаемых. – Квебек (Канада): Канадский институт горного дела, металлургии и нефти, 2016. – 116 р. (на английском языке).
8. Zhang L., Ankathi S., Zhang M., Eisele T. Био-извлечение фосфора из гетитовой руды с добавлением щелочи. // Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2019. – Т. 141. – С. 105850. (на английском языке)
9. Зайнуллин Л.А., Карелин В.Г., Епишин А.Ю., Артов Д.А. Дефосфорация лисаковского железорудного концентрата. // Современные тенденции в области теории

и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья: материалы Международ. науч.-практ. конф., приуроченной к 90-летию со дня основания института «Уралмеханобр». – Екатеринбург: ОАО «Уралмеханобр», 2019. – С. 217-219. (на русском языке)

10. Голубовская Е.В. Некоторые геохимические особенности железных руд Лисаковского месторождения. // Литология и полезные ископаемые. Геологический институт РАН. – 2003. – №3. – С. 324-330. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Садчиков А.В., Дьяконов В.В. Лисаков кен орнының кен шоғырларының геологиялық құрылысы. // Қазақстанның кен журналы. – 2020. – Б.22-27. (орыс тілінде)
2. Қасқатаева К.Б., Қасқатай А., Кряжева Т.В. Лисаков кен орнының оолитті кендерінің сипаттамасы. // Ұлы Отан соғысындағы Жеңістің 75 жылдығына арналған. Академик М.А. Усов атындағы студенттер мен жас ғалымдардың «Геология мәселелері және жер қойнауын игеру» XXIV халықаралық ғылыми симпозиумы. – Томск, 2020. – Т. 1. – Б. 205-207. (орыс тілінде)
3. Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Асқарова Н.С. Лисаков кен орнының кендерінің минералдық құрамы. // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» атты ғылыми-практикалық халықаралық конференция. (Сағынов оқулары №11). – Қарағанды, 2019. – Бөл. 3. – Б. 287-290. (орыс тілінде)
4. Quast K. Оолитті темір кендерінің сипаттамасы мен өңделуіне шолу. // Elsevier Science Publishing Company, Inc. Пайдалы Қазбаларды Өңдеу. – 2018. – Т. 126. – Б. 89-100. (ағылшын тілінде)
5. Рева И.В., Сорокина А.М. Лисаков кен орнының оолитті железняктарының геохимиялық ерекшеліктері (Торғай ойысы, Қазақстан). // Академик Қ.И. Сәтпаевтың 120-жылдығына және профессор К.В. Радугиннің 120-жылдығына арналған Академик М.А. Усов атындағы XXIII Халықаралық симпозиумның студенттері мен жас ғалымдар еңбектері. «Геология және жер қойнауын игеру мәселелері». – Томск, 2019. – Т. 1. – Б. 169-171. (орыс тілінде)
6. Холодов В.Н., Недумов Р.И., Голубовская Е.В. Шөгінді темір кені кен орындарының фацналды түрлері және олардың геохимиялық ерекшеліктері. Хабарлама 1. Шөгінді кендердің фацналды топтары, олардың литологиясы мен генезисі. // Литология және пайдалы қазбалар. Ресей Ғылым академиясы геологиялық институты. – 2012. – №6. – Б. 503-526. (орыс тілінде)
7. Ionkov K., Gaydardzhiev S., Gomes O., Neumann R., Correa de Araujo A. Күйдіру және сілтілеу арқылы дефосфорлану кезіндегі оолитті темір концентратының технологиялық бағдарланған сипаттамасы. // 28-ші халықаралық пайдалы қазбаларды өңдеу конгресінің материалдары. – Квебек (Канада): Канада тау-кен, металлургия және мұнай институты, 2016. – Б. 116. (ағылшын тілінде).
8. Zhang L., Ankathi S., Zhang M., Eisele T. Сілтіні қоса отырып, гетит кенінен фосфорды био-алу. // Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2019. – Т. 141. – Б. 105850. (ағылшын тілінде).
9. Зайнуллин Л.А., Карелин В.Г., Епишин А.Ю., Артов Д.А. Лисаков темір кені концентратының дефосфорациясы. // Жинақта: минералды және техногендік шикізатты өндіру және қайта өңдеу теориясы мен практикасы саласындағы заманауи үрдістер. «Уралмеханобр» институтының құрылғанына 90 жыл толуына арналған халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары. – Екатеринбург: «Уралмеханобр» ААҚ, 2019. – Б. 217-219. (орыс тілінде)
10. Голубовская Е.В. Лисаков кен орнының темір кендерінің кейбір геохимиялық ерекшеліктері. // Литология және пайдалы қазбалар. Ресей Ғылым академиясы геологиялық институты. – 2003. – №3. – Б. 324-330. (орыс тілінде).

REFERENCES

1. Kaskataeva K.B., Kryazheva T.V., Sadchikov A.V., Diakonov V.V. Geological structure of ore deposits of the Lisakovsky deposit. // Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – P. 22-27. (in Russian)
2. Kaskataeva K.B., Kaskatai A., Kryazheva T.V. Characteristics of oolite ores of the Lisakovsky Deposit. // Dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War XXIV International Scientific Symposium of Students and Young Scientists

- named after academician M.A. Usov «Problems of Geology and Subsoil Development». – Tomsk, 2020. – Vol. 1. – P. 205-207. (in Russian)*
3. *Kaskataeva K.B., Kryazheva T.V., Askarova N.S. Mineral composition of ores of the Lisakovsky Deposit. // Scientific and practical international conference «Integration of science, education and production-the basis for the implementation of the national Plan». (Saganowski read №11). – Karaganda, 2019. – Part 3. – Pp. 287-290. (in Russian)*
 4. *Quast K. A review on the characterisation and processing of oolitic iron ores. // Elsevier Science Publishing Company, Inc. Minerals Engineering. – 2018. – T. 126. – P. 89-100. (in English)*
 5. *Reva I.V., Sorokina A.M. Geochemical features of oolite ironstones of the Lisakovsky Deposit (Torgai trough, Kazakhstan). // Proceedings of the XXIII International Symposium named after academician M.A. Usov of students and young scientists, dedicated to the 120th anniversary of the birth of academician K. I. Satpayev, the 120th anniversary of the birth of Professor K.V. Radugin. «Problems of Geology and exploitation of mineral resources». – Tomsk, 2019. – Vol. 1. – P. 169-171. (in Russian)*
 6. *Kholodov V.N., Nedumov R.I., Golubovskaya E.V. Facies types of sedimentary iron ore deposits and their geochemical features. Part 1. Facies groups of sedimentary ores, their lithology and genesis. // Lithology and mineral resources. Geological Institute of the Russian Academy of Sciences. – 2012. – №6. – P. 503-526. (in Russian)*
 7. *Ionkov K., Gaydardzhiev S., Gomes O., Neumann R., Correa de Araujo A. Process oriented characterization of oolitic iron concentrate during dephosphorisation by roasting and leaching. // Proceedings of the 28th International Congress on Mineral Processing. – Québec (Canada): Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2016. – 116 p. (in English)*
 8. *Zhang L., Ankathi S., Zhang M., Eisele T. Bio-extraction of phosphorus from goethite ore with alkali addition. // Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2019. – Vol. 141. – P. 105850p. (in English)*
 9. *Zainullin L.A., Karelin V.G., Epishin A.Yu., Artov D.A. Dephosphorization of Lisakovsky iron ore concentrate. // Modern trends in the field of theory and practice of mining and processing of mineral and technogenic raw materials: Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the foundation of the «Uralmekhanobr» Institute. – Yekaterinburg: JSC «Uralmekhanobr», 2019. – P. 217-219. (in Russian)*
 10. *Golubovskaya E.V. Some geochemical features of iron ores of the Lisakovsky deposit. // Lithology and mineral resources. Geological Institute of the Russian Academy of Sciences. – 2003. – №3. – P. 324-330. (in Russian)*

Сведения об авторах:

Каскатаева К.Б., докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), aigakk@mail.ru

Кряжева Т.В., канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), kryazheva_t@mail.ru

Кенетаева А.А., преподаватель кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), aigakk@mail.ru

Токушева Ж.Х., старший преподаватель кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), jtokusheva@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Каскатаева К.Б., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), aigakk@mail.ru

Кряжева Т.В., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), kryazheva_t@mail.ru

Кенетаева А.А., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), aigakk@mail.ru

Токушева Ж.Х., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының аға оқытушысы, (Қарағанды қ., Қазақстан) jtokusheva@mail.ru

Information about the authors:

Kaskataeva K.B., PhD Student at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), aigakk@mail.ru

Kryazheva T.V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), kryazheva_t@mail.ru

Kenetaeva A.A., Lecturer at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), aigakk@mail.ru

Tokusheva Zh.Kh., Senior Lecturer at the Department «Geology and Exploration of Mineral Deposits», Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), jtokusheva@mail.ru

Профессиональная конференция
и технический визит



ГОРНОРУДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ И СНГ

СТРОИТЕЛЬСТВО И МОДЕРНИЗАЦИЯ

24-25 МАРТА 2021, КУРСК

Партнер мероприятия:



Металлоинвест
Михайловский ГОК

Организатор:

VOSTOCK CAPITAL



При поддержке
Администрации Курской
области

Серебряный спонсор:

SEVER MINERALS

Золотой спонсор:

REDPATH DEILMANN

Бронзовые
спонсоры:

**FLOTENT
CHEMICALS**
progressive process solutions

ЧЕТРА

КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

200+ РУКОВОДИТЕЛЕЙ КЛЮЧЕВЫХ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ И СНГ,

инвесторы, инициаторы инвестиционных проектов, технические директора, представители правительства и регуляторных органов, ведущие технологические компании индустрии

ТЕХНИЧЕСКИЙ ВИЗИТ НА МИХАЙЛОВСКИЙ ГОК (МЕТАЛЛОИНВЕСТ)*

*Количество мест для участия в техническом визите ограничено. Свяжитесь с организаторами для уточнения условий.

25+ КРУПНЕЙШИХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ГОРНОРУДНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ И СНГ

Строительство ГОКов, модернизация, расширение мощностей и освоение новых месторождений

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ФОКУС: ДИСКУССИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИРЕКТОРОВ

Как оптимизировать производственные процессы? Задайте свои вопросы техническим руководителям

30+ ЧАСОВ ДЕЛОВОГО И НЕФОРМАЛЬНОГО ОБЩЕНИЯ

Встречи один на один по заранее согласованному графику, торжественный ужин, деловые обеды, кофе-брейки, интерактивные дискуссии и многое другое

РОУД-ШОУ, ВЫСТАВКА ЛИДЕРОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Представьте свои технологические новинки ведущим горнорудным компаниям России и СНГ!

ПО ВОПРОСАМ ПРОГРАММЫ И ВЫСТУПЛЕНИЯ,
ПОЖАЛУЙСТА, ОБРАЩАЙТЕСЬ:



**ВИКТОРИЯ
ПЕНЗОВА**

Продюсер проекта

+7 495 109 9 509

VPenzova@vostockcapital.com

miningrussiaconference.com

Код МРНТИ 37.01.81

В.Ю. Селезнева¹, А.Т. Абдирахман^{2,3}¹Товарищество с ограниченной ответственностью «Два Кей» (г. Алматы, Казахстан),²Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),³Товарищество с ограниченной ответственностью «Каратау» (п. Таукент, Казахстан)

ЗНАЧИМОСТЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГАММА-КАРОТАЖА ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУДЕНОВСКОЕ ШУ-САРЫСУЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ)

Аннотация. В статье рассматриваются методы и роль контроля качества гамма-каротажа при геологическом подсчете запасов месторождения урана. Сверяются данные гамма-каротажа, полученные во время проведенных в разное время исследований на месторождении Буденовское для выяснения причин. Стабильность работы аппаратуры в период между градуировками контролировалась и оценивалась по результатам измерений гамма-излучения до и после проведения каротажа в скважинах от контрольного источника. Погрешность измерений при каротаже оценивалась по результатам контрольного каротажа путем сравнения площадей и метропроцента гамма-аномалий основного и контрольного каротажей и расчета по этим значениям среднеквадратичного отклонения по данным формулам. Увеличение точности данных гамма-каротажа приводит к улучшению количественной интерпретации для определения параметров оруденения.

Ключевые слова: контроль гамма-каротажа, подсчет запасов урана, геофизические скважинные приборы, количественная интерпретация данных, рабочий эталон, детальная разведка, каротажные диаграммы, контроля чувствительности, радиоактивные методы каротажа, градуировка.

Уран кеніштерінің қорын есептеу кезіндегі гамма-каротаж сапасын бақылаудың маңызы (Буденовское кен орнының мысалында)

Андатпа. Мақалада уран кенорнының геологиялық қорларын есептеу кезіндегі гамма-каротаждың сапасын бақылау әдіс-тәсілдері мен алатын рөлі қарастырылады. Сондай-ақ Буденовское кен орнындағы әртүрлі уақытта жүргізілген гамма-каротаж аппаратын салыстырып, ондағы айырмашылықтардың себебін анықтауға баса көңіл бөлінген. Құрылғының тұрақтылығы градуирлеу кезіндегі жабдықтың бақылау көзінен ұңғымаларға дейінгі аралықта гамма-сәулеленуді өлшеу нәтижелері бойынша бақыланды және тексерілді. Каротаж кезінде өлшеу қателігі гамма-аномалиялардың аудандары мен метро пайызын салыстыру және берілген шамалардан формулалар көмегімен орташа шаршылық ауытқуды есептеу арқылы бағаланды. Гамма-каротаж деректерінің дәлдігін жоғарылату кеннің орналасу параметрлерін анықтаудағы сандық интерпретацияны жақсартады.

Түйінді сөздер: гамма-сәулелік каротажды бақылау, уран қорын есептеу, ұңғыманың геофизикалық құралдары, сандық мәліметтерді интерпретациялау, жұмыс стандарты, егжей-тегжейлі барлау, ұңғыма журналдары, сезімталдығы, радиоактивті каротаж тәсілдері, калибрлеу.

The importance of gamma logging quality control in the calculation of uranium reserves (at the example of the Budenovskoye deposit)

Abstract. The article discusses the methods and role of quality control of gamma-ray logging in the geological calculation of uranium deposit reserves. Also, the data of gamma-ray logging conducted at different times at the Budenovskoye field are compared to find out the reasons. The stability of the equipment in the period between the calibration was monitored and evaluated based on the results of measurements of gamma radiation, before and after the logging in the wells from the control source. The measurement error during logging was estimated based on the results of control logs by comparing the areas and metro percent of gamma anomalies of the main and control logs and calculating the standard deviation from these values using the formulas. Increasing the accuracy of gamma-ray data results in better quantitative interpretation for determining mineralization parameters

Key words: control of gamma-ray logging, calculation of uranium reserves, geophysical borehole tools, quantitative data interpretation, working standard, detailed exploration, well logs, sensitivity, radioactive logging methods, calibration.

Введение

Подсчет запасов – важная часть создания проекта на разработку месторождения любого типа. В последнее время стали возникать проблемы по неподтверждению запасов урана на некоторых предприятиях, поэтому ставится задача о пересмотре этапов оценки запасов урана. В данной статье рассмотрим контроль качества гамма-каротажа при подсчете запасов, и на примере проведенных работ на месторождении Буденовское покажем значимость данного этапа геофизических исследований.

Месторождение Буденовское является одним из крупнейших урановых объектов пластово-инфильтрационного типа в Шу-Сарысуьской провинции. На севере оно граничит с месторождением Инкай, на юг его рудное поле протягивается до северо-восточных (СВ) предгорий хребта Б. Каратау.

Участок 2 месторождения Буденовское находится в юго-западной части Шу-Сарысуьской депрессии. Орографически территория представляет собой пологую предгорную аккумулятивную равнину, примыкающую к СВ хребту Б. Каратау. Рельеф характеризуется

чередованием возвышенностей, пологих бугров и речных долин, вытянутых в северном и СВ направлениях. На севере присутствуют бугристые и ячеистые пески массива Моинкум, вытянутые с запада на восток в виде



Рис. 1. График контроля чувствительности от рабочего источника гамма-излучения аппаратуры Кобра-М.

Сурет 1. Жұмыс көзінен сезімталдықты бақылау графигі гамма-радиациялық жабдық Кобра-М.
Figure 1. Sensitivity control graph from a working source gamma radiation Kobra-M equipment.

Таблица 1
Относительные расхождения по двум соседним градуировкам при разной интенсивности

Кесте 1

Коршілес екі градуирлеудің әртүрлі интенсивтілік кезіндегі айырмасы

Table 1

Relative differences in two adjacent graduations at different intensities

Заданная интенсивность, мкР/ч	Дата проведения градуировки			Относительные расхождения по двум соседним градуировкам, %	
	13.02.2011	03.05.2011	16.08.2011	13.02.2011	03.05.2011
	частота, имп./с	частота, имп./с	частота, имп./с	03.05.2011	16.08.2011
10	23,6	18,2	17,3	29,56	5,26
20	41,9	36,8	35,5	13,87	3,46
30	61,6	57,2	50,6	7,64	12,99
40	81,7	76,0	68,5	7,54	10,92
50	102,6	97,2	87,4	5,58	11,25
100	201,7	191,8	177,6	5,20	8,00
200	411,6	393,6	359,2	4,59	9,58
250	513,7	493,1	458,3	4,16	7,61
400	829,0	794,6	743,2	4,33	6,91
600	1270,3	1161,2	1058,2	9,39	9,74
800	1719,0	1552,3	1405,6	10,74	10,44
1000	1971,1	1933,2	1761,0	1,96	9,78
1500	2941,7	2887,3	2654,0	1,88	8,79
2000	3907,4	3847,8	3516,7	1,55	9,42
2500	4848,7	4814,4	4410,8	0,71	9,15
4000	7565,0	7525,6	7012,7	0,52	7,31
6000	11162,5	11077,2	10467,5	0,77	5,82
8000	14557,1	14441,8	13813,4	0,80	4,55
10000	17785,3	17763,1	17110,9	0,12	3,81

полосы шириной от 20 км до 30 км. Пески массива аллювиально-эоловые, покрыты скудной пустынной растительностью. Абсолютные отметки¹ равнинной части плюс 125 м, песчаного массива – плюс 310 м.

Изучение ураноносности мезозойско-кайнозойских отложений в пределах юго-западной части Шу-Сарысуьской депрессии началось в начале шестидесятых годов прошлого столетия. За истекший период

времени в ее северной и западной частях были открыты месторождения Инкай, Мынкудук, Акдала и другие. В 1979 г. экспедицией №27 ПГО «Волковгеология» при бурении рекогносцировочного профиля XV было открыто месторождение Буденовское с урановым оруденением в мынкудукском и инкудукском горизонтах. В 1984-1986 гг. ГРЭ-5 провела поисковое бурение по сети 6,4-1,6 × 0,1 км на площади 50 км² к югу от профиля XV. Бурением до глубины 700 м было выявлено промышленное урановое оруденение во всех продуктивных горизонтах верхнего мела (кроме жалпака)².

В 1987-1989 гг. ГРЭ-5 провела поисково-оценочные работы в южной части месторождения и поисково-рекогносцировочное бурение на западном фланге месторождения по сети 12,8-6,4 × 3,2-0,2 км, в результате которых были выявлены и оценены прогнозные ресурсы урана P₁ и P₂. В 2004 г. была проведена разведка части I залежи (с учетом ее деления на три части), локализованной в нижнеинкудукском подгоризонте по сети 800 × 100-50 м для последующей отработки запасов другими недропользователями. На основе этих работ было

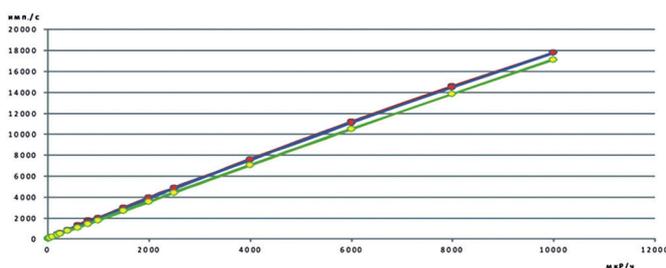


Рис. 2. Градуировка радиометра КСП-60 №024.

Сурет 2. КСП-60 №024 радиометрінің градуировкасы.

Figure 2. Calibration of the KSP-60 radiometer №024.

¹Язиков В.Г. Инструкция по гамма-картажу при подготовке и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана. – Алматы, 2003. – 126 с.

²Методические рекомендации по комплексу геофизических методов исследования скважин при подземном выщелачивании урана. / Под ред. Забазнова В.Л. – Алматы, 2006. – 223 с.

составлено дополнение к отчету по результатам детальной разведки с подсчетом запасов урана по категориям C_1 и C_2 на участке 2 месторождения Буденовское³.

Изучаемая тема представляет собой актуальные на сегодняшний день решения для получения максимально достоверных данных при геофизических исследованиях. Целью данной статьи является улучшение методов контроля путем внесения поправок результатов и показать важность оценки качества гамма-каротажа при геофизическом исследовании. Для этого мы поставили ряд задач, которые включают в себя контроль за стабильностью работы аппаратуры, правильный подбор рабочего эталона и оценку систематической погрешности при измерениях.

Методы исследования

Контроль качества гамма-каротажа выполняется несколькими методами:

- путем проведения контрольного гамма-каротажа в рядовых разведочных скважинах, технологических (производственных) и в специально оборудованной контрольно-поверочной скважине (КПС), называемой «рудная модель»;

- путем градуировки зондов (радиометров) и проверки стабильности их работы с использованием стандартных источников (радиевый, цезиевый и другие) с периодичностью не менее 1 раза в квартал [1].

Результаты

Стабильность работы аппаратуры в период между градуировками контролировалась и оценивалась по результатам измерений гамма-излучения до и после проведения каротажа в скважинах от контрольного источника, называемого «рабочий эталон», который представляет собой коаксиальный цилиндрический

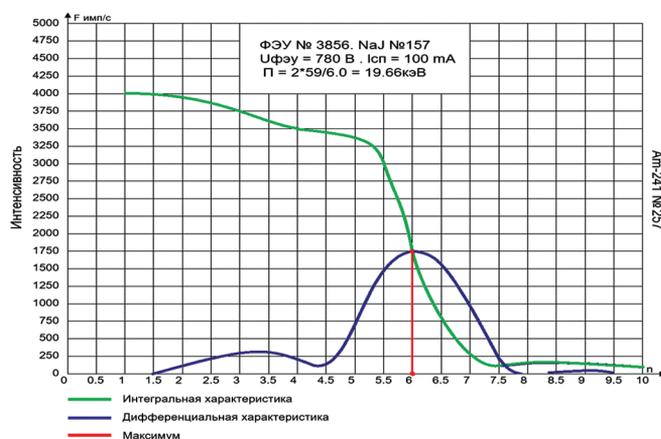


Рис. 3. Настройка порогов регистрации гамма-канала КСП-60 №024.

Сурет 3. КСП-60 №024 гамма-каналын тіркеу шектерін конфигурациялау.

Figure 3. Configuring the KSP-60 №024's gamma channel registration thresholds.

³Хайкович И.М. Комплексный каротаж на месторождениях инфильтрационного типа: учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург – Алматы, 2005. – 225 с.

⁴Язиков В.Г. Язиков В.Г. Особенности изучения геотехнических свойств руд и геотехнологических условий урановых месторождений гидротермального типа. Проектирование комплекса работ при подземном скважинном выщелачивании металлов. – Томск: Томский политехнический университет, 2014. – 213 с.

Таблица 2

Среднеквадратичное отклонение в разные даты до и после каротажа

Кесте 2

Мәліметтердің каротаждан кейінгі әртүрлі күндердегі орташа квадраттық ауытқуы

Table 2

Standard deviation of data on different dates before and after logging

Дата эталонирования	Причина эталонирования	Среднеквадратичное отклонение	
		до каротажа	после каротажа
13.02.2011	очередная	3,25	3,18
03.05.2011	очередная	3,52	3,51
16.08.2011	очередная	4,20	3,80

контейнер, изготовленный из железа толщиной от 1,5 мм до 2,0 мм. Наружный диаметр контейнера – 100 мм; внутренний соответствует наружному диаметру того конкретного скважинного прибора, для которого данный рабочий эталон изготовлен, так как для каждого скважинного прибора, используемого при проведении гамма-каротажных работ, изготавливался индивидуальный рабочий эталон. Внутрь каждого из таких контейнеров засыпался тщательно перемешанный рудный материал, в который для устранения сегрегации добавлялся цемент с водой. По результатам измерений от рабочего эталона рассчитывалась величина относительных расхождений Δ по формуле:

$$\Delta\% = (J_0 - J) \times 100/J_0, \quad (1)$$

где J_0 и J – соответственно, показания при опорных измерениях (полученных после градуирования приборов) и при измерениях на скважине до или после каротажа.

При этом контролировалось, чтобы величина Δ не превышала 10%, чтобы в случаях превышения этого порогового значения, оперативно выяснять и устранять причину расхождений, либо, если это не удастся, гамма-каротаж выполнять другим комплектом аппаратуры. Результаты измерений от рабочих эталонов регистрировались на каротажных диаграммах при аналоговой регистрации и в файлах протоколов каротажа при цифровой регистрации, с которых данные заносились в специальные журналы в виде графиков, иллюстрирующих изменение чувствительности приборов во времени. Кроме того, ежеквартально по результатам измерений от рабочих источников оценивалась погрешность работы аппаратуры⁴ по величине среднеквадратичного отклонения S , рассчитываемого по формуле:

$$S = \sqrt{1/n \times \sum_{i=1}^n (R_i - R)^2} / R \times 100, \% \quad (2)$$

где n – число измерений;

R_i – результаты средних измерений до и после каротажа;

R – опорные измерения.

Таблица 3

Объемы и результаты контрольного гамма-каротажа

Кесте 3

Соңғы гамма-каротаждың көлемі мен нәтижелері

Table 3

Gamma-ray control volumes and results

Годы работ	Количество пробуренных скважин на участке 2	Количество контрольных скважин	Объем контроля, %	Максимальные погрешности	
				по мощности, м	по площади аномалий, %
1985-1990; 1992	76	58 (при 360 скважинах, пробуренных на всем месторождении)	16,1 (от 13,2 до 17,9 в разные периоды работ)	±	4,8
2005-2013	647	68	10,5	±	5,2

Таблица 4

Результаты контрольного гамма-каротажа в производственных скважинах

Кесте 4

Өндірістік ұңғымалардығы соңғы гамма-каротаждың нәтижелері

Table 4

The results of the control gamma-ray production wells

Контролируемые параметры	Критерий оценки погрешности (допустимые погрешности, Инструкция 27)	Результаты контрольного гамма каротажа, максимальные значения контролируемых параметров за период разведки для репрезентативных выборок (количество контролируемых пар более 20)
Погрешность в определении глубин залегания рудных тел	не более 0,5 м	Максимальное значение расхождений по всем выборкам 0,5 м
Погрешности в определении мощности рудных тел	Среднеквадратичное отклонение 7 см	7 см
Погрешность в определении площадей гамма-аномалий	Среднеквадратичная погрешность 7%	5,2%

За все время разведки месторождения в контролируемые периоды величина S никогда не превышала 7%, т. е. допустимой Инструкцией величины. На рис. 1 приведен пример эталонированных и графиков контроля чувствительности⁵ от рабочего источника гамма-излучения аппаратуры Кобра-М СП КСП-60 №024 за период с 13.02.2011 г. по 23.11.2011 г. Согласно пункту 1.5.9 Инструкции 34, должна быть рассчитана нелинейность градуировочных характеристик. В настоящее время современный программно-математический аппарат позволяет учитывать нелинейность градуировочных характеристик во время регистрации данных каротажа⁶.

Обсуждение результатов

Погрешность измерений при каротаже оценивалась по результатам контрольного каротажа путем сравнения площадей и метропроцента гамма-аномалий основного и контрольного каротажей и расчета по этим значениям среднеквадратичного отклонения по формуле (2). Контрольный гамма-каротаж, как правило, выполнялся

другим комплектом аппаратуры, инженером-геофизиком, либо наиболее опытным техником-геофизиком в контрольно-поверочной скважине после проведения градуирования гамма-радиометров и в производственных скважинах (рис. 3). Объемы контрольного каротажа, выполненного на участке 2 в период проведения на нем поисково-разведочных работ, включая контрольный каротаж в производственных скважинах, приведены в табл. 1.

В соответствии с требованиями Инструкции контрольный гамма-каротаж должен быть выполнен равномерно на площади работ и в объеме не менее 3% от количества пробуренных на месторождении рудных скважин. Как видно из табл. 1, объем контроля (более 10% от рудных скважин) этим требованиям вполне соответствует. В различные периоды времени при проведении работ на участке 2 одновременно велись работы и на других участках, поэтому в табл. 1 указаны общие объемы контрольного каротажа, который был проведен в данный период времени на месторождении,

⁵Язиков В.Г., Рогов Е.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2005. – 442 с.

⁶Петров Н.Н., Берикболов Б.Р., Аубакиров Х.В., Вериков А.Ф., Жухтин В.Ф., Плеханов В.Н., Черняков В.М., Язиков В.Г. Урановые месторождения Казахстана (эжзогенные). Издание второе. – Алматы, 2008. – 320 с.

а не только на участке 2. За период 2005-2013 г. контрольный каротаж представлен⁷ только по участку 2 месторождения Буденовское (табл. 2).

Результаты контрольного каротажа⁸, выполненного за весь период разведки месторождения с разбивкой результатов контроля по годам, приведены на рис. 1. Конечные результаты контроля за весь период разведки сведены в табл. 4. По результатам исследований (табл. 3 и 4) можно с уверенностью утверждать, что гамма-каротажная аппаратура в течение всего периода разведки работала стабильно, контрольный гамма-каротаж выполнен равномерно по всей площади участка и в достоверном объеме работ, достаточном для получения объективной и достоверной оценки качества выполненных измерений.

Заключение

На основании изложенного можно считать, что гамма-каротаж скважин выполнен с высоким качеством, результаты полевых измерений в скважинах достоверны и вполне пригодны для количественной

интерпретации данных по определению параметров уранового оруденения (мощность рудных тел, средние содержания) на месторождении Буденовское⁹.

Подводя итоги, отметим, что все измерения, проведенные геофизиками с целью оценки качества гамма-каротажа, дали свои плоды. Результаты гамма-каротажа признаются достоверными, если:

- значения случайных погрешностей в определении параметров рудных интервалов не выходят за допустимые ошибки;
 - систематические составляющие погрешностей статистически незначимы;
 - средниквадратичные расхождения между результатами, полученными по данным ГК и геологического опробования керна, не превышают 20 см по мощности и 20% по массовой доле полезного компонента¹⁰.
- В полученных данных все эти условия соблюдены и могут использоваться геологами для интерпретации ураноносности породного пласта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хайкович И.М., Ганичев Г.И. Радиоактивные методы каротажа при разведке месторождений урановых руд. // Отечественная геология. – 1995. – №9. – С. 64-78. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Хайкович И.М., Ганичев Г.И. Уран кенорындарын барлау кезіндегі каротаждың радиоактивті әдістері. // Отандық геология. – 1995. – №9. – Б. 64-78. (орыс тілінде)

REFERENCE

1. Khaikovich I.M., Ganichev G.I. Radioactive logging methods for exploration of uranium ore deposits. // Domestic Geology. – 1995. – №9. – P. 64-78. (in Russian)

⁷Pariseau, William G. Design analysis in rock mechanics. – Leiden (Netherlands): CRC Press, 2011. – 560 p.

⁸Dean E.T.R. Offshore Geotechnical Engineering. Principles and practice. – Reston: Thomas Telford, 2010. – 520 p.

⁹Randolph M. and Gourvenec S. Geotechnical engineering. – N.Y. Spon Press, 2011. – 550 p.

¹⁰Демехов Ю.В., Талалай А.Г., Шинкаряк И.Е. Система качества ядерно-геофизических исследований скважин. – Алматы 2016. – 210 с.

Сведения об авторах:

Селезнева В.Ю., канд. геол.-минерал. наук, инженер-геолог Товарищества с ограниченной ответственностью «Два Кей» (г. Алматы, Казахстан), vicashakhova@mail.ru

Абдирахман А.Т., магистрант Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), инженер-маркшейдер Товарищества с ограниченной ответственностью «Каратау» (п. Таукент, Казахстан), kazakhstanleader@gmail.com

Авторлар туралы мәлімет:

Селезнева В.Ю., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, «Екі Кей» Жауапкершілігі шектеулі серіктестіктер инженер-геологы, (г. Алматы, Қазақстан), vicashakhova@mail.ru

Әбдірахман А.Т., Satbayev University магистранты, «Қаратау» Жауапкершілігі шектеулі серіктестіктер инженер-маркшейдері (Таукент кенті, Қазақстан), kazakhstanleader@gmail.com

Information about the authors:

Seleznova V.Yu., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Geological Engineer of the Limited Liability Partnership «Two Key» (Almaty, Kazakhstan), vicashakhova@mail.ru

Abdirakhman A.T., Master Student of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), Mine Surveyor of the Limited Liability Partnership «Karatau» (Taukent, Kazakhstan), kazakhstanleader@gmail.com

Авторы выражают благодарность геофизикам и геологам АО «Волковгеология», которые трудились над совершенствованием методов изучения урановых месторождений Казахстана, а также первооткрывателю многих месторождений урана, обладателю Ленинской премии Х.Б. Аубакирову.



МашЭкспо Сибирь

18+

выставка металлообработки и сварки

30 МАРТА - 2 АПРЕЛЯ 2021

Отраслевое событие Сибири!

70

Более 70 производителей и поставщиков оборудования и материалов для металлообработки и сварки из России, Белоруссии, Германии, Италии, Швейцарии, Японии, Китая.



Здесь ведущие производители станков, сварочного оборудования встречаются с представителями крупных и средних промышленных предприятий.



Деловая программа посвящена актуальным проблемам машиностроения и передовым технологиям в сфере металлообработки.

Организатор: ООО «СВК»



СИБИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Место проведения:



НОВОСИБИРСК
ЭКСПО ЦЕНТР

mashexpo-siberia.ru



14 – 16 АПРЕЛЯ

ТРАНСПОРТ И ДОРОГИ СИБИРИ СПЕЦТЕХНИКА

Специализированная выставка
транспорта, дорожного строительства,
дорожно-транспортной техники,
оборудования, материалов и услуг.

г. Иркутск, ул. Байкальская, 253А
тел.: +7 (3952) 35-29-00 16+



СИБЭКСПОЦЕНТР

Код МРНТИ 52.13.23

А.С. Лисковец, В.П. Тациенко, А.Г. Нашатырев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» (г. Кемерово, Россия)

ТАМПОНАЖНАЯ КРЕПЬ – РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

Аннотация. В связи с отработкой легкодоступных месторождений полезных ископаемых и увеличением глубины ведения горных работ возрастает объем капитальных горных выработок, проводимых в сложных горно-геологических условиях. В данной статье приведен анализ применяемых видов крепи капитальных горных выработок. Показана схема взаимодействия тампонажной крепи с массивом окружающих горную выработку пород. Представлена новая конструкция крепи и вариант ее усовершенствования с применением армированного рукава, который выполняет роль опалубки для сооружения межрамной затяжки. Данная конструкция обеспечивает увеличение темпов возведения крепи в 2 раза, при этом уменьшается конвергенция вмещающих пород в 1,8-2,4 раза и увеличивается несущая способность крепи в 2,5-4,0 раза.

Ключевые слова: рамная крепь, тампонаж, закрепное пространство, массив, межрамное ограждение, межрамная затяжка, тампонажная смесь, армированный рукав, армированное полотно, несущая способность.

Бекіткіштерді құю – дамыту және жетілдіру

Анатпа. Онай қол жетімді пайдалы қазбалар кен орындарының игерілуіне және тау-кен жұмыстарының тереңдігінің жоғарылауына байланысты күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда жүргізілген күрделі қазбалар жұмыстарының көлемі ұлғаюда. Соңғы жылдары тұрақсыз тау жыныстарында жүргізілген кен қазу жұмыстарының ұзындығының ұлғаюы карьерді қолдаудың еңбек сыйымдылығын 3,7 есеге және металды тұтынуды 2 есеге арттырды. Бұл мақалада кеніштерде күрделі жұмыстар жүргізу үшін қолданылатын қолдау түрлерінің талдауы келтірілген. Цемент қаптамасының тау-кен қазбаларын қоршап тұрған тас массасымен өзара әрекеттесу сызбасы көрсетілген. Жақтаудың жаңа құрылымы және оны арматуралық гильза көмегімен жақсарту нұсқасы ұсынылған, ол фреймалық катаятуды салуға арналған калып ретінде қызмет етеді. Бұл дизайн қаптаманың тұру жылдамдығының 2 есеге артуын қамтамасыз етеді, ал қоршау жыныстарының конвергенциясы 1,8-2,4 есе төмендейді және тіреудің көтеру қабілеті 2,5-4,0 есе артады.

Түйінді сөздер: рамалық бекітпе, тампонаж, бекітілген кеңістік, массив, жақтауаралық қоршау, жақтауаралық тартпа, тампонаж қоспасы, арматураланған жең, арматураланған кенеп, көтеру қабілеті.

Grouting support – development and improvement

Abstract. Due to the development of easily accessible mineral deposits and an increase in the depth of mining operations, the volume of capital mining operations carried out in difficult mining and geological conditions increases. This article provides an analysis of the types of support used for capital mine workings. The scheme of interaction of the grouting support with the massif surrounding the rock workings is shown. A new design of the support and a variant of its improvement with the use of a reinforced sleeve, which serves as a formwork for the construction of an inter-frame tightening, are presented. This design provides an increase in the rate of construction of the support by 2 times, while reducing the convergence of the host rocks by 1.8-2.4 times and increasing the bearing capacity of the support by 2.5-4.0 times.

Key words: frame support, grouting, fixed space, array, inter-frame fence, inter-frame tightening, grouting mix, reinforced sleeve, reinforced fabric, load-bearing capacity.

Введение

С целью обеспечения надежной работы рамных крепей и повышения устойчивости горных выработок в сложных горно-геологических условиях в последние годы все в больших объемах применяется тампонаж закрепного пространства¹. Тампонаж – это трудоемко, затратно, но, зачастую, это единственный способ обеспечения надежного и безремонтного поддержания капитальной горной выработки на весь срок ее эксплуатации. Сравнительный анализ применяемых типов крепи приведен в табл. 1.

Тампонажная крепь

Основное назначение тампонажа – заполнение пустот закрепного пространства и улучшение условий работы крепи за счет более равномерного распределения нагрузки на раму крепи. Тампонажный раствор после затвердевания образует дополнительную бетонную оболочку, увеличивающую несущую способность крепи. Кроме того, в процессе нагнетания в закрепное пространство тампонажный раствор проникает в трещины приконтурного массива, упрочняя краевую его часть².

Упрочненная таким образом краевая часть в системе сил, противодействующих горному давлению, совместно с крепью и затвердевшим тампонажным раствором, заполнившим закрепное пространство, образует сложную комбинированную конструкцию крепи с большой несущей способностью, которая в 2,5-4,0 раза выше, по сравнению с забутовкой закрепных пустот породной мелочью [1, 2].

Тампонаж закрепного пространства, проведенный в течение одного месяца после установки рам крепи, в 1,8-2,5 раза сокращает величину конечных смещений массива горных пород, при этом после окончания работ по тампонажу процесс развития смещений полностью прекращается³ [3].

Авторами была разработана и предложена для внедрения новая конструкция крепи горной выработки (патент №175401). Она состоит из рам металлической крепи из спецпрофиля, рулонного матерчатого покрытия, уложенного на рамы крепи, имеющего внутренние поперечные каналы, в которых расположены стержни из арматурной стали, бетонной оболочки между рамами и

¹Бурков Ю.В. Обоснование и разработка технологии крепления капитальных горных выработок на основе инъекционного упрочнения массивов горных пород. / Автореф. дисс... докт. техн. наук. – Кемерово, 1998.

²Бурков Ю.В., Хямляйнен В.А., Франкевич Г.С. Комбинированные инъекционные крепи. / Российская акад. естественных наук. – Кемерово: Кузбасский гос. технический ун-т, 1999. – 297 с.

³Brady B.H., Brown E.T. Rock Mechanics: For Underground Mining. – New York: Springer Science & Business Media, 2013. – 614 с.

⁴ГОСТ Р 51748-2001. Крепи металлические податливые рамные. Крепь Арочная. Общие технические условия. – М., 2001.

Таблица 1

Сравнительный анализ применяемых типов крепи

Кесте 1

Қолданылатын бекітпелердің түрлерін салыстырмалы талдау

Table 1

Comparative analysis of the types of support used

Тип крепи	Расход крепежных материалов		Трудоёмкость работ, чел./смена	Стоимость возведения крепи, руб.
	бетон, раствор, м ³	металл, т		
Монолитная бетонная	3,60	–	3,29	152,55
Металлобетонная (арки СВП в бетоне), две рамы на 1 м	2,96	0,68	4,76	257,35
Арочная с тампонажем закрепного пространства – 1,25 рамы на 1 м	2,30	0,425	1,71	134,88

вмещающими породами, зацементированной краевой части породного массива [4]. Требования, предъявляемые к отдельным элементам тампонажной крепи, изложены⁴ в ТУ 32.99.59-001-82737173-2018.

Возведение тампонажной крепи⁴ начинается с установки рам металлической крепи из спецпрофиля, на которые укладывают армированное рулонное полотно, изготовленное из фильтрующей жидкой смеси материала. В пространство между полотном и контуром выработки закачивают тампонажную смесь. Избыточное количество воды (жидкой фазы), придающее подвижность закачиваемому твердеющему материалу, отфильтровывается через армированное рулонное полотно, после чего тампонажный раствор затвердевает, образуя слой искусственного камня (бетона). Для исключения вытекания тампонажного раствора через торцевой зазор последний перекрывается барьерным рукавом соответствующего размера (диаметром, равным перебору сечения до 350 мм и длиной, равной периметру рамы крепи 10-15 м). При необходимости для уплотнения торцевого зазора используются распорные мешки. После заполнения закрепного пространства тампонажным раствором и потери его текучести, работы по проведению горной выработки продолжают^{5,6}.

Рукав армированный

Дальнейшим развитием и совершенствованием тампонажной крепи явилось изобретение армированного рукава, выполняющего роль опалубки для возведения межрамной затяжки непосредственно в забое (патент №2702308 2019 г.). Рукав оснащен запорными клапанами и может увеличиваться в объеме, обеспечивая распор до бортов выработки [5].

Возведение крепи с применением армированного рукава

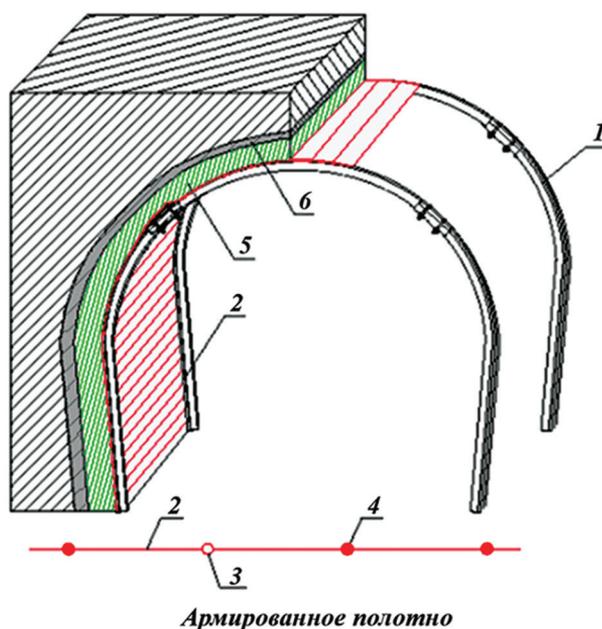
После установки рамы крепи осуществляется укладка армированного рукава по одному из трех вариантов (рис. 2). После выравнивания и фиксации армированного рукава к раме крепи приступают к его заполнению тампонажной смесью, начиная с центральной части рукава и распора его до кровли выработки. Затем начинают заполнение рукава через правый и левый запорные клапаны. После заполнения рукава тампонажной

смесью и распора его до стенок выработки процесс крепления считается законченным.

Результаты испытаний

Предложено к внедрению несколько конструктивных разновидностей армированного рукава и вариантов их использования.

Вариант 1. Ширина армирования равна расстоянию между двумя-тремя рамами крепи. Рекомендуется к применению при устойчивых породах кровли, когда допустимое время и площадь обнажения пород кровли в забое позволяют устанавливать 2-3 рамы крепи.



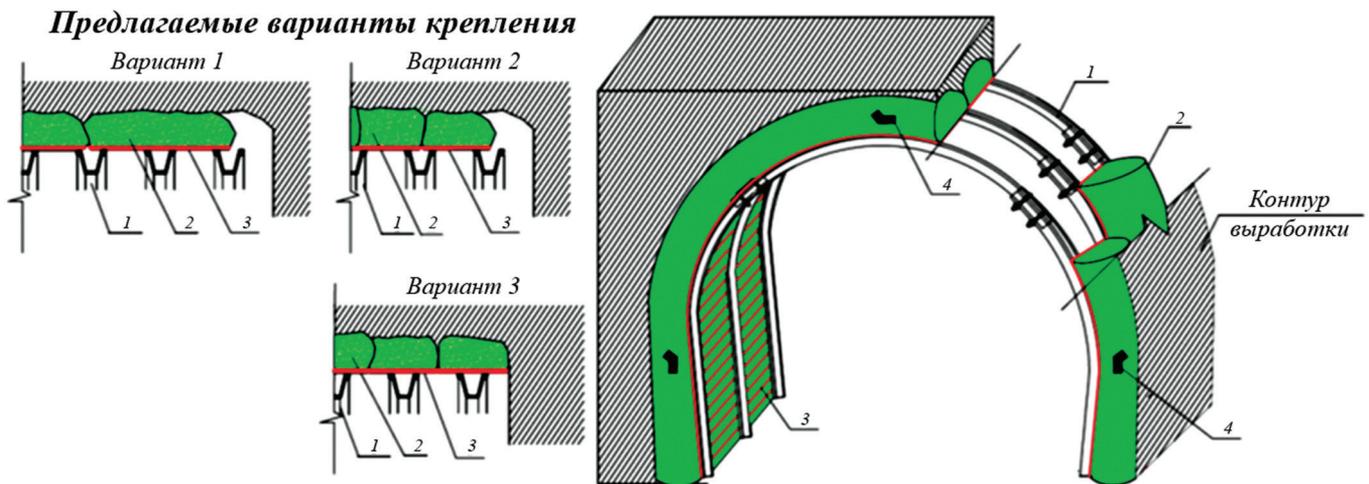
- 1 – рама металлической крепи из СВП;
 2 – межрамная затяжка – рулонное матерчатое армированное полотно;
 3 – внутренние поперечные каналы в полотне;
 4 – стержни из арматурной стали;
 5 – бетонная оболочка;
 6 – зацементированная краевая часть породного массива.

Рис. 1. Тампонажная крепь горной выработки.
 Сурет 1. Тау-кен қазбаларының тампонаждық бекітпесі.

Figure 1. Grouting support for mining.

⁵Hudson J.A., Harrison J.P. *Engineering Rock Mechanics: An Introduction to the Principles*. – New York: Elsevier, 2000. – 456 с.

⁶Jaeger J.C., Cook N.G., Zimmerman R. *Fundamentals of Rock Mechanics*. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. – 476 с.



1 – крепь из СВП; 2 – армированный рукав, заполненный бетоном; 3 – арматура; 4 – запорный клапан.

Рис. 2. Схема крепления выработки тампонажной крепью с использованием армированного рукава.
Сурет 2. Арматураланған жемді пайдалана отырып, тампондау бекіткішімен қазбаны бекіту схемасы.
Figure 2. Scheme for fixing the workings with grouting support using a reinforced sleeve.

Вариант 2. Ширина армирования равна расстоянию между двумя рамами. Рекомендуется применять при невозможности выполнить вариант 1 из-за того, что допустимое время обнажения пород кровли не позволяет установить две рамы крепи и требуется перетяжка кровли сразу после установки рамы крепи.

Вариант 3 необходимо применять при очень слабых быстрообрушающихся породах кровли, когда требуется максимально возможно сократить процесс крепления перетяжки и подпора кровли.

В процессе проведения шахтных испытаний в Кузбассе на АО «Шахта Анжерская-Южная» был пройден и закреплен тампонажной крепью южный наклонный конвейерный ствол на длину 290 п. м. При сечении выработок 25 м² темпы проведения достигли 75 п. м готовой выработки в месяц.

Трудозатраты на возведение крепи с последующим тампонажем закрепного пространства с применением

армированного рукава по данным хронометража снизились на 17-18%, по сравнению с перетяжкой железобетонной затяжкой. Экономический эффект только при проведении южного наклонного конвейерного ствола на 290 п. м составил 6185700 руб., а срок ее проведения сократился на 4,35 месяца от проектного [6].

Выводы

Конструкция крепи, состоящая из рам, армированного полотна, бетонной оболочки и зацементированной породы, увеличивает несущую способность крепи в 2,5-4 раза и экономию металла до 40%.

Тампонаж останавливает конвергенцию вмещающих пород и сокращает величину конечных смещений горных пород в 1,8-2,5 раза. Тампонажная крепь обеспечивает надежное крепление и безремонтное поддержание капитальных горных выработок на весь срок их эксплуатации.

Темпы проходки капитальных горных выработок сечением 25 м² достигли 75 м в месяц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гоголин В.А., Ермакова И.А., Лесин Ю.В., Лисковец А.С. Расчет крепи с учетом тампонажа закрепного пространства. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2019. № 3 (133). – С. 75-81 (на русском языке)
2. Tatsienko V., Gogolin V., Ermakova I., Liskovets A. Обоснование методики расчета арочной крепи с цементацией горных пород. // E3S Web-конференция. IV Международный инновационный Горный симпозиум. – 2019. – С. 01026. (на английском языке)
3. Jing L. Обзор методов, достижений и нерешенных вопросов численного моделирования для механики горных пород и инженерного дела горных пород. // Международный журнал механики горных пород и горных наук. – 2003. – №40(3). – С. 283-353. (на английском языке)
4. Tatsienko V., Liskovets A., Sablin M. Увеличение текучести опоры рамы за счет полного заполнения заанкерного пространства затирочным материалом. // Материалы конференции «Уголь в 21 веке: горное дело, интеллектуальное оборудование и охрана окружающей среды». – 2018. – С. 164-167. (на английском языке)

5. Тацienко В.П., Лисковец А.С., Саблин М.В. Увеличение несущей способности рамной крепи. // Вестник Кузбасского технического университета. – 2018. – №2. – С. 45-52. (на русском языке)
6. Liskovets A., V. Tatsienko, Gogolin V. Контактная затирка учитывается при расчете арочных рамных опор. // E3S Web-конференция. V Международный инновационный горный симпозиум. – 2020. – С. 01034. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гоголин В.А., Ермакова И.А., Лесин Ю.В., Лисковец А.С. Бекітілген кеңістіктің тампонажын ескере отырып, бекітпені есептеу. // Кузбасс мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. – 2019. – №3(133). – Б. 75-81. (орыс тілінде)
2. Tatsienko V., Gogolin V., Ermakova I., Liskovets A. Тау жыныстарын цементтеумен аркалы бекітпені есептеу әдістемесін негіздеу. // E3S Web-конференциялар IV-ші Халықаралық инновациялық тау симпозиумы. – 2019. – Б. 01026. (ағылшын тілінде)
3. Jing L. Тау жыныстары механикасы мен тау жыныстарының инженерлік ісі үшін сандық модельдеудің әдістеріне, жетістіктері мен шешілмеген мәселелеріне шолу. // Тау жыныстары механикасы мен тау-кен ғылымдарының Халықаралық журналы. – 2003. – №40(3). – Б. 283-353. (ағылшын тілінде)
4. Tatsienko V., Liskovets A., Sablin M. Жақтаудың тіреуіштерінің кірістілігін ұлғайту, бұл кеңістікті тегістеу материалымен толығымен толтырады. // «21 ғасырдағы көмір: тау-кен, зияткерлік жабдықтар және қоршаған ортаны қорғау» конференция материалдары. – 2018. – Б. 164-167. (ағылшын тілінде)
5. Тацienко В.П., Лисковец А.С., Саблин М.В. Рамалық бекітпенің көтергіштік қабілетін арттыру. // Кузбасс техникалық университетінің хабаршысы. – 2018. – №2. – Б. 45-52. (орыс тілінде)
6. Liskovets A., Tatsienko V., Gogolin V. Арқалы рамалы тіректерді есептеу кезінде контактілі бітеуіш есепке алынады / A. Liskovets, // E3S веб-конференциясы V-ші Халықаралық инновациялық тау симпозиумы. – 2020. – С. 01034. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Gogolin V.A., Ermakova I.A., Lesin Yu.V., Liskovets A.S. Calculation of the support taking into account the grouting of the fixed space. // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2019. – №3(133). – P. 75-81. (in Russian)
2. Tatsienko V., Gogolin V., Ermakova I., Liskovets A. Justification of the calculation method for arch support with rock grouting. // E3S Web of Conferences IVth International Innovative Mining Symposium. – 2019. – P. 01026. (in English)
3. Jing L. A Review of Techniques, Advances and Outstanding Issues in Numerical Modelling for Rock Mechanics and Rock Engineering. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2003. – №40(3). – P. 283-353. (in English)
4. Tatsienko V., Liskovets A., Sablin M. Increase of the frame support yield load by full filling of behind-anchoring space with grout material. // Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection conference proceedings. – 2018. – P. 164-167. (in English)
5. Tatsienko V.P., Liskovets A.S., Sablin M.V. Increasing the load-bearing capacity of the frame support. Bulletin of the Kuzbass technical University. // Bulletin of the Kuzbass Technical University. – 2018. – №2. – P. 45-52. (in Russian)
6. Liskovets A., Tatsienko V., Gogolin V. Contact grouting taken into account when calculating arched frame supports. // E3S Web of Conferences Vth International Innovative Mining Symposium. – 2020. – P. 01034. (in English)

Крепление горных выработок

Сведения об авторах:

Лисковец А.С., старший научный сотрудник Института промышленной и экологической безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» (г. Кемерово, Россия), ipeb@kuzstu.ru

Тащиенко В.П., д-р техн. наук, директор Института промышленной и экологической безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» (г. Кемерово, Россия), ipeb@kuzstu.ru

Нашатырев А.Г., старший научный сотрудник Института промышленной и экологической безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» (г. Кемерово, Россия), ipeb@kuzstu.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Лисковец А.С., «Т.Ф. Горбачев атындағы Кузбасс мемлекеттік техникалық университеті» жоғары білім беру федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесінің өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздік институты аға ғылыми қызметкері (Кемерово қ., Ресей), ipeb@kuzstu.ru

Тащиенко В.П., техника ғылымдарының докторы, «Т.Ф. Горбачев атындағы Кузбасс мемлекеттік техникалық университеті» жоғары білім беру федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесінің өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздік институты директоры (Кемерово қ., Ресей), ipeb@kuzstu.ru

Нашатырев А.Г., «Т.Ф. Горбачев атындағы Кузбасс мемлекеттік техникалық университеті» жоғары білім беру федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесінің өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздік институты аға ғылыми қызметкері (Кемерово қ., Ресей), ipeb@kuzstu.ru

Information about the authors:

Liskovets A.S., Senior Researcher at the Institute of Industrial and Environmental Safety of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev» (Kemerovo, Russia), ipeb@kuzstu.ru

Tatsienko V.P., Doctor of Technical Sciences Director at the Institute of Industrial and Environmental Safety of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev» (Kemerovo, Russia), ipeb@kuzstu.ru

Nashatyrev A.G., Senior Researcher at the Institute of Industrial and Environmental Safety of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev» (Kemerovo, Russia), ipeb@kuzstu.ru

ПОСТАВКА КАЧЕСТВЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ:

ионообменные смолы, сульфуголь, антрацит, кварцевый песок, а также коагулянты и флокулянты для очистки сточных вод, подготовки питьевой воды. Занимаемся проектированием, поставкой и наладкой очистных сооружений, КНС, станций приготовления и дозирования коагулянтов и флокулянтов.

ПОСТАВКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Угольная промышленность:

поставка флокулянтов и коагулянтов неорганических и органических (полидадмак и полиамины производим в России).

Цветная промышленность, драгоценные и редкоземельные металлы:

цианирование — реагент, замена цианида натрия, выщелачивание — ионообменные смолы и активированный уголь, флотация — собиратели (дитиофосфаты (аэрофлоты), ксантогенаты, депрессанты, диспергаторы, вспениватели, пылеподаватели, органические связующие, активаторы, флокулянты.

ПОСТАВКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ НЕФТЕ- и ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

поставка флокулянтов (полиакриламидов) и коагулянтов неорганических и органических (полидадмак и полиамины производим в России); ионообменные смолы, активированные угли, галит марки А и марки Б, жидкое стекло, пеногасители, гидрофобизирующие жидкости, сульфолон, биопрепараты и сорбенты, антивспениватели, полимерные тампонажные составы для изоляции зон поглощений, кислоты и многое другое, а также нефтепродукты и масла высокого качества.



ООО «ФЛОТЕНТ КЕМИКАЛС РУС»

443080, Россия, Самарская обл., г. Самара, улица Революционная, дом 70, помещение 227.

тел.: 8 (846) 277-17-55, моб.: +7-927-207-17-55

e-mail: aqwasama@mail.ru, am@flotent.com, or@flotent.com

www.flotent.com



**6-я Международная
специализированная
выставка**

**Дорожное
строительство,
спецтехника
и комплектующие**

Приглашаем принять участие

20-22 апреля 2021

Кыргызская Республика,
г. Бишкек, ул. Ахунбаева, 97
Манеж КГАФКиС

 **+996 (775) 000 005**

 **info@biexpo.kg**



**+ОНЛАЙН
ФОРМАТ**



Код МРНТИ 31.15.27

В.Ф. Демин¹, С.Б. Алиев², А.С. Кайназарова¹, А.С. Кайназаров³¹Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан),²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук» (г. Москва, Россия),³Екибастузский инженерно-технический институт им. академика К.И. Сатпаева (г. Экибастуз, Казахстан)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПУЧЕНИЯ ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Аннотация. В настоящее время с увеличением глубины разработки месторождений на шахтах Карагандинского угольного бассейна возникает необходимость борьбы с пучением подготовительных выработок, основным условием проявления которого является резкое различие механических показателей основных пород и породы пучащего слоя. Также пучения почвы выработки обусловлены влиянием большого количества естественно-геологических и производственных факторов. Основным из существующих методов борьбы с пучением является снятие механическим способом вспученных пород почвы горной выработки, который имеет существенные недостатки. Подрывка горной выработки – технологически сложный и затратный метод борьбы с пучением почвы, нуждающийся в применении дорогостоящего оборудования. Рекомендуемая технология анкерного крепления с установкой сталеполимерных анкерных стержней в бока выработки позволяет значительно сократить данные недостатки.

Ключевые слова: горно-геологические условия разработки, влияющие факторы, технология, проведение, крепление, способы и средства крепления, горные выработки, угольные шахты.

Тау-кен қазбаларының топырағын ұстау кезінде анкерлік бекітпені пайдалану

Аннотация. Қазіргі уақытта Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында кен орындарын игеру тереңдігінің ұлғаюымен дайындық қазбаларының көтерілуімен күресу қажеттілігі туындайды. Тау-кен қазбаларын қопару байлаумен күресудің қолданыстағы әдістерінің негізгісіне жатады. Бұл әдіс айтарлықтай кемшіліктерге ие. Тау-кен қазбаларын қопару, қымбат тұратын жабдықты қолдануды қажет ететін топырақтың шағылысуымен күресудің технологиялық күрделі және шығынды әдісі. Өндірістің бүйірлеріне якорьді бекіту технологиясы бұл кемшіліктерді едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Дайындық өндірісіндегі тау жыныстарының көрінуінің негізгі шарты-негізгі тау жыныстары мен тау жыныстарының механикалық көрсеткіштерінің күрт айырмашылығы. Сондай-ақ, қазба топырағының көтерілуі көптеген табиғи-геологиялық және өндірістік факторлардың әсерінен болады.

Түйінді сөздер: игерудің тау-геологиялық жағдайлары, әсер етуші факторлар, технология, жүргізу, бекіту, бекіту тәсілдері мен құралдары, тау-кен қазбалары, көмір шахталары.

Use of anchoring anchors while maintaining the soil of mines

Abstract. Currently, with an increase in the depth of development of deposits in the mines of the Karaganda coal basin, there is a need to combat heaving of preparatory workings. The main of the existing methods of dealing with heaving is the detonation of mine workings. This method has significant disadvantages. Demolition of mine workings, a technologically complex and costly method of combating soil heaving, requiring the use of expensive equipment. The technology of installation of anchoring in the sides of the roadway can significantly reduce these disadvantages. The main condition for the manifestation of heaving of rocks in the development working is a sharp difference in the mechanical parameters of the main rocks and rocks of the heaving layer. Also, heaving of the working soil is due to the influence of a large number of natural-geological and production factors.

Key words: mining and geological conditions of development, influencing factors, technology, carrying out, fixing, methods and means of fixing, mine workings, coal mines.

Цель – обоснование технологии установки анкерного крепления горных выработок при отработке угольных пластов.

Методика

Применен научно-технический подход, позволяющий дать качественную оценку устойчивости породных обнажений подготовительной горной выработки и прилегающих к ней пород, зависящей от их физико-механических свойств и действующих в них напряжений.

Результаты

Модели напряжения создаются с учетом массы вышележащих пород, различных тектонических процессов и ведения горных работ. Все мероприятия по снижению пучения пород почвы направлены на изменение показателей этих факторов или на использование наиболее благоприятного их сочетания.

Научная новизна

Научная новизна заключается в применении технологии, позволяющей обеспечить сохранение устойчивого состояния выработки на весь период эксплуатации без дополнительных затрат на ремонтные работы за счет обеспечения эффективной работы анкерной крепи в зоне влияния очистных

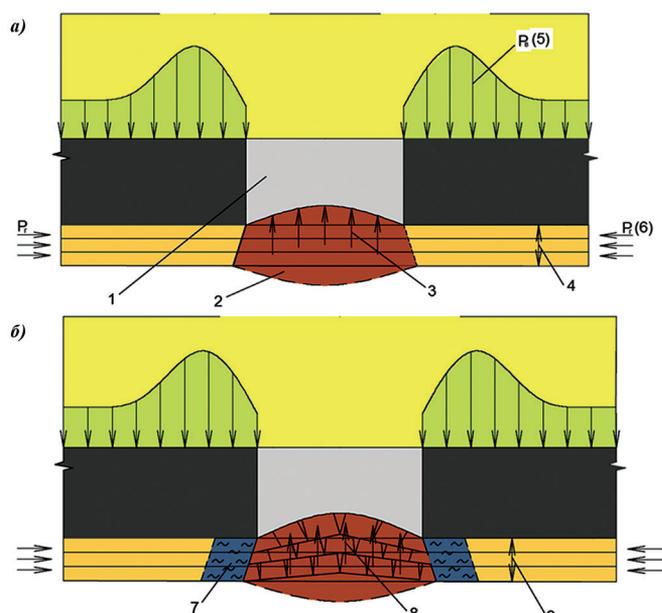
работ, что позволит повторно использовать ее при подготовке фронта очистных работ.

Практическая значимость

Для оценки прочностных параметров и методов воздействия на массив горных пород на рис. 1 представлены типы условий эксплуатации, физико-механическая характеристика горного массива, характер проявления деформаций, зависящих от глубины разработки, горно-геологических и горнотехнических условий.

Образование неупругих деформаций и проявление пучения связаны с изменением напряженного состояния массива пород, в т. ч. с увеличением глубины горных работ [1]. При наличии в окружающих выработках пород пучащего слоя основным вопросом является определение объема породы, который будет вдавлен в выработку на единицу ее длины или площади почвы [2, 3]. Имея такую оценку объема пучения, всегда можно обоснованно подойти к решению вопроса о необходимости крепления почвы выработки, а также о форме и конструкции этой крепи [4].

Предлагаемая технология подразумевает установку припочвенных наклонно ориентированных анкеров из стекловолокна в бока горной выработки на расстоянии



1 – полость горной выработки; 2 – зона деформаций пород почвы; 3 – деформации вспучивания горных выработок; 4 – глубина расслоения пород почвы выработки; 5 – $P_v = 2 \text{ kgH}$ – вертикальная составляющая горного давления; 6 – $P_h = P_v$ – горизонтальная составляющая горного давления; 7 – зона неупругих деформаций; 8 – деформации разрушения; 9 – зона разрушения.

Рис. 1. Стадии расслоения (а) и разрушения (б) почвы в подготовительных пластовых выработках.

Сурет 1. Дайындық кабаттық қазбалардағы топырақтың стратификация (а) және бұзылу (б) сатылары.

Figure 1. Stages of stratification (a) and destruction (b) of the soil in the preparatory seam workings.

0,2-0,4 м от ее почвы через 0,5-0,7 м вкост друг к другу под углом $50-65^\circ$ к вертикальной плоскости (рис. 2) [5-7].

При выборе способа борьбы с пучением в первую очередь определяется необходимость проведения дополнительных мероприятий с оценкой возможности применения способов охраны, в зависимости от горно-геологических условий и наличия необходимых средств для выполнения такого рода работ [8-10].

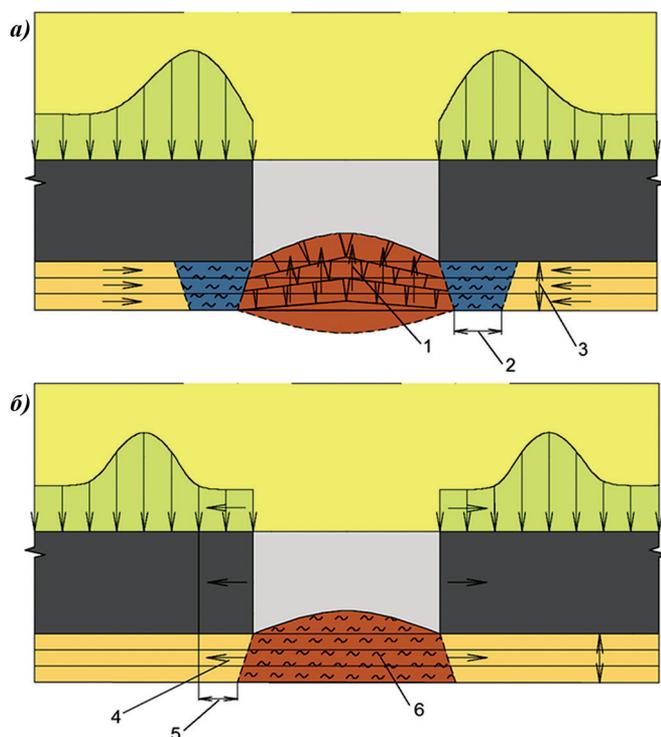
Задача решается следующим способом: в процессе борьбы с пучением почвы горных выработок, включающем проходку выработки и установку в почву у ее бортов наклонных анкеров, одновременно с проходкой выработки определяют мощность слоев почвы и степень ослабленности механического контакта по этим слоям, закрепляя в почву выработки у ее бортов реперы, по сближению которых и по увеличению степени ослабленности механического контакта устанавливают мощность пучающего слоя почвы (рис. 3).

К основным горно-геологическим факторам, влияющим на условия проведения и поддержания при использовании выемочных выработок, следует отнести: глубину залегания, определяющую величину вертикальной и горизонтальной составляющих горного давления; мощность и угол падения пласта; свойства вмещающих пород.

Анализ картины распределения условных зон неупругих деформаций показал, что наибольшие из них

наблюдаются в почве выработки и составляют 4 м. В боках выработки условной зоны неупругие деформации распространяются в глубь массива на 2 м. В кровле разрушение развивается до слоя алевролитов. Слой алевролитов почти не подвержен неупругим деформациям, лишь нижняя часть слоя около 0,3 м вовлечена в деформационные процессы. Закрепление выработки анкерами позволит обеспечить устойчивость кровли выработки.

Сталеполимерные анкерные стержни устанавливаются под углом к вертикали $20-30^\circ$ и после определения мощности пучающего слоя в почву у бортов выработки закрепляются сталеполимерные анкеры (длиной 2,4 м) с заложением их под углом $30-45^\circ$ к напластованию [5-7]. По мере закрепления анкерной крепи в шпурах с помощью химических ампул образуются устойчивые породные блоки, которые связаны между собой силами сцепления скрепленных пород, с образованием несущего свода (контур укрепления) для снижения значительных сжимающих усилий с боков выработки, что исключит развитие продольно-поперечного изгиба слоев.

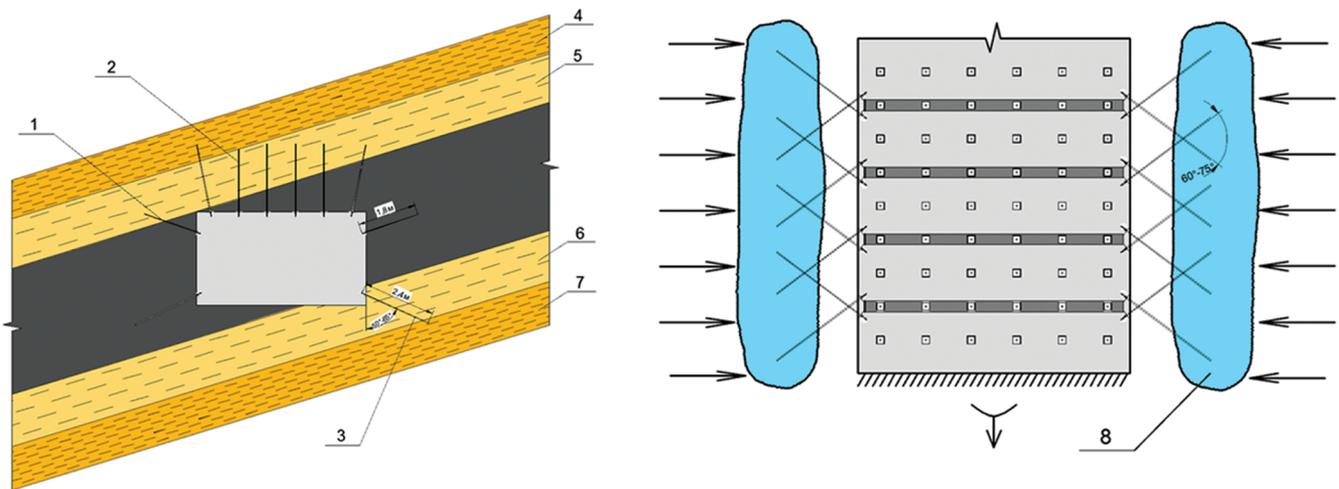


1 – деформации выдавливания горных пород; 2 – зона, подверженная деформациям выдавливания; 3 – деформации выдавливания; 4 – направление смещения зоны максимальных деформаций вглубь горного массива; 5 – величина смещения зоны максимальных деформаций вглубь горного массива; 6 – зона пониженных деформаций в породах почвы выработки.

Рис. 2. Способ предотвращения пучения почвы горной выработки с образованием в боках выработки пониженных деформаций.

Сурет 2. Тәсілі алдын алу пучения топырақ тау-кен өндіру білімі бар, түйіршікті әзірлеу төменгі деформация.

Figure 2. A method of preventing heaving of the soil of a mine working with the formation of low deformations in the sides of the working.



- 1 – боковые анкеры; 2 – кровельные анкеры; 3 – припочвенные анкеры; 4 – основная кровля;
 5 – непосредственная кровля; 6 – непосредственная почва; 7 – основная почва;
 8 – закрепленный припочвенный контур.

Рис. 3. Технология установки анкерного крепления в бока горной выработки.
Сурет 3. Тау-кен қазбаларының бүйіріне анкерлік бекітуді орнату технологиясы.
Figure 3. Technology for installing anchorage in the sides of a mine.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зубов В.П. Состояние и направления совершенствования систем разработки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса. // Записки Горного института. – 2017. – Т. 225. – С. 292-297. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.292. (на русском языке)
2. Зубов В.П. Ресурсосберегающие технологии подземной разработки пластовых месторождений. // Горный журнал. – 2017. – №4. – С. 95-97. (на русском языке)
3. Zubov V.P., Nikiforov A.V. Особенности разработки наложенных угольных пластов в зонах дизъюнктивных геологических нарушений. // Международный журнал прикладных инженерных исследований. – 2017. – Т. 12. – №5. – С. 765-768. ISSN 0973-4562 (на английском языке)
4. Zubov V.P., Nikiforov A.V., Kovalsky E.R. Влияние геологических разломов на планирование горных работ в смежных пластах. // Экология, окружающая среда и охрана природы. – 2017. – Т. 23. – Вып. 2. – С. 1189-1193. ISSN 0971-765X. (на английском языке)
5. Демин В.Ф. Ресурсосберегающая технология очистной выемки при отработке нарушенных угольных пластов. // Горная техника. Каталог-справочник. – 2014. – Вып. 1(13). – С. 24-26. (на русском языке)
6. Кайназаров А.С., Кайназарова А.С. и др. Развитие деформаций в почве при установке припочвенной анкерной крепи // Промышленность Казахстана. – 2019. – №2(106). – С. 74 -77. (на русском языке)
7. Detina T.V. и др. Управление геомеханическими процессами для повышения устойчивости угленосного массива. // Научный вестник НГУ. – Днепр (Украина). – 2016. – №2. – С. 5-10. (на английском языке)
8. Демин В.Ф., Немова Н.А. Оценка устойчивости капитальных и подготовительных выработок при создании технологических схем. // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск: ИГД им. И.А. Чинакала СО РАН, 2019. – Том 6. – №1. – С. 68-73. (база Скопус). ISSN 2313-5794. (на русском языке)
9. Абеков У.Т., Ivadilipova D.T. и др. Технологические схемы, способы, виды и средства поддержания контуров горных выработок в сложных горно-геологических условиях эксплуатации. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №8. – С. 42-44. (на английском языке)
10. Демин В.Ф., Кайназаров А.С., Кайназарова А.С. Оценка эффективности применения технологических схем проведения горных выработок для повышения устойчивости их контуров. // Устойчивое развитие горных территорий. – РСО-Алания: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный

технологический университет). – 2018. – С. 606-617. IF SJR-0,304, IF РИНЦ-0,427. (База Scopus). (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Зубов В.П. Кузбасстың перспективалы көмір шахталарында көмір қабаттарын игеру жүйесін жетілдірудің жағдайы мен бағыттары. // Тау-кен институтының жазбалары. – 2017. – Т. 225. – Б. 292-297. DOI: 10.18454 / PMI.2017.3.292. (орыс тілінде)
2. Зубов В.П. Жер асты кен орындарын игерудің Ресурс үнемдейтін технологиялары. // Тау-кен журналы. – 2017. – №4. – Б. 95-97. (орыс тілінде)
3. Zubov V.P., Nikiforov A.V. Дизъюнктивті геологиялық бұзылулар аймағында көмір қабаттарын игеру ерекшеліктері қолданбалы. // Инженерлік зерттеулердің халықаралық журналы. – 2017. – Т. 12. – №5. – Б. 765-768. ISSN 0973-4562. (ағылшын тілінде)
4. Zubov V.P., Nikiforov A.V., Kovalsky E.R. Геологиялық ақаулардың байланысты қабаттардағы тау-кен жұмыстарын жоспарлауға әсері. // Экология, қоршаған орта және табиғатты қорғау. – 2017. – Т. 23. – Шығ. 2. – Б. 1189-1193. ISSN 0971-765X. (ағылшын тілінде)
5. Демин В.Ф. Бұзылған көмір қабаттарын өңдеу кезінде тазарту қазбаларының ресурс үнемдейтін технологиясы. Тау-кен техникасы. Каталог-анықтамалық. – 2014. – Шығ. 1(13). – Б. 24-26. (орыс тілінде)
6. Қайназаров А.С., Қайназарова А. С. және т. б. Топырақты анкерлік бекітпені орнату кезінде топырақтағы деформациялардың дамуы // Қазақстан өнеркәсібі. – 2019. – №2(106). – Б. 74 -77. (орыс тілінде)
7. Demina T.V. және т. б. Көмір массивінің тұрақтылығын арттыру үшін геомеханикалық процестерді басқару. // НМУ ғылыми хабаршысы. – Днепр (Украина). – 2016. – №2. – Б. 5-10. (ағылшын тілінде)
8. Демин В.Ф., Немова Н.А. Технологиялық схемаларды құру кезінде күрделі және дайындық жұмыстарының тұрақтылығын бағалау. // Тау-кен ғылымдарының іргелі және қолданбалы мәселелері. – Новосибирск: им. И.А. Чинакала СО РАН, 2019. – Көлемі 6. – №1. – Б. 68-73. (Скопус базасы). ISSN 2313-5794. (орыс тілінде)
9. Абеков У.Т. Ivadilina D.T. және т. б. Күрделі тау – геологиялық пайдалану жағдайларында тау-кен қазбаларының контурларын ұстап тұрудың технологиялық схемалары, тәсілдері, түрлері мен құралдары. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2019. – №8. – Б. 42-44. (ағылшын тілінде)
10. Демин В.Ф., Қайназаров А.С., Қайназарова А.С. Контурлардың тұрақтылығын арттыру үшін тау-кен қазбаларын жүргізудің технологиялық схемаларын қолдану тиімділігін бағалау. // Таулы аумақтарды тұрақты дамыту. – РСО-Алания: Солтүстік Кавказ тау-кен металлургия институты (Мемлекеттік технологиялық университет). – 2018. – Б. 606-617. IF SJR-0,304, IF РИНЦ-0,427. (Scopus базасы). (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Zubov V.P. State and directions of improvement of systems for the development of coal seams at promising coal mines of Kuzbass // Notes of the Mining Institute. – 2017. – Vol. 225. – P. 292-297. DOI: 10.18454 / PMI.2017.3.292. (in Russian)
2. Zubov V.P. Resource-saving technologies for underground development of seam deposits. // Mining Journal. – 2017. – №4. – P. 95-97. (in Russian)
3. Zubov V.P., Nikiforov A.V. Features of Development of Superimposed Coal Seams in Zones of Disjunctive Geological Disturbances International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – №5. – P. 765-768. ISSN 0973-4562. (in English)
4. Zubov V.P., Nikiforov A.V., Kovalsky E.R. Influence of geological faults on planning mining operations in contiguous seams. // Ecology, Environment and Nature Protection. – 2017. – Vol. 23. – Issue 2. – P. 1189-1193. ISSN 0971-765X. (in English)
5. Demin V.F. Resource-saving technology of stope excavation when mining disturbed coal seams. // Mining equipment. Directory-reference. – 2014. – Вып. 1(13). – P. 24-26. (in Russian)

6. *Kainazarov A.S., Kainazarova A.S. and others. The development of deformations in the soil during the installation of subsoil roof bolting. // Industry of Kazakhstan. – 2019. – №2(106). – P. 74-77. (in Russian)*
7. *Demina T.V. and others. Management of geomechanical processes for increase in stability of the ugleporodny massif. // Scientific bulletin of NSU. – Dnipro (Ukraine). – 2016. – №2. – P. 5-10. (in English)*
8. *Demin V.F., Nemova N.A. Assessment of the sustainability of capital and development workings when creating technological schemes. Fundamental and applied questions of mining sciences. – Novosibirsk: I. A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019. – Vol. 6. – №1. – P. 68-73. (Scopus base). ISSN 2313-5794. (in Russian)*
9. *Abekov U.T. Ivadilinova D.T. and others. Technological schemes, methods, types and facilities for supporting mine working contours in complical mining and geological operational conditions. // Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2019. – №8. – P. 42-44. (in English)*
10. *Demin V.F., Kainazarov A.S., Kainazarova A.S. Evaluation of the effectiveness of the application of technological schemes for conducting mine workings to increase the stability of their contours. // Sustainable development of mountain territories. – RNO-Alania: North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), 2018. – P. 606-617. IF SJR-0.304, IF RSCI-0.427. (Scopus base). (in Russian)*

Сведения об авторах:

Демин В.Ф., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), vladfdemin@mail.ru

Алиев С.Б., д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки, «Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук» (г. Москва, Россия), alsamat@gmail.com

Кайназарова А.С., PhD докторант, магистр техн. наук, PhD докторант, преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), k.ainash.c@mail.ru

Кайназаров А.С., канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Горное дело» Екибастузского инженерно-технического института им. академика К. Сатпаева (г. Экибастуз, Казахстан), armanayn@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Демин В.Ф., техника ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан), vladfdemin@mail.ru

Алиев С.Б., техника ғылымдарының докторы, профессор, «Ресей ғылым академиясының жер қойнауын кешенді игеру мәселелері институты» Федералдық мемлекеттік бюджеттік ғылым мекемесінің жетекші ғылыми қызметкері (Мәскеу қ., Ресей), alsamat@gmail.com

Кайназарова А.С., техника ғылымдарының магистрі, PhD докторант, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), k.ainash.c@mail.ru

Кайназаров А.С., техника ғылымдарының кандидаты, Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының меңгерушісі (Екібастұз қ., Қазақстан), armanayn@mail.ru

Information about the authors:

Dyomin V.F., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Working Mine of Minerals of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), vladfdemin@mail.ru

Aliiev S.B., Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Federal State Budgetary Institution of Science «Institute for Problems of Integrated Development of Subsoil of the Russian Academy of Sciences» (Moscow, Russia), alsamat@gmail.com

Kainazarova A.S., Master of Technical Sciences, PhD Student, Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), k.ainash.c@mail.ru

Kainazarov A.S., Candidate of Technical Sciences, Head at the Mining Department of the Ekibastuz Engineering and Technical Institute named after academician K. Satpayev (Ekibastuz, Kazakhstan), armanayn@mail.ru

Код МРНТИ 53.03.05

N.K. Dosmukhamedov, E.E. Zholdasbay, M.B. Kurmanseitov, A.A. Argyn

Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

KINETIC PARAMETERS OF THE PROCESS OF REGENERATION OF CARBONATE-SULPHATE MELT WITH NATURAL GAS

Abstract. The kinetic parameters of the process of regeneration of a carbonate-sulfate melt with natural gas (reaction (1)) and a mixture of natural gas with air (reaction (2)) are determined in this work. It is shown that the mechanism of the process is described by a first-order equation. The activation energy of reaction (2) is four times lower than the activation energy of reaction (1). It has been established that the removal of sulfur from a carbonate-sulfate melt by bubbling with a mixture of natural gas and air can easily be carried out in the operating temperature range of an absorption column for purifying exhaust gases. The developed technology can become a practical and economical method of utilization of poor in sulfur content flue gases of thermal power plants and metallurgical enterprises.

Key words: flue gases, regeneration, natural gas, air, carbonate-sulfate melt, activation energy, reaction order, sulfur, carbon monoxide, kinetics.

Карбонатты-сульфатты ерітіндіні табиғи газбен регенерациялау процесінің кинетикалық параметрлері

Аннотация. Жұмыста карбонатты-сульфатты ерітіндіні табиғи газбен ((1) реакция) және табиғи газ және ауа қоспасымен ((2) реакция) регенерациялау процесінің кинетикалық параметрлері анықталды. Процестің механизмі бірінші ретті теңдеумен сипатталатыны көрсетілген. (2) реакцияның активтендіру энергиясы (1) реакцияның активтендіру энергиясынан төрт есе аз. Активтендіру энергиясының төмен мәні және реакция реті (2) реакцияның жүру жылдамдығына айтарлықтай әсер етпейтін шамалы диффузиялық аймақтың болуын көрсетеді. Карбонатты-сульфатты ерітіндіні табиғи газ және ауа қоспасымен барботаждау арқылы күкіртті бөліп алу шығатын газдарды тазалау абсорбционды колоннасының жұмыс температуралары диапазонында іске асырылуы орнатылды. Жасақталған технология ЖЭС және металлургиялық кәсіпорындардың күкірт бойынша құрамы нашар түтін газдарды кәдеге жаратудың практикалық және үнемді әдісі бола алады.

Түйінді сөздер: шығатын газдар, регенерациялау, табиғи газ, ауа, карбонатты-сульфатты ерітінді, активтендіру энергиясы, реакция реті, күкірт, көміртегі моноотығы, кинетика.

Кинетические параметры процесса регенерации карбонатно-сульфатного расплава природным газом

Аннотация. В настоящей работе определены кинетические параметры процесса регенерации карбонатно-сульфатного расплава природным газом (реакция (1)) и смесью природного газа с воздухом (реакция (2)). Показано, что механизм процесса описывается уравнением первого порядка. Энергия активации реакции (2) в четыре раза ниже энергии активации реакции (1). Установлено, что удаление серы из карбонатно-сульфатного расплава путем барботирования смесью природного газа с воздухом легко может быть осуществлено в диапазоне рабочих температур абсорбционной колонны очистки отходящих газов. Разработанная технология может стать практичным и экономичным методом утилизации бедных по содержанию серы дымовых газов ТЭС и металлургических предприятий.

Ключевые слова: отходящий газ, регенерация, природный газ, воздух, карбонатно-сульфатный расплав, энергия активации, порядок реакции, сера, монооксид углерода, кинетика.

Introduction

The results of theoretical and experimental studies of the purification of flue gases to remove SO_2 using a melt of alkali metal carbonates have shown the fundamental possibility of implementing the process of regeneration of a carbonate-sulfate melt obtained after gas absorption by carbon monoxide [1-4]. Despite the high efficiency of the flue gases purification technology, the regeneration process has a number of disadvantages: the need for additional combustion of coal and the development of an installation to generate the required amount of CO for the reduction of carbonate-sulfate melt. This requires additional costs and complicates the process flow diagram of the technology. In addition, in such performance this technology is suitable for the purification of flue gases exclusively from TPPs operating on coal combustion.

The widespread use of natural gas in the pyrometallurgy of heavy non-ferrous metals^{1, 2, 3} offers new opportunities for modernizing the method of regenerating carbonate-sulfate melt. The use of natural gas for the regeneration of carbonate-sulfate melt with natural gas seems to be more effective

due to the elimination of the need for the use of additional equipment and the consumption of coal for CO production.

In article⁴, a general concept was proposed for the utilization of flue gases from TPPs and metallurgical enterprises to obtain marketable products. The conceptual diagram of the technology is shown in figure 1.

The proposed technology for processing flue gases from TPPs and metallurgical enterprises for the utilization of CO_2 assumes two interconnected processes at the initial stage:

a) *chemical absorption* – capturing SO_2 and fly ash from flue gases with a eutectic mixture of alkali metal carbonates with composition, % (mol.): Na_2CO_3 – 31,5; Li_2CO_3 – 43,5; K_2CO_3 – 25,0 to obtain a sulfate-carbonate melt. After removal of sulfur flue gases are sent to further purification to remove CO_2 ;

b) *chemical regeneration* – the recovery of sulfur from the carbonate-sulfate melt by reduction with natural gas to obtain marketable sulfuric acid and/or elemental sulfur.

The process of chemical absorption of flue gases by carbonate melt of alkali metals is well developed in practice and is widely covered in the scientific literature [1-4].

¹Schlesinger M.E., et al. *Extractive Metallurgy of Copper*. – Amsterdam: Elsevier, 2011. – 472 p.

²Sinclair R.J. *The Extractive Metallurgy of Zinc*. – Carlton Victoria (Australia): The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2005. – 297 p.

³Sinclair R.J. *The Extractive Metallurgy of Lead*. – Carlton Victoria (Australia): The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2009. – 310 p.

⁴Досмухамедов Н.К., Егизеков М.Г., Жолдасбай Е.Е., Курманseitov М.Б., Арғын А.А. К вопросу очистки отходящих газов ТЭС и металлургических предприятий от SO_2 : регенерация карбонатно-сульфатного расплава природным газом. // Комплексное использование минерального сырья. – 2021. В печати.

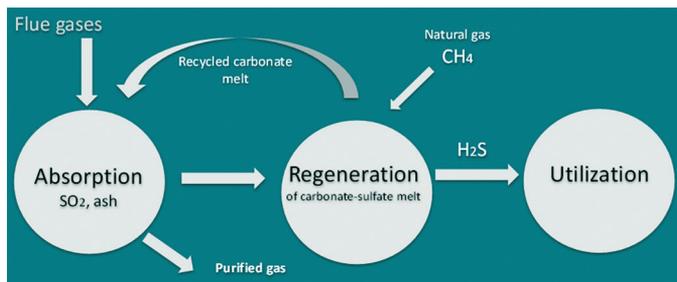


Figure 1. Conceptual diagram for the utilization of flue gases from TPPs and metallurgical enterprises to obtain marketable products.

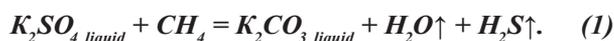
Сурет 1. Тауарлы өнімдер алатын ЖЭС және металлургиялық кәсіпорындардан шығатын газдарды кәдеге жаратудың тұжырымдамалық схемасы.

Рис. 1. Концептуальная схема утилизации отходящих газов ТЭС и металлургических предприятий с получением товарных продуктов.

The theory and practice of the process of chemical regeneration of carbonate-sulfate melt with natural gas is less developed and requires a number of studies. The purpose of this work is to determine the kinetic parameters of the process of regeneration of a carbonate-sulfate melt with natural gas and a mixture of natural gas with air.

Methods

The process of regeneration of carbonate-sulfate melt with natural gas and a mixture of natural gas with air is based on the reduction of potassium sulfate. The mechanism of the regeneration process can be described by the following reactions:



$$\Delta G_T^\circ = 92,3 - 0,184 \times T, \text{ kJ/mol},$$



$$\Delta G_T^\circ = -427,631 - 0,105 \times T, \text{ kJ/mol}.$$

The calculation of the Gibbs energy (ΔG_T°) of the reduction of potassium sulfate with natural gas and a mixture ($CH_4 + O_2$) was carried out in the standard state of pure supercooled liquid sulfate ($K_2SO_{4\ liquid}$) and potassium carbonate ($K_2CO_{3\ liquid}$). Initial data for calculations were obtained from article⁵ and the NIST-JANAF Thermo chemical Tables website⁶.

Thermodynamic calculations of the Gibbs energy of reaction (1) and (2) in the temperature range of 823...1173 K were carried out on the specially developed program by the authors of the work. A comparative analysis of the results of thermodynamic calculations of reaction (1), (2) with the obtained data from the Thermo Base 2.15 software showed good convergence of the final values of the Gibbs free energy.

The calculations of the kinetic parameters of the regeneration process, including the determination of the activation energy and the order of reactions (1) and (2), were carried out by the classical method and according to the Freeman-Carroll equation. The calculations considered

the results of experimental studies on the reduction of carbonate-sulfate melt with natural gas and a mixture of natural gas with air obtained in article⁴.

Results and discussion

The classical method for determining the activation energy and reaction order.

To calculate the activation energy the classical Arrhenius equation was used:

$$K_p = A \times e^{-E/RT}, \quad (3)$$

where: A – preexponential factor;

E – the activation energy, kJ/mol;

R – universal gas constant, J/(mol·K);

T – temperature, K.

The following expression could be written by taking the logarithm of equation (3):

$$\ln K_p = \ln A - (E/R \times 1/T). \quad (4)$$

Table 1

Dynamics of a decrease in the amount of sulfur in a carbonate-sulfate melt depending on the consumption of natural gas

Кесте 1

Табиғи газдың шығынына байланысты карбонатты-сульфатты балқымадағы күкірт мөлшерінің төмендеу динамикасы

Таблица 1

Динамика снижения количества серы в карбонатно-сульфатном расплаве в зависимости от расхода природного газа

Time τ , min	CH_4 consumption, l	The amount of sulfur in the melt, Cs, g
–	–	20
5	1,9	13,3
10	3,8	10,3
20	7,6	7,2
35	13,3	4,2
45	17,1	0,6
60	22,8	0,004

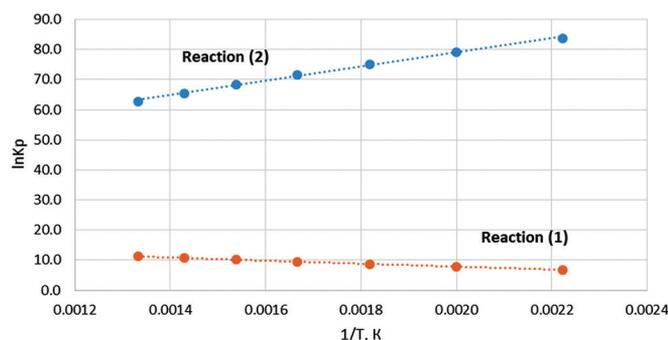


Figure 2. Dependence of the rate constant of reactions (1), (2) from temperature.

Сурет 2. (1), (2) реакциялары жылдамдық константаларының температурадан тәуелділігі.

Рис. 2. Зависимость константы скорости реакций (1), (2) от температуры.

⁵Turkdogan E.T. Physical Chemistry of High Temperature Technology. – New York: Academic Press Inc., 1980. – 462 p.

⁶<http://kinetics.nist.gov/janaf>

The reaction rate constant was calculated based on the expression:

$$\Delta G_T^\circ = -RT \ln K_p, \quad (5)$$

where: R – universal gas constant, J/(mol·K);
 T – temperature, K;
 K_p – reaction rate constant.

If equation (4) is valid for the reactions (1) and (2), then on the graph on coordinates $\ln K_p - 1/T$ the experimental points will be located on a straight line at an angle α to the abscissa axis with a slope equal to E/R . Then, the value

of the activation energy E can be determined from the expression: $E = R \operatorname{tg} \alpha$.

The graph of the change in the reaction rate constant depending on the reciprocal temperature for reactions (1) and (2) shows a linear character (figure 2).

As seen on figure 2 the dependence $\ln K_p - 1/T$ for reaction (2) shows a steeper linear character, and with an increase in temperature, the rate constant of reaction (2) decreases. This pattern seems to be quite natural and is explained by the high values of the Gibbs free energy for reaction (2).

The calculated value of the activation energy for reaction (1) is $E = 9,12$ kJ/mol and for reaction (2) is $E = 2,37$ kJ/mol. A lower value of the activation energy of reaction (2) indicates the presence of an insignificant diffusion region which does not significantly affect the rate and completeness of the reaction (2).

Calculation of the reaction order. To calculate the reaction order, the results of experimental studies on the reduction of a carbonate-sulfate melt with natural gas (table 1) and a mixture of natural gas with air (table 2) obtained in article⁴ were used. To determine the order of reactions (1), (2) an equation of the following form was used:

$$-dc/d\tau = Kc^n \text{ or } K d\tau = -dc/c^n. \quad (6)$$

Integration of equation (6) in the range from 0 to τ and from C_0 to C_s at $n = 1, 2, 3$ gives the following equations:

$$\ln C = \ln C_0 - K\tau \text{ at } n = 1. \quad (7)$$

$$C^{-1} = C_0^{-1} + K\tau \text{ at } n = 2. \quad (8)$$

As can be seen from equations (7) and (8) the graphs of changes in the concentrations of the initial substance with time should be expressed as a straight line in the coordinates $\ln C - \tau$ and $C^{-1} - \tau$, depending on the order of the reaction, n . For reactions (1) and (2) the residual amount of sulfur in the melt, C_s , in a certain period was selected as the initial material. The direct dependence of the change in the amount of sulfur in the melt on time, both for reaction (1) and for reaction (2), was established in the coordinates $\ln C_s - \tau$, at $n = 1$ (fig. 3). This indicates that the mechanism of the process of chemical regeneration of a carbonate-sulfate melt with both natural gas and a mixture of natural gas with air is described by a first-order reaction, $n = 1$.

To conduct a comparative analysis, similar calculations were carried out for the process of regeneration of a carbonate-sulfate melt with carbon monoxide. The initial data for the calculation (table 3) are taken from article [3]. The calculation results of activation energy E and reaction order n are presented in the summarized spreadsheet in table 7.

Determination of activation energy and reaction order using the Freeman-Carroll equation. To check the reliability of the obtained results additional calculations were performed to determine the kinetic parameters of reactions (1) and (2). Independent calculations of the activation energy and reaction order were carried out using the Freeman-Carroll equation [5].

$$-(E/R)\Delta(1/T)/\Delta \log W_r = -n + \{[\Delta \log(dw/dt)]/\Delta \log W_r\}, \quad (9)$$

where: $W_r = wc - w$,
 wc – maximum weight loss, g;
 w – total weight loss, g at time τ , min.

Table 2
Dynamics of a decrease in the amount of sulfur in a carbonate-sulfate melt depending on the consumption of a mixture of natural gas with air

Кесте 2

Табиги газ бен ауа қоспасының шығынына байланысты карбонатты-сульфатты балқымадағы күкірт мөлшерінің төмендеу динамикасы

Таблица 2

Динамика снижения количества серы в карбонатно-сульфатном расплаве в зависимости от расхода смеси природного газа с воздухом

Time τ , min	CH ₄ consumption, l	Air consumption, l	The amount of sulfur in the melt, Cs, g
–	–	–	20
5	1,14	2,4	11,3
10	2,28	4,8	9,2
20	4,18	8,8	6,1
35	7,98	16,8	3,11
45	13,68	28,8	0,4
60	21,28	44,8	0,002

Table 3

Dynamics of a decrease in the amount of sulfur in a carbonate-sulfate melt depending on the consumption of carbon monoxide CO

Кесте 3

Көміртегі монооксидінің CO шығынына байланысты карбонатты-сульфатты балқымадағы күкірт мөлшерінің төмендеу динамикасы

Таблица 3

Динамика снижения количества серы в карбонатно-сульфатном расплаве в зависимости от расхода монооксида углерода CO

Time τ , min	CO consumption, l	The amount of sulfur in the melt, Cs, g
0	0	19,80
5	10,23	18,93
10	20,46	16,75
20	30,69	12,83
35	40,92	7,62
45	51,15	3,1
60	61,38	0,005

Initial data for calculating the kinetic parameters of the reaction (1)

Table 4

(1) реакцияның кинетикалық параметрлерін есептеуге арналған бастапқы деректер

Кесте 4

Таблица 4

Исходные данные для расчета кинетических параметров реакции (1)

Time τ , min	CH_4 consumption, l	The amount of sulfur in the melt, Cs, g	$lg(dw/d\tau)/\Delta lg W_r$	$\Delta(T^{-1})/\Delta lg W, \times 10^{-3}, K^{-1}$
–	–	20	–	–
5	1,9	13,3	0,38	1,62
10	3,8	10,3	0,01	1,8
20	7,6	7,2	– 0,52	2,12
35	13,3	4,2	– 1,48	2,92
45	17,1	0,6	– 1,90	3,11
60	22,8	0,004	– 2,30	3,6

Initial data for calculating the kinetic parameters of the reaction (2)

Table 5

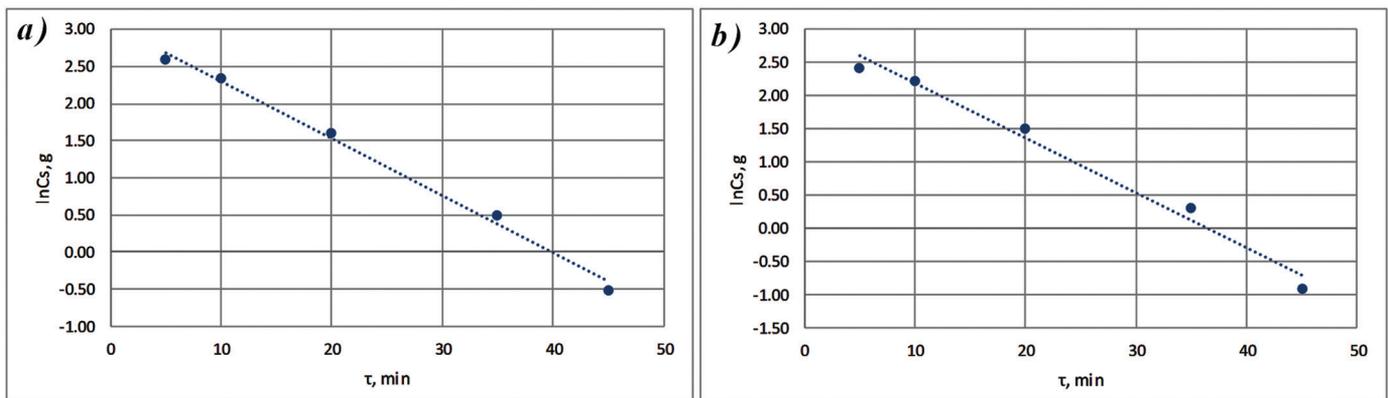
(2) реакцияның кинетикалық параметрлерін есептеуге арналған бастапқы деректер

Кесте 5

Таблица 5

Исходные данные для расчета кинетических параметров реакции (2)

Time τ , min	CH_4 consumption, l	Air consumption, l	The amount of sulfur in the melt, Cs, g	$\Delta lg (dw/d\tau)/\Delta lg W_r$	$\Delta(T^{-1})/\Delta lg W, \times 10^{-3}, K^{-1}$
–	–	–	20	–	–
5	1,14	2,4	11,3	0,32	0,22
10	2,28	4,8	9,2	0,01	0,4
20	4,18	8,8	6,1	– 0,83	0,8
35	7,98	16,8	3,11	– 1,62	1,52
45	13,68	28,8	0,4	– 1,85	1,71
60	21,28	44,8	0,002	– 2,93	2,2



$n = 1, T = 550^{\circ}C$

Figure 3. The amount of sulfur in the melt for a certain period of time, depending on the consumption of natural gas (a) and the mixture of natural gas with air (b).

Сурет 3. Табиғи газдың (a) және табиғи газ бен ауа қоспасы (б) шығынына байланысты белгілі бір уақыт аралығындағы балқымадағы күкірт мөлшері.

Рис. 3. Количество серы в расплаве за определенный промежуток времени в зависимости от расхода природного газа (a) и смеси природного газа с воздухом (б).

The initial data accepted for the construction of the desired dependencies are shown in tables 4, 5 and 6.

The graphs of the dependence of the required values for determining the kinetic parameters of the process of regeneration of carbonate-sulfate melts with CO , CH_4 and a mixture of $CH_4 + air$ are shown in fig. 4.

The results of calculations of the activation energy E and the order of the reaction n of the reduction of potassium sulfate by various reducing agents are given in the summarized spreadsheet in table 7.

Comparative analysis of the results shows their good agreement that indicates a high reliability of the

calculations. Low activation energies for the reduction of potassium sulfate with natural gas ($E = 8,7$ kJ/mol) and a mixture of natural gas with air ($E = 2,06$ kJ/mol) indicate a high rate of chemical interaction of potassium sulfate and shows the effectiveness of the implementation such process in practice versus using carbon monoxide.

The obtained results make it possible to develop a process flow diagram for the technology of utilization of flue gases from TPPs and metallurgical enterprises with the production of marketable products for its implementation in practice. The process flow diagram of the technology is shown in fig. 5.

Table 6
Initial data for calculating the kinetic parameters of the process of regeneration of a carbonate-sulfate melt with carbon monoxide CO

Кесте 6
Көміртегі монооксидімен CO карбонатты-сульфатты балқымаңы регенерациялау процесінің кинетикалық параметрлерін есептеуге арналған бастапқы деректер

Таблица 6
Исходные данные для расчета кинетических параметров процесса регенерации карбонатно-сульфатного расплава монооксидом углерода CO

Time τ , min	CH_4 consumption, l	The amount of sulfur in the melt, Cs, g	$\lg(dw/d\tau)/\Delta \lg W_r$	$\Delta(T^{-1})/\Delta \lg W_r \times 10^{-3}, K^{-1}$
0	0	19,80	0	0
5	10,23	18,93	0,60	0,81
10	20,46	16,75	0,20	0,92
20	30,69	12,83	-0,35	1,21
35	40,92	7,62	-1,18	2,04
45	51,15	3,1	-0,80	1,4
60	61,38	0,005	-2,55	2,8

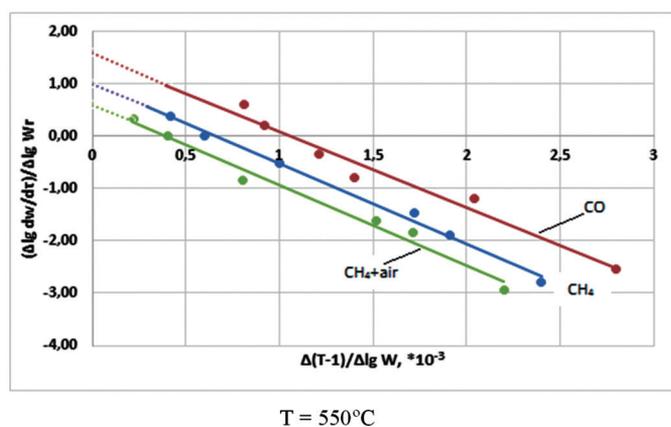


Figure 4. Graphics for determining the kinetic parameters of the process of regeneration of carbonate-sulfate melts with various reducing agents.
Сурет 4. Карбонатты-сульфатты балқымаларды әртүрлі тотықсыздандырғыштармен регенерациялау процесінің кинетикалық параметрлерін анықтауға арналған графиктер.
Рис. 4. Графики для определения кинетических параметров процесса регенерации карбонатно-сульфатных расплавов различными восстановителями.

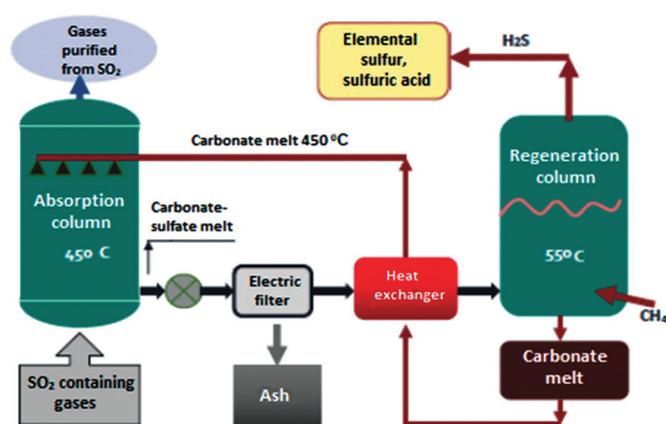


Figure 5. Process flow diagram of the technology for purification of flue gases to remove SO_2 with further regeneration of carbonate-sulfate melt with natural gas.
Сурет 5. Шығатын газдарды SO_2 -ден тазартып одан арықарай карбонатты-сульфатты балқымаңы табиғи газбен регенерациялау технологиясының аппаратуралық-технологиялық схемасы.
Рис. 5. Аппаратурно-технологическая схема технологии очистки отходящих газов от SO_2 с дальнейшей регенерацией карбонатно-сульфатного расплава природным газом.

Table 7
Kinetic parameter of the process of regeneration of carbonate-sulfate melts with natural gas, a mixture of natural gas with air and carbon monoxide CO

Кесте 7

Карбонатты-сульфатты балқымаларды табиғи газбен, табиғи газ бен ауа қоспасымен және көміртегі тотығымен CO регенерациялау процесінің кинетикалық параметрлері

Таблица 7

Кинетические параметры процесса регенерации карбонатно-сульфатных расплавов природным газом, смесью природного газа с воздухом и монооксидом углерода CO

Regeneration method	Form of sulfur release from the melt, gas	Activation energy <i>E</i> , kJ/mol		Reaction order, <i>n</i>	
		According to the Arrhenius equation	According to the Freeman-Carroll equation	According to the Arrhenius equation	According to the Freeman-Carroll equation
CH_4	H_2S	9,12	8,7	1	1
CH_4+air	SO_2	2,37	2,06	1	0,87
CO	COS	10,92	11,8	2	1,72

Conclusions

The kinetic parameters of the process of regeneration of a carbonate-sulfate melt with natural gas (reaction 1) and a mixture of natural gas with air (reaction 2) have been determined. The activation energy of reaction (1) is $E = 8,7$ kJ/mol. It is shown that the mechanism of the process is described by a first-order equation, $n = 1$. The activation energy of reaction (2) is four times lower than the activation energy of reaction (1) which is $E = 2,06$ kJ/mol. The order of reaction (1), $n = 1$, indicates the presence of an insignificant diffusion region which does not significantly affect the rate of reaction (2). It has been established that the removal of sulfur

from a sulfate-carbonate melt by bubbling with a mixture of natural gas and air can easily be carried out in the operating temperature range of an absorption column for purifying flue gases at 500-550°C. It has been established that the process of regeneration of a sulfate-carbonate melt with a mixture ($CH_4 + O_2$) is a relatively simple one-stage process that occurs at a fairly high rate. This allows the regeneration column to be integrated with an absorption column where sulfur is captured from the flue gases.

The developed technology can become a practical and economical method of utilization of poor in sulfur content flue gases of thermal power plants and metallurgical enterprises.

REFERENCE

1. Dosmukhamedov N., Kaplan V., Wachtel E., Lubomirsky I. Carbonate melt-based flue gas desulphurization: material balance and economic advantage. // *International Journal Oil, Gas and Coal Technology*. – 2018. – Vol. 18. – №½. – P. 25-38. (in English)
2. Krebs T., Nathanson G.M. Reactive collisions of sulfur dioxide with molten carbonates. // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2010. – Vol. 107. – №15. – P. 6622-6627. (in English)
3. Dosmukhamedov N.K. Zholdasbay E.E., Kaplan V.A. Technology of purification of waste gases of thermal power plants from sulfur: Regeneration of carbonate-sulfate melt with carbon monoxide. // *Coal*. – 2018. – №1. – P. 74-81. (in Russian)
4. Dosmukhamedov N.K., Kaplan V.A., Simbinov M.D., Ismailov M.Ya., Zholdasbay E.E. Purification of waste gases of industrial enterprises from sulfur: An analysis of the operation of a boiler for burning sulfur-containing coal. // *Basic research*. – 2017. – №6. – P. 41-47. (in Russian)
5. Freeman E.S., Carroll B. The Application of Thermoanalytical Techniques to Reaction Kinetics: The Thermogravimetric Evaluation of the Kinetics of the Decomposition of Calcium Oxalate Monohydrate. // *The Journal of Physical Chemistry*. – 1958. – №62. – P. 394-397. (in English)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Dosmukhamedov N., Kaplan V., Wachtel E., Lubomirsky I. Карбонатты балқымалар негізінде шығатын газдарды күкіртсіздендіру: материалдық балансы және экономикалық артықшылықтары. // «Мұнай, газ және көмір технологиялары» Халықаралық журналы. – 2018. – Т. 18. – №½. – Б. 25-38. (ағылшын тілінде)
2. Krebs T., Nathanson G.M. Күкірт диоксидінің балқытылған карбонаттармен реактивті соқтығысуы. Америка Құрама Штаттары Ұлттық Ғылым академиясының еңбектері. – 2010. – Т. 107. – №15. – Б. 6622-6627. (ағылшын тілінде)

3. Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Каплан В.А. Жылу электростанцияларынан шығатын газдарды күкірттен тазарту технологиясы: карбонатты-сульфатты балқыманы көміртегі монототығымен регенерациялау. // Көмір. – 2018. – №1. – Б. 74-81. (орыс тілінде)
4. Досмухамедов Н.К., Каплан В.А., Симбинов М.Д., Исмаилов М.Я., Жолдасбай Е.Е. Өнеркәсіптік кәсіпорындардан шығатын газдарды күкірттен тазарту: құрамында күкірті бар көмірді жағуға арналған қазандықтың жұмысын талдау. // Іргелі зерттеулер. – 2017. – №6. – Б. 41-47. (орыс тілінде)
5. Freeman E.S., Carroll V. Реакция кинетикасына термоаналитикалық әдістерді қолдану: кальций оксалаты моногидратының ыдырау кинетикасын термогравиметриялық бағалау. // Физикалық химия журналы. – 1958. – №62. – Б. 394. (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Dosmukhamedov N., Kaplan V., Wachtel E., Lubomirsky I. Десульфуризация отходящих газов на основе карбонатных расплавов: материальный баланс и экономические преимущества. // Международный журнал «Нефтяные, газовые и угольные технологии». – 2018. – Т. 18. – №½. – С. 25-38. (на английском языке)
2. Krebs T., Nathanson G.M. Реактивные столкновения диоксида серы с расплавленными карбонатами. Труды Национальной академии наук Соединенных Штатов Америки. – 2010. – Т. 107. – №15. – С. 6622-6627. (на английском языке)
3. Досмухамедов Н.К. Жолдасбай Е.Е., Каплан В.А. Технология очистки отходящих газов ТЭС от серы: регенерация карбонатно-сульфатного расплава монооксидом углерода. // Уголь. – 2018. – №1. – С. 74-81. (на русском языке)
4. Досмухамедов Н.К., Каплан В.А., Симбинов М.Д., Исмаилов М.Я., Жолдасбай Е.Е. Очистка отходящих газов промышленных предприятий от серы: анализ работы котла для сжигания серосодержащего угля. // Фундаментальные исследования. – 2017. – №6. – С. 41-47. (на русском языке)
5. Freeman E.S., Carroll V. Применение термоаналитических методов к кинетике реакций: термогравиметрическая оценка кинетики разложения моногидрата оксалата кальция. // Журнал физической химии. – 1958. – Т. 62. – С. 394. (на английском языке).

Information about the authors:

Dosmukhamedov N.K., Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), nurdos@bk.ru

Zholdasbay E.E., Master Degree, Doctoral Student at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), zhte@mail.ru

Kurmanseytov M.B., PhD, Senior Researcher of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), murat.kmb@mail.ru

Argyn A.A., Master Degree, Doctoral Student at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), aidar.argyn@solvay.com

Авторлар туралы мәлімет:

Досмухамедов Н.К., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы профессоры (Алматы қ., Қазақстан), nurdos@bk.ru

Жолдасбай Е.Е., техника магистрі, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы докторанты (Алматы қ., Қазақстан), zhte@mail.ru

Құрмансейтов М.Б., PhD, Satbayev University аға ғылыми қызметкер (Алматы қ., Қазақстан), murat.kmb@mail.ru

Арғын А.А., техника магистрі, Satbayev University «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы докторанты (Алматы қ., Қазақстан), aidar.argyn@solvay.com

Сведения об авторах:

Досмухамедов Н.К., канд. техн. наук, профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), nurdos@bk.ru

Жолдасбай Е.Е., магистр техн. наук, докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), zhte@mail.ru

Құрмансейтов М.Б., PhD, старший научный сотрудник Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), murat.kmb@mail.ru

Арғын А.А., магистр техн. наук, докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), aidar.argyn@solvay.com



ГЕОКАЛИНИНГРАД-2021

Нефтегазовая, рудная геология и геофизика

научно-практическая конференция

Прием докладов до 10 марта 2021 г.



**Организатор:
ООО «ГеоЕвразия»**

**г. Калининград
26-30 апреля 2021
www.geoearu.com**

MinTech-2021

26 / 27 / 28-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
УГОЛЬНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



19-21 мая, г.Усть-Каменогорск

25-27 мая, г.Павлодар

16-18 июня, г.Актобе

КАЗАХСТАН



* ДАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ МОГУТ БЫТЬ ИЗМЕНЕНЫ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РК

По вопросам участия
обращайтесь к организаторам:



тел: 8 (727) 313-76-28, 313-76-29
моб.: +7 707 456-53-07
e-mail: kazexpo@kazexpo.kz
сайт: www.kazexpo.kz

Код МРНТИ 53.07.11

А.К. Абишева

Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (г. Алматы, Казахстан)

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПЕРИКЛАЗСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕУПОРОВ

Аннотация. Сокращение количества фаз 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 службы выше 1600°C. Для напряженно работающих установок в черной и цветной металлургии и высокотемпературной энергетике необходимы огнеупоры, характеризующиеся значительным развитием прямых связей между кристаллами минеральных фаз, что достигается применением обогащенных и чистых исходных материалов для их изготовления. Исследовано взаимодействие водных растворов хлористого магния в периклазсодержащих изделиях, а также химизм низкотемпературного их распада.

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

Периклазқұрамды отқатөзімділердің беріктілігін арттыру

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. Құрамында периклаз бар өнімдердегі магний хлоридінің сулы ерітінділерінің өзара әрекеттесуі, сондай-ақ олардың төмен температуралық ыдырау химиясы зерттелді.

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

Increasing the strength of periclase-containing refractories

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 interaction of aqueous solutions of magnesium chloride in periclase-containing products, as well as the chemistry of their low-temperature decomposition were studied.

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

Введение

Научные исследования, выполненные в последнее время в Казахстане и за рубежом, показали, что физические свойства огнеупоров имеют четкую зависимость от их структуры и фазового состава^{1,2}. Сокращение количества фаз 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 службы выше 1600°C.

Основными технологическими условиями получения высококачественных огнеупоров являются 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 исследователей³ [1-3] в сотрудничестве с металлургическими предприятиями, позволили разработать для современных металлургических агрегатов новые виды огнеупоров из сырья повышенной чистоты. Положительный эффект от их применения на металлургических предприятиях Казахстана и Урала говорит о значительных резервах нашего государства, раскрывающихся при использовании новых научных разработок.

В настоящее время огнеупорные изделия в Казахстане в основном импортируются из зарубежных стран. Уровень материально-технической базы отечественных предприятий не отвечает современным требованиям, отдельные виды продукции являются неконкурентоспособными, поэтому в плане импортозамещения актуально для нашей республики разработать новые инновационные технологии.

Исследования посвящены процессам твердофазового спекания периклазовых и хромитопериклазовых

Таблица 1

Составы связующих на основе солей магния

Кесте 1

Магний тұзы негізіндегі байланыстырғыштар құрамы

Table 1

Magnesium salt binder formulations

Индекс	Состав, % (вес)	
	MgCl ₂ × 6H ₂ O	H ₂ O
A	5	95
B	7	93
C	15	85
D	25	75
E	50	50
F	70	30

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

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

³Абишева А.К. и др. Удостоверение автора №98873. Огнеупорная масса. Полезная модель. 08.07.2016 г.

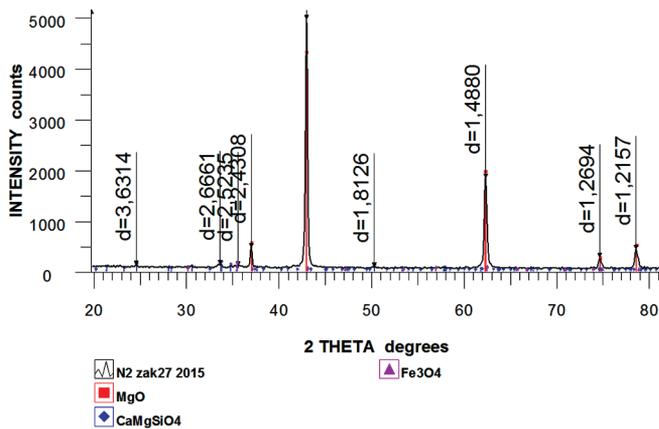


Рис. 1. Диффрактограмма спеченного периклаза.
Сурет 1. Балкытылган периклаз диффрактограммасы.
Figure 1. Diffraction pattern of sintered periclase.

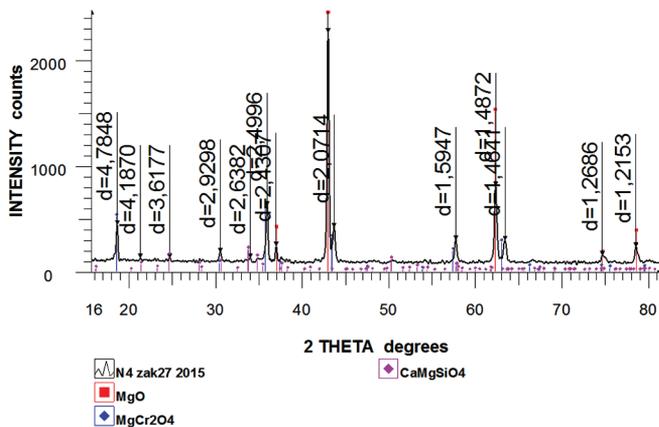


Рис. 2. Диффрактограмма хромитопериклаза.
Сурет 2. Хромитопериклаз диффрактограммасы.
Figure 2. Diffractogram of chromite periclase.

изделий на границе контактирующих зерен материала. Были использованы специальные тугоплавкие связующие, обладающие высокой дисперсностью, которые позволяют ускорить диффузионные процессы вещества при воздействии температуры, что связано с образованием наноразмерных связующих материалов. Спекание огнеупорных материалов осуществляется твердофазным или жидкофазным процессом³ [1].

Методы исследования, результаты

Периклазсодержащие огнеупоры из обогащенных материалов магнезитов, полученных методом флотации, содержит 1,4-1,8% кремнезема и 1,7-1,9% оксида кальция, что позволяет снизить (против огнеупоров из небогатого сырья) количество силикатов с 8-12% до 3-5%. Сокращение легкоплавких фаз (силикатов) позволило активизировать процессы минералообразования и, 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/мм²) предел прочности при сжатии [2, 3].

С целью активации процессов твердофазного спекания в контактную зону зерен огнеупорного материала вводят различные связующие вещества, которые повышают дисперсность и дефектность кристаллов материала [4-7]. В табл. 1 приведены составы связующих на основе солей магния.

Исходными материалами для проведения исследования служили спеченный периклаз и хромитопериклазовый порошок фракции 1-0,063 мм (20%), а также тонкомолотый периклаз и хромитопериклаз фракции менее 0,063 мм (80%). В качестве связующих использовались водные растворы, $MgCl_2 \times 6H_2O$.

Исходные порошки подвергали рентгенофазовому анализу, в результате которого определен количественный фазовый состав материалов. Диффрактограммы спеченного периклаза и хромитопериклаза показаны на рис. 1, 2.

Результаты проведенных исследований приводят на рис. 3 в виде графических кривых изменения предела прочности при сжатии (МПа) от концентрации вида связующего и температур предварительного последовательного обжига.

Обсуждение результатов

Такие изделия можно рекомендовать для использования в качестве керамики плазмохимических и металлургических установок [4-7].

Опыты показали, что они являются стойкими в условиях резких перепадов температур от 20°C

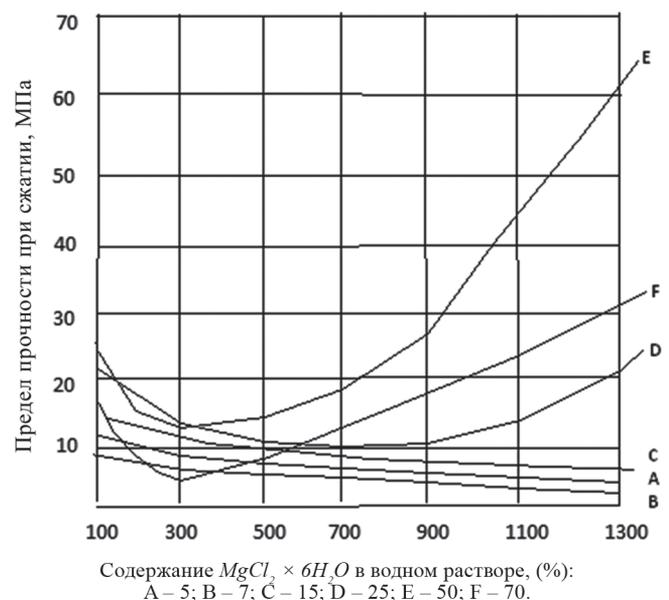


Рис. 3. Изменение предела прочности при сжатии периклазовых изделий в зависимости от концентрации $MgCl_2$ и температуры обжига.
Сурет 3. $MgCl_2$ концентрациясына және жану температурасына байланысты периклаз өнімдерін сығу кезіндегі беріктік шегінің өзгеруі.
Figure 3. Change in the ultimate strength in compression of periclase products depending on the concentration of $MgCl_2$ and the firing temperature.

до 2000°C и характерны относительно небольшим эрозийным износом при 2000°C в потоке ионизированного газа $0,67 \cdot 10^{-5}$ г/см² 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.

Таким образом, хлористый магний при добавке в массы связывает частицы периклаза, повышая прочность материала; в высушенном виде имеет прочность в пределах 7-20 МПа. При обжиге прочность

материала снижается. Особенно это заметно при малых концентрациях $MgCl_2$, прочность уменьшается до 2,5 МПа. При повышении температур прочностные характеристики резко увеличиваются, что особенно характерно для концентрации $MgCl_2$ в связующем 50-70%. Это связано с медленным распадом хлористого магния, который продолжается до 1000°C с выделением Cl_2 и постепенным образованием MgO с высокой концентрацией наночастиц. Прочность достигает 60 МПа уже при 1300°C (состав Е).

Исследования показали, что в водных растворах хлористого магния 25%, 50%, 70% проявляется повышение прочности за счет химического взаимодействия и образования наночастиц.

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. (на русском языке)
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 муллита: 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)
7. Аксельрод Л.М. Черная металлургия, огнеупорные материалы. Реальность и прогнозы. // Новые огнеупоры. – 2017. – №11. – С. 3-14. (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). – Б. 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. – С.61-64. (орыс тілінде)
5. Седмале Г.П., Хмелев А.В., Шнерберг И.Е. Керамикалық ұнтақтар дисперстілігінің муллита: ZrO_2 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)
7. Аксельрод Л.М. Қара металлургия, отқа төзімді материалдар. Шынайылық пен болжам. // Жаңа отқа төзімді материалдар. – 2017. – №11. – Б. 3-14. (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: ZrO₂ 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)
7. Axelrod L.M. Ferrous metallurgy, refractory materials. Reality and forecasts. // New refractories. – 2017. – №11. – P. 3-14. (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

Авторлар туралы мәлімет:

Абишева А.К., химия ғылымдарының кандидаты, доцент, ассистент-профессор, «Өміртіршілік қауіпсіздігі және Экология» кафедрасы, М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы (Алматы қ., Қазақстан), abisheva.ak@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

KIOSH

10-я Юбилейная Казахская Международная Конференция и Выставка
ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

19-21 мая 2021
Нур-Султан, Казахстан



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАРТНЕР
Министерство труда и социальной
защиты населения Республики Казахстан



ОРГАНИЗАТОРЫ
тел.: +7 727 258 34 34;
e-mail: raushan.massimova@iteca.kz

Код МРНТИ 52.13.15:55.33.29

К.М. Бейсембаев, К.К. Мендикенов, Ж.Н. Нокина, Д.К. Асмагамбет

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАМЕРНОЙ РАЗРАБОТКИ

Аннотация. При камерной разработке обход нарушенных зон участков месторождения производится маневрированием комбайном и роботизированной крепью. Это позволяет вовлечь в добычу забалансовые запасы минералов. Повысится эффективность добычи небольших месторождений за счет низких затрат на оборудование и подготовку работ. Разработка такой технологии возможна при применении моделирующего программного пакета Adams/View. Он позволит выбрать конструкцию крепи, синтезировать ее параметры и произвести симуляцию работы, сократив время проектирования и внедрения в производство. Возможно использование и крепи типа ОКП 70, ранее выпускавшейся в объединении «Каргормаш». При совершенствовании схемы передвижения она обеспечит повороты короткой лавы – камеры.

Ключевые слова: маневр, нарушение, поворот, шарнир, конвейер, крепь, запасы, выемка, датчик, модель.

Камералық дамыту тиімділігін арттыру міндеттері

Андапта. Камералық қазу кезінде кен орнының бұзылған аймақтары комбайнмен және роботтандырылған тірекпен маневр жасау арқылы айналып өтеді. Бұл пайдалы қазбалардың баланстан тыс қорларын өндіріске тартуға мүмкіндік береді. Шағын кен орындарын өндіру тиімділігі жабдықтардың және жұмыстарды дайындаудың төмен шығындарына байланысты артады. Мұндай технологияны дамыту Adams/View модельдеу бағдарламалық жасақтамасын пайдалану кезінде мүмкін болады. Бұл сізге тірек құрылымын таңдауға, оның параметрлерін синтездеуге және өндірісті жобалау мен енгізу уақытын қысқарта отырып, жұмысты модельдеуге мүмкіндік береді. Бұрын «Каргормаш» қауымдастығы шығарған ОКП 70 типті тіректерді пайдалануға болады. Қозғалыс схемасын жетілдіргенде, ол қысқа тұлғаның – камераның бұрылуын қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: маневр, бұзушылық, бұрылыс, топса, конвейер, тіреу, қорлар, қазба, сенсор, модель.

Tasks of increasing efficiency of camera development

Abstract. In the case of chamber mining, the disturbed zones of the field are bypassed by maneuvering with a combine and robotic support. This makes it possible to draw off-balance reserves of minerals into production. The efficiency of the production of small deposits will increase due to the low costs of equipment and work preparation. The development of such a technology is possible using the Adams/View modeling software package. It will allow you to select a support structure, synthesize its parameters and simulate the work, reducing the design and implementation time in production. It is also possible to use supports of the OKP 70 type, previously produced by the «Kargormash» association. When improving the movement scheme, it will provide turns of the short face – the camera.

Key words: maneuver, violation, turn, hinge, conveyor, support, reserves, excavation, sensor, model.

Введение

Создание поворотного конвейера обеспечит эффективную разработку минералов, залегающих в сложных условиях, поэтому предлагается переход на схемы короткозабойной выемки при длине забоя до 20-30 м. Применение конечноэлементных пакетов и динамики машин при моделировании сокращает время создания технологий и средств их автоматизации¹. Пакет Adams позволяет проводить исследования за счет программного кодирования производственных ситуаций и быстрого создания новых моделей для изменяющихся условий.

Цель работы – испытание и создание новых элементов короткозабойной – камерной технологии с применением линеаризации решений уравнений динамики в пакете Adams.

Материалы и методы исследования

Используется экспериментальный и теоретический материал, методология системного анализа на основе имитационного моделирования рассматриваемых процессов

для технологии использования поворотного конвейера.

Результаты и обсуждение

Наличие поворотного конвейера позволяет задействовать новые схемы выемки с обходом нарушенных зон и разворотом забоя для обратного хода при выемке угля, калийных солей и руд, которые для угля составляют не менее 30% от общих, а забалансовые запасы более 50% (табл. 1).

На порядок меньше запасы имеются и в остальных областях, не приведенных в таблице. Преимущество же короткозабойных технологий в том, что эффективную добычу можно наладить при малых запасах, поскольку первоначальные капитальные затраты в 5-10 раз ниже, а выработок проводится почти в 2 раза меньше, чем при использовании лав, поэтому эффективность таких разработок будет зависеть от коэффициента K_{30} – отношения суммы запасов C_3 , пригодных для разработки, и C_n – стоимости подготовительных работ к стоимости оборудования C_o на их отработку:

$$K_{30} = (C_3 + C_n) / C_o.$$

Значение коэффициента для технологии лав устанавливаются из статистических данных по бассейну, что позволяет определить C_o для малых запасов и целесообразность их выемки [1, 2]. При этом новые системы позволяют вовлечь в добычу все основные запасы (табл. 1). Маневрирование камерами при обходе нарушения намного легче, чем длинными лавами, т. к. в зоне поворота время выстоя кровли, подверженной циклическим нагрузкам, на порядок меньше, чем в лавах, и это не приводит к опасному вывалу образованию. Но при таких технологиях изменяется архитектура выработок у забоя и необходимо создание модели геомеханики, учитывающей эти факторы. В криволинейных выработках поворотные конвейеры уменьшают количество погрузочных пунктов, приводят к сокращению их длины и затрат на проходку и поддержание. Камерная выемка, наряду с возможностью организации быстрой добычи с минимальным оборудованием, в краткие сроки позволяет реализовать адаптивные схемы поддержания

¹Гуляев В.Г. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 322 с.

с постепенным вовлечением средств и способов крепления в ответ на реакцию горной среды, что повышает рентабельность разработок.

Испытания КПС1 показали, что поворот осуществим на любой угол с выстраиванием става по схеме «змея», начиная из его любой зоны. Конструкция базируется на серии патентов (инновационный патент РК №27024, заявка №2012/0726.1 от 20.06.2012 и 3 евразийских патента). Испытания в рамках грантового финансирования имели 3 стадии: с макетом в масштабе 1:3 и пружинным натяжным устройством, с полномасштабными макетами основных рештаков и поворотным скребковым конвейером-стендом КПС1, с мотор-редуктором, гидравлической системой натяжения с управляющей аппаратурой. При испытаниях использованы: частотный преобразователь ESQ-600-4T0220G/0300P для пуска, управление работой привода по эффективным алгоритмам

с записью силы тока в зависимости от схемы работы (рис. 1).

Апробированы новые решения системы поворота с уменьшенным количеством поворотных гидроцилиндров при повороте в обе стороны в любой зоне става. Рештаки имеют средние листы, разделяющие полость на рабочее и холостое отделение, разборные упругие сегменты на их торцах для предотвращения просыпания груза

в холостое отделение. Вертикальные секторные отражатели прикрывают образующийся зазор со стороны дальних бортов от центра поворота. При прохождении стыков конвейера происходит наклон скребка и последующее выправление натяжением цепи за счет возникающего момента от пары сил, но в зазор между скребком и бортом рештака может попасть кусок угля, который в результате

Таблица 1

Основные запасы угля в Республике Казахстан

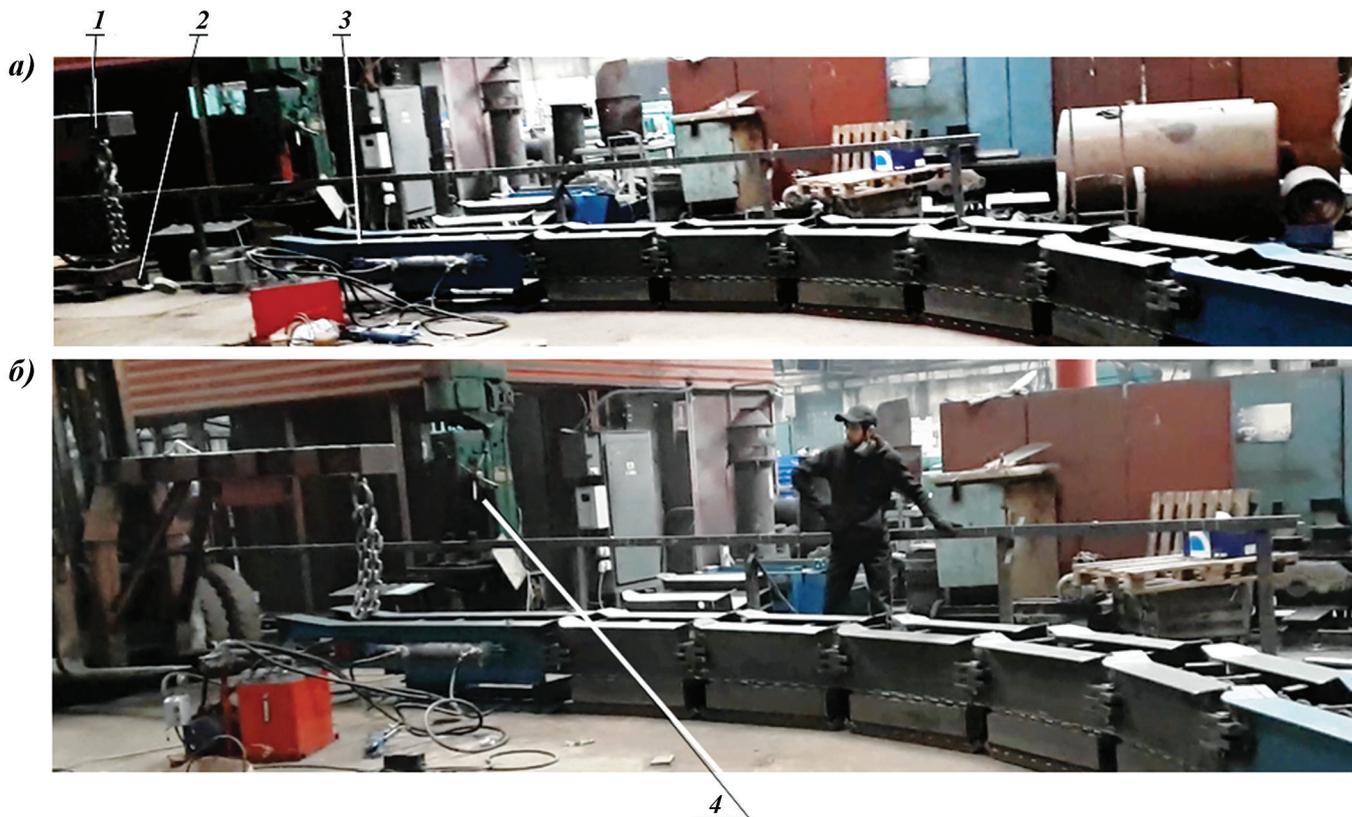
Кесте 1

Қазақстан Республикасындағы көмірдің негізгі қорлары

Table 1

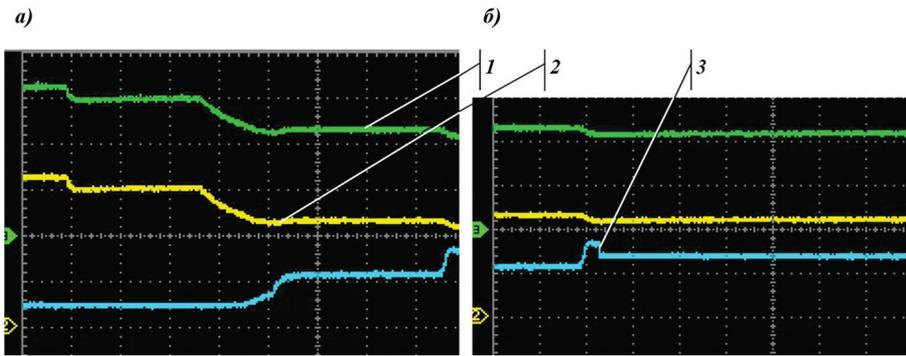
Main coal reserves in the Republic of Kazakhstan

Области	Показатели, млн т		Отношение балансовые/забалансовые
	Балансовые	Забалансовые	
Павлодарская	11920	1798	6,6
Карагандинская	10065	4447	2,3
Костанайская	7536	12082	0,62
Алматинская	937	9975	0,1



1 – трактор; 2 – динамометр; 3 – КПС1;
4 – неподвижный объект для наблюдения передвижения КПС1 из (а) в (б).

**Рис. 1. Перемещение конвейера с разворотом на 60°.
Сурет 1. Конвейерді 60° бұрылыспен жылжыту.
Figure 1. Moving the conveyor with a turn of 60°.**



при наборе давления (а): 1 и 2 – осциллограммы поршневых полостей;
при снятии давления (б): 3 – осциллограмма штоковой полости.

Рис. 2. Осциллограммы давления системы натяжения тягового органа с применением гидродомкратов и гидродатчиков.

Сурет 2. Гидравликалық домкраттар мен гидросенсорларды қолданып тартқыш элементтің созылу жүйесінің қысымының осциллограммалары.

Figure 2. Oscillograms of the pressure of the tensioning system of the traction element using hydraulic jacks and hydrosensors.

распора разрушается либо выбрасывается. Скребок, получив большее сопротивление от груза, скапливающегося на дальнем от центра поворота борта, в еще большей степени стремится восстановить свое нормальное положение.

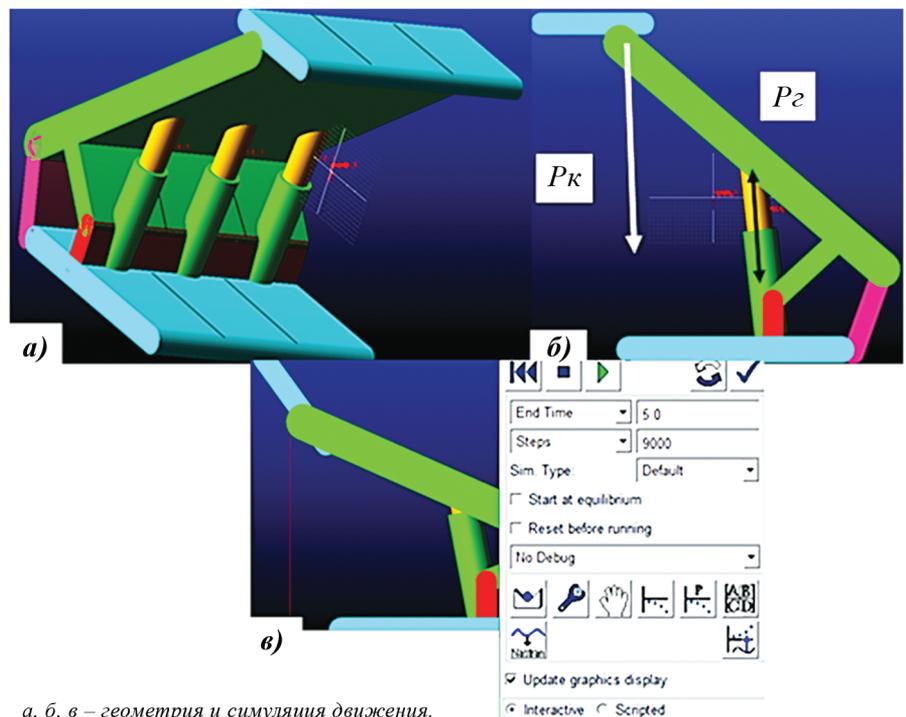
Процессу снятия нагрузки со скребка способствует упругость отражателя и создание полости между ним и бортом, где скапливается мелочь, равномерно распределяющая давление на отражатель. Решетки с одной стороны соединены проушинами с вертикальной осью вращения с регулированием угла их взаимного поворота поворотнопоступательными шарнирами, прикрепленными со стороны раскрывающихся бортов (вместо них могут использоваться и гидроцилиндры).

Ролики качения скребков по бортам диаметром не менее 40 мм обкатывают зазоры между решетками шириной до 8 мм. Конвейер-стенд включает в себя имитатор нагружения в виде тормозных колодок типа ТКК-300 для искусственного торможения вала звездочки натяжного решета и создания нагрузки на привод, а, значит, и на борта конвейера от роликов за счет поворота. При длине конвейера до 30 м двигатель имеет мощность 15 кВт. Впервые применено натяжение цепи двумя гидродомкратами с ходом 0,55 м при развороте става до 90° и перемещением конвейера за комбайном (рис. 1 и 2).

В зоне поворота каждой секции на угол до 15° за счет стравливания рабочей жидкости из поршневой полости домкратов и втягивания платформы со звездочкой в натяжной рештак происходит удлинение цепи (запас в 0,55 м создан предварительным выдвиганием платформы). Стравливание сопровождается сопротивлением жидкости, что исключает расслабление цепи и

ее заклинивание, поэтому система контроля должна предусматривать наличие датчиков и в холостой, и в поршневой полости гидродомкратов (рис. 2). В полостях сохраняется остаточное давление (рис. 2б). Оно остается и при первоначальном запуске, предшествующем рис. 2а с выходом на рабочее давление 30–35 бар (рис. 2а).

Отключение давления сопровождается падением его значений в поршневых полостях (поз. 1 и 2 рис. 2). Изменение давления в штоковой полости зависит от синхронности управления потоками, специфики расположения сливных и нагнетательных каналов (аналогично изменяется давление и при пуске) и сопровождается скачками. Поэтому управление пуском и работой конвейера должно производиться автоматически контроллерами, а запуск электродвигателя – частотным преобразователем. Моделирование передвижения с поворотом конвейера в камеру выполнено в пакете Adams и в процессе заводских испытаний (рис. 1), что позволяет уточнить методику расчета става [3, 4]. Анализ процесса обкатки роликами скребков межсекционных зазоров в сочетании



а, б, в – геометрия и симуляция движения.

Рис. 3. Модель крепи ОКП 70 в пакете Adams.
Сурет 3. Адамстағы пакетте ОКП 70 түрү моделі.
Figure 3. Model of support OKP 70 in the package Adams.

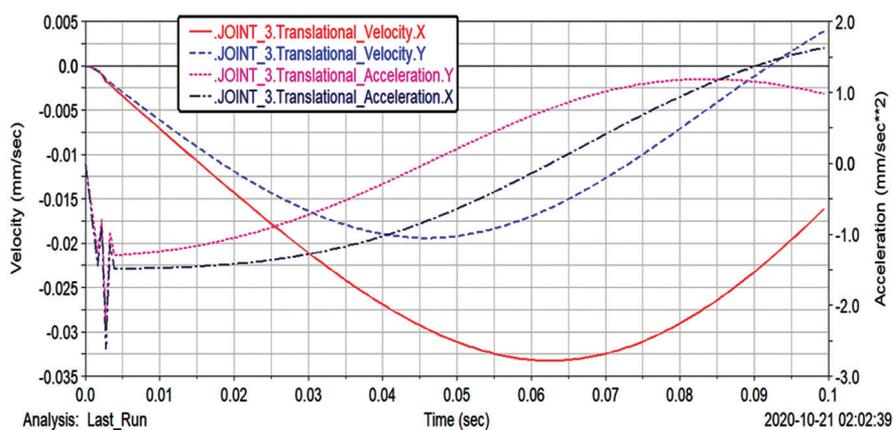


Рис. 4. Усилия, скорости, ускорения шарниров лемнискатного механизма крепи ОКП 70.

Сурет 4. Лемнискаттық механизм ілмектерінің күштері, жылдамдығы, үдеуі ОКП 70.

Figure 4. Forces, speeds, accelerations of the hinges of the lemniscate mechanism ОКП 70.

с решением задачи пластического деформирования [5] подтверждает корректность модели. Для обеспечения маневрирующих возможностей при обходе нарушений и снижения потерь в целиках на первом этапе предложено использовать крепь ОКП 70. С ее применением в Карагандинском бассейне был установлен мировой рекорд добычи угля в лаве. Проведено моделирование работы группы секций в пакете Adams [6] (рис. 3а). Точность модели достигнута введением реальных параметров массовых и инерционных характеристик. Силовые характеристики уточняются

из режима работы крепи [6, 7] (рис. 3б), когда вся нагрузка сосредоточена на козырьке крепи при срабатывании предохранительного клапана гидростойки (усилие 180 тс.).

Задав ориентировочное значение P_k , строим графики усилий, скоростей и ускорений в шарнирах лемнискатного механизма (рис. 4). Эти величины известны для реальной крепи. Изменяя нагрузку P_k заданными шагами, получаем максимально приближенные графики, по которым определим нагрузку P_k , позволяющую уточнить расчеты и методику проектирования [8, 9].

В короткой лаве выемка угля может вестись проходческим комбайном, за которым в лаву заезжает поворотный конвейер. В секциях домкраты передвижения расположены по бокам основания, и одним концом крепятся к одной, а другим – к другим секциям. В результате, передвижение секций производится через одну с последующим подтягиванием отстающих. Для поворота забоя используется неравномерное выдвигание штока: при его большем выдвигании на секции, расположенной слева, лава поворачивается вправо. Работа выполняется автоматически, а оператор, видя забой, способен взять управление на себя.

Заключение

Рассмотренная технология короткозабойной выемки с маневрированием секций крепи типа ОКП 70 с автоматизированными системами управления и поворотным скребковым конвейером позволяет обрабатывать сложнозалегающие участки, вовлекать в эффективную добычу запасы, ранее считавшиеся неперспективными. Применяемые модели пакета Adams позволяют сократить сроки проектирования и внедрения таких технологий, дать точную оценку параметров крепи. Этапный подход при изготовлении и испытаниях конструкции позволяет создать оптимальную систему.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бейсембаев К.М., Грузинская Т.Н., Куракбаев Д.К., Оразбеков Д.Е., Шакарим Е.Е. Моделирование робототехники для очистных забоев. // Научное обозрение. Технические науки. – 2017. – №3. – С. 5-10. (на русском языке)
2. Каренов А.Р. Пути повышения эффективности эксплуатации оборудования на шахтах. // Посткризисные ориентиры социально-экономического и инновационного развития Казахстана. – Караганда, 2010. – №1. – С. 15-18 (на русском языке)
3. Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Малыбаев Н.С., Юрченко В.В., Шманов М.Н. Разработка базовой технологии выемки ископаемого с поворотом конвейера. // Известия Томского политехнического университета: Инжиниринг георесурсов. – 2018. – №8. – С. 37-49. (на русском языке)
4. Ashok K.J., Partha P.R. Моделирование и имитация робота SCORAER14 на платформе ADAMS. // Международный журнал инженерных и технических исследований. – 2014. – Т. 2. – С. 105-109. (на английском языке)
5. Sidorová M., Beysembayev K.M., Shmanov M.N., Mendikenov K., Esen A.M. Моделирование пластического течения в трещинах горных пород. // Acta Montanistica Slovaca. – 2018. – Т. 23. – №4. – С. 357-367. (на английском языке)
6. Talli A.L., Kotturshettar V.B. Прямой кинематический анализ, моделирование и отслеживание рабочего пространства антропоморфного робота-манипулятора с использованием MSC. // ADAMS. – 2015. – Т. 4. – №1. – С. 18462-18468. (на английском языке)

7. Черняк И.Л., Охременко А.Ф. Периодические проявления горного давления в очистных забоях // Изв. вузов. Горный журнал. – 1988. – №11. – С. 48-52. (на русском языке)
8. Dragos A., Gheorghe S. Определение скоростей и ускорений действий, принадлежащих параллельным роботам дельта-трехмерной конструкции с использованием программного обеспечения MSC. Пакет ADAMS. // Журналы, обзоры и научные публикации Университета Бакау. – 2013. – Т. 3. – №1. – С. 17-20. (на английском языке)
9. Pango Mahalingam, Chandramouli Padmanabhan. Планарная многотельная динамика гусеничного транспортного средства с использованием модели Imaginary Wheel для гусениц. // Оборонный научный журнал. – 2017. – Т. 67. – №4. – С. 460-464. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДИБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бейсембаев К.М., Грузинская Т.Н., Куракбаев Д.К., Оразбеков Д.Е., Шакарим Е.Е. Тазарту забойларына арналған робототехника модельдеу // Ғылыми шолу. Техникалық ғылымдар. – 2017. – №3. – Б. 5-10. (орыс тілінде)
2. Каренов А.Р. Шахталарда жабдықтарды пайдалану тиімділігін арттыру жолдары // Қазақстанның әлеуметтік-экономикалық және инновациялық дамуының дағдарыстан кейінгі бағдарлары. – Қарағанды, 2010. – №1. – Б. 15-18. (орыс тілінде)
3. Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Малыбаев Н.С., Юрченко В.В., Шманов М.Н. Конвейерді бұру арқылы қазбаны алудың негізгі технологиясын жасау. // Томск политехникалық университетінің жаңалықтары: георесурстар инжинирингі. – 2018. – №8. – Б. 37-49. (орыс тілінде)
4. Ashok K.J., Partha P.R. Adams платформасында SCORAER14 роботын модельдеу және модельдеу. // Инженерлік және техникалық зерттеулердің халықаралық журналы. – 2014. – Т. 2. – Б. 105-109. (ағылшын тілінде)
5. Sidorová M., Beysembayev K.M., Shmanov M.N., Mendikenov K., Esen A.M. Тау жыныстарының бұзылуы кезінде пластикалық ағымды модельдеу. // Acta Montanistica Slovaca. – 2018. – Т. 23. – №4. – Б. 357-367. (ағылшын тілінде)
6. Talli A.L., Kotturshettar V.V. MSC көмегімен антропоморфты робот-манипулятордың жұмыс кеңістігін тікелей кинематикалық талдау, модельдеу және бақылау. // ADAMS. – 2015. – Т. 4. – №1. – Б. 18462-18468. (ағылшын тілінде)
7. Черняк И.Л., Охременко А.Ф. Өндірістік беттегі тау қысымының мерзімді көріністері. // Жоғары оқу орындарының жинағы. Тау-кен журналы. – 1988. – №11. – Б. 48-52. (орыс тілінде)
8. Dragos A., Gheorghe S. MSC бағдарламалық жасақтамасын пайдаланып, құрылымы үш дельта болатын параллель роботтарға жататын жылдамдықтар мен әсер ету үдеулерін анықтау. Адамс пакеті // Бакау университетінің журналдары, шолулары және ғылыми жарияланымдары. – 2013. – Т. 3. – №1. – Б. 17-20. (ағылшын тілінде)
9. Pango Mahalingam, Chandramouli Padmanabhan. Жолдарға арналған елестететін доңғалақ моделін қолданатын бақыланатын көліктің жоспарлы көп денелі динамикасы. // Қорғаныс Ғылымы Журналы. – 2017. – Т. 67. – №4. – Б. 460-464. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Beisembayev K.M., Gruzinskaya T.N., Kurakbayev D.K., Orazbekov D.E., Shakarim E.E. Modeling of robotics for treatment faces. // Scientific Review. Technical sciences. – 2017. – №3. – P. 5-10. (in Russian)
2. Karenov A.R. Ways to improve the efficiency of equipment operation in mines. // Post-crisis guidelines for socio-economic and innovative development of Kazakhstan. – Karaganda, 2010. – №1. – P. 15-18 (in Russian)
3. Zhetesova G.S., Beisembaev K.M., Malybaev N.S., Yurchenko V.V., Shmanov M.N. Development of the basic technology of extraction of minerals with the rotation of the conveyor. // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University: Engineering geo-resources. – 2018. – №8. – P. 37-49. (in Russian)
4. Ashok K.J., Partha P.R. Modeling and Simulation of SCORAER14 Robot in ADAMS Platform. // International Journal of Engineering and Technical Research. – 2014. – Vol. 2. – P. 105-109. (in English)
5. Sidorová M., Beysembayev K.M., Shmanov M.N., Mendikenov K., Esen A.M. //Plastic Flow Modeling in Rock Fracture. // Acta Montanistica Slovaca. – 2018. – Vol. 23. – №4. – P. 357-367. (in English)

6. Talli A.L., Kotturshettar B.B. *Forward kinematic analysis, simulation & workspace tracing of anthropomorphic robot manipulator by using MSC. // ADAMS. – 2015. – Vol. 4. – №1. – P. 18462-18468. (in English)*
7. Chernyak I.L., Okhremenko A.F. *Periodic manifestations of mountain pressure in treatment faces // Proceedings of universities. Mining Journal. – 1988. – № 11. – P. 48-52. (in Russian)*
8. Dragos A., Gheorghe S. *The determination of the velocities and of the accelerations of action belonging to the parallel robots with delta 3D of structure using the software MSC. Adams package. // Journals, Reviews and Scientific Publications from University of Bacau. – 2013. – Vol. 3. – №1. – P. 17-20. (in English)*
9. Ilango Mahalingam, Chandramouli Padmanabhan. *Planar multibody dynamics of a tracked vehicle using imaginary wheel model for tracks. // Defence Science Journal. – 2017. – Vol. 67. – №4. – P. 460-464. (in English)*

Сведения об авторах:

Бейсембаев К.М., д-р техн. наук, доцент кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), kakim08@mail.ru

Мендикенов К.К., канд. техн. наук, доцент кафедры информатики, Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет», (г. Караганда, Казахстан), mendikenov.k@mail.ru

Нокина Ж.Н., PhD докторант 3-го курса, старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), zh.nokina@mail.ru

Асмагамбет Д.К., PhD докторант 1-го курса кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), kenzhebaeva_d@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Бейсембаев К.М., техника ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), kakim08@mail.ru

Мендикенов К.К., техника ғылымдарының кандидаты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, информатика кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан), mendikenov.k@mail.ru

Нокина Ж.Н., 3 курс PhD докторанты, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының аға оқытушысы, (Қарағанды қ., Қазақстан), zh.nokina@mail.ru

Асмагамбет Д.К., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының 1 курс PhD докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), kenzhebaeva_d@mail.ru

Information about the authors:

Beisembaev K.M., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), kakim08@mail.ru

Mendikenov K.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Informatics of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), mendikenov.k@mail.ru

Nokina Zh.N., 3 year PhD Doctoral Student, Senior Lecturer at the Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), zh.nokina@mail.ru

Asmagambet D.K., 1 year PhD Doctoral Student at the Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), kenzhebaeva_d@mail.ru

В подготовке статьи творческое участие принимали: студентка С. Туякпаева, гр. ТМО 17- 1, магистранты Ю.Ф. Корнейчук, В.А. Когай, Храмов А.С. ТМОМ 19-1, Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет».

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):

- ✓ *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, метаданные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, тщательно выверенный вариант статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы (например, 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 подрисуночном 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.



MTG SYSTEMS

/ STARMET

/ TWINMET

/ PROMET

/ RIPMET

**Высокая производительность, эффективность и надежность
Мы предлагаем решения для любых ковшей!**

60

MTG с 1957 года

ГОРНОЕ ДЕЛО / СТРОИТЕЛЬСТВО / ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

mtgcorp.com

РБ ПРОФЕССИОНАЛ



MTG
OFFICIAL DEALER