

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 **25.10.2020 г.**

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

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



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

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

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

3 Колонка главного редактора

4 Руководитель «Казцинк» рассказал министру индустрии о развитии компании [®]

Геодезия

6 *Аймбетова Г.А., Цычуева Н.Ю.*
Обзор исследований причинно-следственных связей между склоновыми геодинамическими процессами Тянь-Шаня

12 *Сериков Б.Т., Ауелхан Е.С., Онласынов Ж.А.*
Применение данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга выявленных зон с потенциально опасным развитием оползневых процессов

Крепление горных выработок

18 *Демин В.Ф., Алиев С.Б., Кайназаров А.С., Кайназарова А.С.*
Исследования по выбору эффективных средств и способов крепления горных выработок

Переработка полезных ископаемых

23 *Акимбеков Н.Ш., Тастамбек К.Т., Шерелхан Д.К., Алтынбай Н.П.*
Изучение биотехнологической трансформации структуры бурого угля с помощью микроорганизмов

28 *Vikayev Ye.Z., Kenzhetayev G.Zh., Mutalibova G.K.*
Study of the chemical and mineralogical composition of a sample limestone-shell of the field Zhetybai in Mangystau region

Металлургия

34 *Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Барменишинова М.Б., Нурманова А.Н.*
Қорғасын-мырыш кенін селективті флотациялаудың қорғасын циклін өндеу

Горные машины

39 *Уринов Ш.Р., Саидова Л.Ш.*
Обоснование влияния объемов извлекаемой из карьера горной массы на выбор горнотранспортного оборудования

Геоинформатика

44 *Сьедина С.А., Бердинова Н.О., Алтаева А.А., Абдыкаримова Г.Б.*
Создание геомеханической модели месторождения при обосновании устойчивости бортов и уступов глубоких карьеров

Страницы истории

49 *Лисенков А.А.*
Профессор Самен Викторович Цой и его научная школа

54 Требования к оформлению статей

Промышленная безопасность

56 Состояние проветривания на подземных рудниках горнорудных предприятий Карагандинской области

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Мы уже привыкли и воспринимаем как образ жизни обсуждение многих программ и планов, и даже исполнения распорядка рабочего дня в дистанционном режиме. Из сложившейся ситуации главный вывод: экономические проблемы, связанные с деятельностью объектов промышленности, сельского хозяйства и других отраслей экономики, следует организовать без остановки производственных процессов, в т. ч. связанные со снабжением и логистикой. Малый и средний бизнес, государственные органы, являющиеся основой получения и поставки продуктов питания, фармацевции, медобслуживания, транспортных связей, учебы в школах и вузах, банков должен работать со 100% обеспечением, без повышения цен, с максимальным устранением всех барьеров и посредничества. Все остальное должно работать в соответствии с региональными возможностями, не быть обузой для государства и не наносить вреда людям. За время бесконечных карантинных мер мы многое узнали, уяснили, что можно свободно обходиться без некоторых дорогих услуг.

Из прошедших событий хотел остановиться на одной интересной связке исторических фактов, дающих пищу для серьезных исследований, раз у нас много свободного времени. Вот мы отпраздновали (в этот раз у экранов телевизоров) День нашего родного города – южной столицы г. Алматы, после чего в голове отложился вопрос, на который хочется услышать ответ. Он о том, почему для человека яблоко имеет некое сакральное значение с древнейших времен до наших дней. Наш прекрасный город несет в корне своего названия «яблоко», потому что здесь и на самом деле произрастал этот чудесный фрукт, представленный своим лучшим в мире сортом «апорт». Но, хрустя вкусным и сочным плодом природы с детских лет, мы постепенно узнаем со взрослением и познанием Истории сотворения мира из религиозных источников, что бог создал Адама и Еву непонятно с какой целью, потому что они просто гуляли по райским кушам как нынешние нудисты, пока им не попался на пути змей-искуситель, который надоумил их попробовать яблоко, что явилось «первозданным грехом». Они-то хотели познать мир и себя, но бог проклял их, выгнал из райского сада на нашу грешную Землю, хотя Он не помешал им совершить «первозданный грех», в результате чего появились на свет Каин и Авель. И теперь мы все грешные от рождения, что не мешает нам размножаться и употреблять в пищу все больше яблок, не забывая на всех языках славить его в разных ипостасях.

Причиной Троянской войны явилась Елена – жена одного из греческих царей Менелая, которая получила «яблоко раздора» от троянского принца Париса. Алхимики в средние века использовали графические изображения яблока как символ знания. Почему? Великий Исаак Ньютон открыл закон всемирного тяготения, потому что ему на голову упало яблоко. Нью-Йорк называют с любовью «Большим яблоком», может быть, имея в первоначальном замысле желание назвать его «городом большого греха»? Почему, когда говорят о масти лошади, употребляют все цвета, а из фруктов – только яблоко, говоря «конь в яблоках»? Почему попадание в центр мишени называют «попасть в яблочко»? Англичане говорят «apple of the eye», что значит по-русски «глазное яблоко», зрачок, зеница ока. Они также говорят «the apple of discord», т. е. яблоко раздора, независимо от древнегреческого мифа. Причем в греческий язык это выражение ввел полумифический Гомер, который что-то неизвестное нам имел в виду, когда сочинял «Илиаду».

В песнях и сказках как казахов, так и русских чаще всего из плодовых деревьев употребляется яблоня («яблонь в цвету», «яблоки в снегу»). Красота девушки у казахов ассоциируется с яблоней и яблоком (фигура «алма ағаш», шея «алма мойын»). Быстротечность времени сравнивается с опаданием цветов у яблони («Алма ағаштың гүліндей-ау өтіп дәурен бара жатыр, сіз бен бізге білінбей-ау»).

Почему фирменный знак всемирной компьютерной фирмы Стива Джобса надкусанное яблоко? Он так сделал, имея в виду точно такое надкусанное яблоко из полицейских материалов о причинах смерти Алана Тьюринга – великого математика, логика и криптографа, расшифровавшего во время войны с фашистами все их секретные коды, введшего в науку в 1936 г. понятие «универсальной машины», которая вычисляла все, что только возможно, и представляла собой концепцию современного персонального компьютера (само слово «компьютер» придумано им). Но он был геем, а в Великобритании в 50-е годы XX века гомосексуализм был вне закона, который был жестоким настолько, что обязательно заставлял делать химическую кастрацию. Алан покончил жизнь самоубийством, выпив цианид калия и надкусив яблоко, таким образом показав другим, что уходит из жизни из-за греха против бога. Стив Джобс показал миру, что считает его смерть позором для цивилизации и избрал символом своей компании это яблоко.

Вот такова кратенькая история саги о яблоке. Может быть, нам не все известно, но я предлагаю уставшим читателям лучше кушать яблоки и любить свой родной город, помогая ему в любое время быть чистым, ухоженным, устремленным в будущее, сохраняя свой неповторимый облик города-сада.

Состояние города-сада уже в немаловажной степени зависит от горного дела, так как под городом ни шатко ни валко все-таки строится метрополитен в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях, учитывая и породы, и наличие моря чистой воды под нашими ногами.

Вот вам и связь яблока с горным делом.

Здоровья и благополучия всем горожанам!



РУКОВОДИТЕЛЬ «КАЗЦИНКА» РАССКАЗАЛ МИНИСТРУ ИНДУСТРИИ О РАЗВИТИИ КОМПАНИИ

Министр индустрии и инфраструктурного развития Казахстана Бейбут Атамкулов провел встречу с генеральным директором ТОО «Казцинк» Александром Хмелевым. Глава одной из крупнейших горно-металлургических компаний страны рассказал о развитии предприятия и планах на будущее.

Александр Хмелев рассказал Бейбуту Атамкулову о дальнейшей разработке и использовании минерально-сырьевой базы. По действующим рудникам в Восточно-Казахстанской области и карьерам в Акмолинском и Карагандинском регионах «Казцинк» за 2019 год добыл почти 15 млн тонн руды. Производство основной продукции составило: цинка – 308,8 тыс. тонн, свинца – 131,7 тыс. тонн, меди – 65,0 тыс. тонн, золота – 29,9 тонн, серебра – 703,9 тонн.

Компания активно инвестирует в развитие производства: в текущем году на данные цели будет направлено почти 140 млрд тенге.



Дополнительно стороны обсудили и проблемные вопросы, к примеру, нехватку высококвалифицированных отраслевых специалистов. Для того, чтобы избежать оттока таких сотрудников, компания реализует отдельные проекты, в числе которых специальное бонусное вознаграждение особо ценных работников, проживающих в небольших населенных пунктах, а также финансирование обучения их детей в различных вузах.

По итогам встречи Александр Хмелев выразил признательность Министерству за всестороннюю поддержку.

Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

TECH MINING RUSSIA

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
3-4 ДЕКАБРЯ 2020, МОСКВА

Встречи лицом к лицу и личное общение сохраняют свое значение и ценность. Открыта регистрация на **2-ю Международную Конференцию и Выставку TECH MINING RUSSIA 2020, Новые Технологии Добычи Полезных Ископаемых**, которая состоится 3 и 4 декабря в Москве. Наша площадка объединяет представителей горнодобывающей отрасли, научного сообщества, бизнеса и органов государственной власти, программа сфокусирована на практическое применение современных технологий и внедрение инноваций на предприятиях горнодобывающей отрасли.

Tech Mining Russia – это 2 дня делового общения и более 40 докладов о технологическом оснащении одной из важнейших отраслей промышленности Российской Федерации. В отличие от выставок, формат нашего мероприятия больше располагает к личному и неформальному общению, формированию новых связей и развитию горнодобывающего сообщества, а также обсуждению новейших технологий и тенденций отрасли.

Деловая программа посвящена применению современных технологий в различных областях горнодобывающей индустрии, среди сессий программы:

- разведка и добыча полезных ископаемых;
- обработка, обогащение и транспортировка;
- цифровизация и введение IT технологий в производство;
- строительство, модернизация и реконструкция горнодобывающих предприятий;
- безопасность предприятия и экологичность производства.

Среди наших спикеров:

- **Егор Владимирович Маслов**, заместитель генерального директора по трансформации бизнеса, **Highland Gold (Русдрагмет)**.
- **Ринат Иршатович Исмагилов**, директор департамента горнорудного производства, **ООО УК «Металлоинвест»**.
- **Сергей Петрович Кумов**, руководитель отдела управления программами промышленной автоматизации **ПАО «ГМК «Норильский никель»**.
- **Ирина Владимировна Шадрунова**, заведующая отделом горной экологии **ИПКОН РАН**, профессор, доктор наук.
- **Олег Владимирович Казанов**, заместитель генерального директора **ФГБУ ВИМС**.
- **Анатолий Иннокентьевич Иванов**, научный руководитель **ФГБУ ЦНИГРИ**, доктор геолого-минералогических наук, заслуженный геолог РФ, почетный разведчик недр.
- **Николай Владимирович Матяш**, исполнительный директор **Горнорудного Консультативного Совета**.
- **Михаил Геннадьевич Воронцов**, руководитель программ, **ООО Цифровые решения, ПАО «Газпромнефть»**.

Одновременно с конференцией проходит выставка современных технологий, на стендах наших экспонентов вы сможете получить консультации специалистов, обсудить возможность сотрудничества и внедрения предлагаемых технологий на своем производстве.

Для получения дополнительной информации и регистрации на мероприятие направляйте Ваш запрос на почту info@techmining.ru, либо по телефону **+7-499-11-205-11**.

Сайт мероприятия www.techmining.ru.

Даты проведения: **3-4 декабря 2020 года**.

Место: **Москва, отель Marriott Courtyard Павелецкая**.



Код МРНТИ 36.16.39

Г.А. Аймбетова, Н.Ю. Цычуева

Казахский национальный университет имени аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СКЛОНОВЫМИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ТЯНЬ-ШАНЯ

Аннотация. Известная на сегодня информация о структуре и эволюции земной коры Тянь-Шаня является результатом многолетних систематических исследований ученых и специалистов со всего мира. Первостепенная цель этих исследований – установление векторов и величин перемещений блоков земной коры во всем поясе Тянь-Шаня, на основе чего предполагается получить новые фундаментальные знания о современной геодинамике этого пояса во всем его объеме. Склоновые геодинамические процессы широко распространены по всей территории Тянь-Шаня, исследование которых тоже играет немаловажную роль. В статье были рассмотрены исследования и результаты работ нескольких авторов, которые постарались объяснить причинно-следственную связь между оползнями Тянь-Шаня и подчинить оползнеопасные проявления определенной закономерности. Некоторые исследования основаны только на сейсмотектонических факторах, другие рассматривают этот процесс в зависимости от комплекса факторов.

Ключевые слова: оползень, землетрясение, сейсмотектонический фактор, морфологический фактор, крутизна склонов, экспозиция, климатический фактор, гидрогеологический фактор, цифровая модель рельефа.

Тянь-Шаньдағы көлбеулік геодинамикалық үдерістердің арасындағы себеп-салдарлық байланыстарының зерттеулеріне шолу

Анатпа. Бүгінгі таңда Тянь-Шаньдағы жер қыртысының құрылымы мен эволюциясы туралы бізге белгілі мәліметтер дүниежүзінің ғалымдары мен мамандарының көпжылдық жүйелі зерттеулерінің нәтижесі болып табылады. Осы зерттеулердің басты мақсаты – Тянь-Шань белдеуі бойынша жер қыртысының блоктарының орын ауыстыруының векторлары мен шамаларын белгілеу, соның негізінде осы белдеудің қазіргі заманғы геодинамикасы туралы оның барлық көлемінде жана іргелі білім алу күтілуде. Көлбеулік геодинамикалық үдерістер бүкіл Тянь-Шаньда кең таралған және оларды зерттеу де маңызды рөл атқарады. Мақалада Тянь-Шаньдағы көшкіндердің арасындағы себеп-салдарлық байланыстарды түсіндіріп, оларды белгілі-бір заңдылыққа бағындыруға тырысқан бірнеше авторлардың зерттеулері мен нәтижелері қарастырылды. Кейбір зерттеулер тек сейсмотектоникалық факторларға негізделген болса, басқалары бұл процесті күрделі факторлармен қарастыруға тырысады.

Түйінді сөздер: көшкін, жер сілкінісі, сейсмотектоникалық фактор, морфологиялық фактор, көлбеудің тіктігі, экспозиция, климаттық фактор, гидрогеологиялық фактор, рельефтің цифрлық моделі.

Review of research of causes and consequences relations between slope geodynamic processes of Tien-Shan

Abstract. What is known today about the structure and evolution of the earth's crust in the Tien-Shan is the result of many years of systematic research by scientists and specialists from all over the world. The primary goal of these studies is to establish vectors and magnitudes of displacements of blocks of the earth's crust in the entire Tien-Shan belt, on the basis of which it is expected to obtain new fundamental knowledge about the modern geodynamics of this belt in its entire volume. Slope geodynamic processes are widespread throughout the Tien-Shan, the study of which also plays an important role. The article reviewed the studies and results of several authors who tried to explain the causal relationship between the landslides of the Tien-Shan and subordinate landslide manifestations to a certain pattern. While some studies are based only on seismotectonic factors, others try to consider this process with complex factors.

Key words: landslide, earthquake, seismotectonic factor, morphological factor, slope steepness, exposure, climatic factor, hydrogeological factor, digital elevation model.

Введение

Горные склоны непрерывно разбиваются под воздействием различных процессов, которые определяют их морфологию. Смещения могут быть самого различного вида в зависимости от характера, количества и взаимодействия воздействующих факторов. В некоторых районах движения горных пород на склонах наносят огромный как прямой, так и косвенный ущерб. Известны оползни и обвалы, разрушавшие целые города и вызывавшие гибель тысяч людей. Изучение движений склонов и их предупреждение, выявление условий, в результате которых склон становится оползнеопасным, и факторов, приводящих к этому состоянию, имеет первостепенное значение. Только детальный анализ позволяет оценить размеры опасности и предложить соответствующие

защитные меры. Огромное разнообразие склоновых явлений отражает многообразие факторов, которые могут нарушить устойчивость склонов, наиболее важные из них: *изменение крутизны склона, дополнительная нагрузка, сотрясение и вибрация, изменения влажности, воздействие грунтовых вод, мерзлотное воздействие, выветривание, влияние растительности*¹.

Новейший тектонический этап и современные геологические процессы, ярчайшим образом проявленные в Центральной Азии, являются весьма благоприятными для изучения фундаментальных и прикладных аспектов внутриконтинентального горообразования, поскольку по многообразию и пространственной непрерывности проявлений они представлены в полном своем выражении и позволяют применять

исключительно широкий арсенал методов, в том числе натурных экспериментов и наблюдений, которые недоступны при изучении более древних эпох. Интеграция необходимых наблюдений литосферы в различных ее средах от поверхности до мантии включительно доступными методами предоставляет возможность детализирования модели внутриконтинентального горообразования, что позволяет углублять изучение геодинамических аспектов горообразующих процессов, проблем освоения природных ресурсов горных систем, оценки сейсмической опасности и риска, геоэкологии и других вопросов фундаментального и прикладного значения.

Одной из наиболее изученных горных систем Центральной Азии является Тянь-Шань, образующий северный фронт этой обширной области.

¹Машанов А.А., Сарыбаев О.А., Касымханова Х.М. Устойчивость склонов: монография. – Алматы, 2016. – 231 с.

Являясь первоклассным объектом для изучения новейших и современных горообразующих тектонических движений, Тянь-Шань уже более полутора веков привлекает большое внимание геологов, геофизиков и многих других специалистов².

Особенности новейшей тектонической структуры Тянь-Шаня, гетерогенность древнего геологического субстрата, подвергшегося горообразующим деформациям, различные активность и форма проявления отдельных элементов этой структуры на разных глубинных уровнях земной коры вместе с новыми данными и представлениями о структуре глубинных слоев литосферы Памиро-Тяньшанской области и закономерностях распределения очагов землетрясений послужили основой для выводов не только о вещественно-структурной и реологической, но также о геодинамической дисгармонии литосферы этой области и ее тектонической расслоенности³.

Материалы и методы исследования

Тянь-Шань – это Северный, Средний и Южный Тянь-Шань в его широтной зональности, или Западный, Центральный и Восточный Тянь-Шань в его членении по простиранию. Они хорошо соответствуют крупнейшим и достаточно различным историко-геологическим, структурно-формационным и структурно-орографическим областям. Естественной границей Западного и Центрального сегментов Тянь-Шаня является диагональное относительно него вспучивание земной коры, которое обычно связывается с Таласо-Ферганским разломом. Разделом Центрального и Восточного сегментов Тянь-Шаня является район горного (и структурно-тектонического) узла Хан-Тенгри. Восточный Тянь-Шань, расположенный почти исключительно на территории Китая, называется также Китайским Тянь-Шанем. Под Северным Тянь-Шанем, также в соответствии с традициями, понимается, главным образом, северная часть Центрального сегмента, включающая территории бассейнов

рек Талас, Чу, Или, озера Иссык-Куль и Токтогульского водохранилища. В Западном Тянь-Шане ему соответствует Угамо-Чаткальская система хребтов и долин, называемая также Северо-Западным Тянь-Шанем. Средний Тянь-Шань охватывает территорию бассейна р. Нарын в Центральном Тянь-Шане и Ферганскую впадину в Западном. Южный Тянь-Шань на западе включает Гиссаро-Алайскую систему хребтов (Юго-Западный Тянь-Шань), а в Центральном Тянь-Шане – систему хребтов, дренируемую реками Таримского бассейна (Западный и Восточный Аксай, Сарыджас, Кашгар, Тарим)².

Нынешняя форма Тянь-Шаня считается результатом постколлизийного сближения Индии с Азией [1, 2], в то время как его общая геология является результатом значительно более длительной тектонической активности. Согласно публикациям некоторых авторов [2], коллизия, аккрецирующая Центральный Тянь-Шань, в основном состоящий из палеозойских гранитов, на докембрийском Таримском блоке началась в позднем девоне. Начальные правые сдвиги вдоль Таласо-Ферганского разлома, пересекающего Тянь-Шань с юго-запада на северо-запад, произошли в поздней перми [3]. Кумулятивные смещения вдоль этого разлома длиной почти 1000 км составляют около 250 км. На юго-восток он продлен разломом Каракорум эшелонировано с правым переходом. Столкновение Индии и Азии началось в раннем кайнозое, около 50-55 млн лет назад, но большая часть Тянь-Шаня была образована в течение последних 10 млн лет [1].

Как уже отмечено, Тянь-Шань хорошо изучен на предмет образования, строения и подверженности разным факторам. Однако, до сих пор нет однозначных определений и объяснений причинам проявления некоторых оползневых процессов. Если авторы некоторых исследований [4] пытаются связать эти склоновые геодинамические процессы с сеймотектонической активностью, то другие исследования

[5] призваны объяснить проявление оползневых процессов в комплексе взаимосвязанных факторов. Конечно, основным фактором оползневой активности при землетрясениях является сейсмическая активность, но оползневые процессы могут активироваться и без сотрясений, нанося огромный материальный ущерб и угрожая жизни людей.

В работе Х.Б. Хавенит и других авторов [4] оползневые процессы Тянь-Шаня рассматриваются во взаимосвязи с сеймотектоническими данными. В этой работе рассмотрены уже существующие и представлены новые данные об оползнях и землетрясениях для большей части Тянь-Шаня, основными из которых являются материалы Инициативы по сейсмическим рискам Центральной Азии (Central Asia Seismic Risk Initiative – CASRI). Если конкретизировать, это предварительная цифровая карта активных разломов и каталог землетрясений Центральной Азии до 2009 г., который был обновлен данными USGS по май 2014 г. Новая составленная инвентаризация оползней содержит существующие записи 1600 ранее нанесенных на карту массовых перемещений и более 1800 новых данных об оползнях. Принимая во внимание имеющиеся в настоящее время сеймотектонические данные об оползнях, для получения более или менее непрерывной информации о геологических опасностях была определена целевая область размером 1200 км с востока на запад и 600 км с севера на юг.

Этот целевой регион включает весь Кыргызский Тянь-Шань, Юго-Западный Тянь-Шань в Таджикистане, Ферганский бассейн (Кыргызстан, Таджикистан и Узбекистан), а также западную часть Тянь-Шаня в Узбекистане, крайнюю северо-восточную часть Тянь-Шаня в Казахстане и небольшую часть Восточно-Китайского Тянь-Шаня.

На основе новой инвентаризации оползней и обновленного каталога землетрясений анализируется связь между этими явлениями. Во-первых,

²Макаров В.И., Абдрахматов К.Е., Айтматов И.Т., Бакиров А.Б. и др. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизийного горообразования (Центральная Азия). – М.: Научный мир, 2005. – 400 с.

³Макаров В.И., Трифионов В.Г., Шукин Ю.К. и др. Тектоническая расслоенность литосферы новейших подвижных поясов. – М.: Наука, 1982. – 115 с.

отношение «размер – частота» изучается для обоих типов геологических опасностей с точки зрения GRL для землетрясений и функции плотности вероятности для оползней. Во-вторых, они подчеркивают роль сопряженных опасностей на Тянь-Шане: внутри горного хребта самые большие бедствия были вызваны оползнями и массивными земляными потоками, вызванными землетрясениями. Таким образом, для этих горных регионов чрезвычайно важно дополнять оценку единичной опасности парными сценариями опасности.

Самые ранние исследования в этом направлении изложены в работе С.С. Шульца⁴, завершённой позже В.И. Макаровым³ и О.К. Чедиа⁵, более поздние проводились К.Е. Абдрахматовым. Далее, на основе собранной сейсмотектонической информации и нового сейсмического каталога рассчитали первую вероятностную карту сейсмической опасности для Кыргызского Тянь-Шаня [6]. Они показали, что части Тянь-Шаня (около южных и северных границ) могут быть причислены к наиболее сейсмически опасным регионам мира.

В течение последнего десятилетия серия совместных мероприятий между GeoForschungsZentrum Potsdam (Германия) и Центрально-Азиатским институтом прикладных наук о Земле (г. Бишкек, Республика Кыргызстан), частично с участием других институтов, была сосредоточена на повторной оценке оползней и опасности землетрясений по всему Тянь-Шаню и соседним регионам. В связи с этим были собраны новые сейсмические данные и информация об оползнях, обновлены каталоги землетрясений и связанных с ними оползней. На основе этих данных особо крупные землетрясения были занесены в табл. 1 и была построена результирующая карта (рис. 1) с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM с разрешением 100 м.

По результатам этих исследований были оцифрованы 3436 контуров оползней (общее количество

3462 минус 26 лессовых потоков) со статистическими данными об их размерах и частоте. Хотя для большинства крупных оползней авторы смогли доказать их зависимость от землетрясений, но некоторые оползни так и не смогли подчинить этой закономерности [4].

Другие исследования были основаны на исследовании оползней по собранному географическому, геологическому и геоморфологическому данным [5]. Также были использованы ЦМР, обновленный каталог землетрясений, карта активных разломов, а также новая инвентаризация оползней. Последние добавленные цифровые данные – это новая упрощенная геологическая карта, карта годовых осадков, а также карты речной и дорожной сетей, которые были составлены для киргизской и таджикской частей Тянь-Шаня. На основе этих записей были определены плотность оползней с учетом морфологических (Morphological), геологических (Geological) факторов, расстояния до реки (River), осадков (Precipitation), землетрясений (Earthquakes) и разломов (Faults). Также были установлены корреляции между расположением

уступов и углом откоса, расстоянием до рек, которые показывают, что уступы обычно располагаются на более крутых склонах, дальше от рек и на более выпуклой местности, чем все оползни. На основе значительной плотности оползней, рассчитанных для каждого класса вышеупомянутых факторов, создаются две карты подверженности оползням в соответствии с анализом влияющих факторов: первая учитывает корреляции между возникновением оползней и первыми четырьмя факторами (MGRP); вторая основана на первой карте (MGRP) в сочетании с сейсмотектоническим влиянием (+E, +F) на распределение оползней. После сравнения этих двух карт с фактическим распределением оползней был сделан вывод о том, что расстояния до рек, а также до разломов и прошлых землетрясений наиболее сильно влияют на подверженность склонов к оползням.

Результаты

Авторами настоящей статьи были выделены несколько зон, в которых восприимчивость к оползням, рассчитанная для факторов MGRP+E+F, лучше соответствует наблюдаемой концентрации

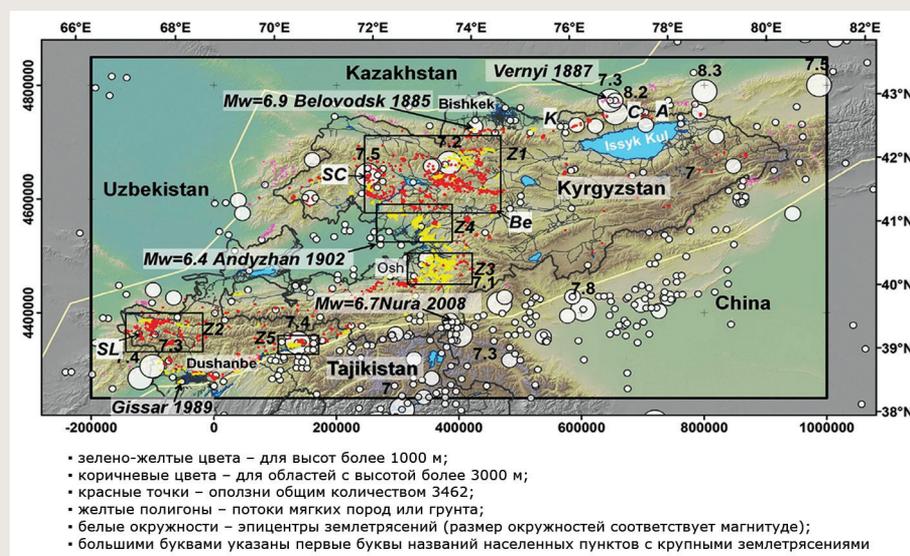


Рис. 1. Представленные данные: отмывка и топографическая карта ЦМР SRTM, интерполированная на 100 м.

Сурет. 1. Ұсынылған мәліметтер: 100 м-ге интерполяцияланған төбелік көлеңке және топографиялық SRTM РЦМ.

Figure 1. Presented data: hillshade and topographic DEM SRTM interpolated to 100 m.

⁴Шульц С.С. Анализ новейшей тектоники и рельефа Тянь-Шаня. // Известия Всесоюзного географического общества. – 1948. – Новая серия 3. – 222 с.

⁵Чедиа О.К. Морфоструктуры и неотектоника Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1986. – 314 с.

Сильные землетрясения на территории Тянь-Шаня

Таблица 1

Тянь-Шаньдагы күшті жер сілкіністері

Кесте 1

Strong earthquakes in the Tien-Shan

Table 1

Название населенного пункта	Время (день.месяц.год)	Широта	Долгота	Магнитуда	Количество погибших/спровоцированных оползней
Аксу	1716 г.	N43.20°	E81.00°	7,50	нет данных
Беловодск	02.08.1885	N42.70°	E74.10°	6,90	54/не подтвержден: 1 Белогорский обвал
Верный	08.06.1887	N43.10°	E76.80°	7,30	236-330
Чилик	11.07.1889	N43.20°	E78.70°	8,30	не более нескольких десятков
Кашгар	22.08.1902	N39.80°	E76.20°	6,80	нет данных
Андижан	16.12.1902	N40.80°	E72.30°	6,40	4722
Каратак 1 + 2	21.10.1907	N38.50°	E67.90°	7,4+7,3	больше, чем 1500
Кемин	03.01.1911	N42.90°	E76.90°	8,20	452/оползень Каинды 38 жителей села кочевников, скальные обвалы в Ананьево
Кемин-Чуй	20.06.1938	N42.70°	E75.80°	6,90	нет данных
Чаткал	02.11.1946	N41.90°	E72.00°	7,50	нет данных
Хайт	10.07.1949	N39.20°	E70.80°	7,40	20 000/вероятно, 50% погибших в результате оползней
Маркансу	11.08.1974	N39.23°	E73.83°	7,30	нет данных
Жаланаш-Тиюп	24.03.1978	N42.87°	E78.58°	7,00	нет данных
Суусамыр	19.08.1992	N42.07°	E73.63°	7,50	50/вероятно, более 30, включая постсейсмический обломочный поток
Гиссар	23.01.1989	N38.465°	E68.69°	5,50	274
Нура	05.10.2008	N39.62°	E73.67°	6,60	74/в основном убиты лессовыми потоками

оползней, чем рассчитанная только для факторов MGRP. Для нескольких зон обе карты демонстрируют высокую подверженность оползням, которая плохо отражает наблюдаемую низкую субрегиональную оползневую активность [5].

В масштабе горного хребта рассчитанные карты подверженности оползням относительно хорошо соответствуют наблюдаемому распределению оползней, но эти карты представляют только пространственный компонент опасности оползней. В данном анализе временные аспекты не рассматриваются.

В работе, помимо вышеуказанных данных, были проанализированы материалы, собранные за 15 лет с полевых исследований более 100 оползней как на твердых, так и на мягких породах. Для выявления геологической структуры была оцифрована геологическая

карта, которая показывает, что для Тянь-Шаня характерно чередование горных хребтов с восточно-западным простираем снаружи и горными бассейнами внутри.

Палеозойские породы и более древний фундамент составляют ядро хребтов, тогда как бассейны заполнены кайнозойскими и мезозойскими отложениями и в основном окаймлены противоположно обтекаемыми участками надвиговых разломов, считавшимися сейсмически активными в эпоху позднего плейстоцена и голоцена [7]. Эти данные были дополнены картами почвенного покрова, среднегодового количества осадков, речной и дорожной сетей. Составленные карты показывают, что низкие бассейны, и некоторые бассейны на больших высотах (1500 м), окруженные горными хребтами, отмечены засушливым

климатом (с количеством осадков менее 200 мм в год). Горные хребты характеризуются полусухим или влажным климатом (200-400 мм) или влажным климатом (700 мм). Местами количество годовых осадков может достигать 1000 мм и оказывать влияние на высокогорные склоны, ориентированные на северо-запад.

Четыре классических морфологических фактора – высота, угол наклона, экспозиция и кривизна – также коррелировали с возникновением оползней. Поскольку анализ факторов оползней используется для расчета предрасположенности к оползням, сначала были определены плотность оползней по отношению к каждому классу различных факторов окружающей среды.

Для большинства факторов была рассчитана нормализованная плотность на основе пикселей, но для геологических факторов учитывалось

количество оползней. На основе анализа пород был сделан вывод, что мягкие породы более подвержены оползням нежели твердые. Примером могут служить оползни в Суусамырском районе и в долине Майли-Сай. Корреляции, основанные на осадках, показывают, что большинство оползней расположено в средне- и высокогорных зонах (1400-2400 м), отмеченных средним количеством осадков (400-700 мм в год). Также можно видеть, что меньше оползней происходит на самых больших высотах, отмеченных максимальным количеством осадков.

Тот факт, что оползни (особенно связанные с ними отложения) расположены близко к рекам, почти очевиден, поскольку оползневый материал обычно опускается на дно долины, где расположены реки, но речная эрозия должна рассматриваться как важный пусковой фактор. Известно, что несколько крупных оползней были вызваны речной эрозией, например, оползень Айни, который произошел в 1964 г.

вдоль реки Зеравшан. Тем не менее, известны очаговые зоны (уступы) многих крупных оползней, которые, скорее всего, не контактировали с какой-либо рекой, когда движение масс было активировано.

Влияние дорог на большие склоны могут рассматриваться как очень малозначимое, в то время, как их строительство, безусловно, способствует дестабилизации склонов, хотя, с другой стороны, следует отметить, что многие крупные оползни были вызваны в доисторические времена, когда дорог не было.

Корреляции между местоположением оползня и морфологическими факторами, углом наклона, ориентацией и кривизной склона показывают, что оползни преимущественно расположены на склонах под углом 15-25° с экспозицией на северо-запад. При этом надо отметить, что корреляция с углами склона явно сильнее (максимальная плотность оползней 1,7 для склонов 15°), чем с экспозицией склона (максимальная плотность 1,2 на северо-западных склонах) [5].

Заключение

В заключение можно сделать вывод, что Тянь-Шань является прекрасным материалом для изучения склоновых геодинамических процессов. Изучение многочисленных оползневых процессов на его территории помогает выявить, хоть и не точную или однозначную, но причинно-следственную закономерность проявления оползневых процессов. По результатам рассмотренных исследований можно сказать, что склоновые геодинамические процессы (если быть точнее, оползни) могут быть образованы не только под влиянием сейсмотектонического фактора, но и в комплексе морфологических, геологических, климато-гидрологических факторов. Подверженность оползням была проанализирована по отношению к вышеупомянутым факторам. Корреляция между возникновением оползней и различными факторами показывает, что расстояния до рек, а также от разломов и прошлых землетрясений имеют наиболее сильное влияние на подверженность склонов оползням.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Molnar P., Tapponnier P. Кайнозойская тектоника Азии: последствия столкновения континентов. // Наука. – 1975. – №189. – С. 419-426. (на английском языке)
2. Allen M.B., Windley B.F., Chi Z. Палеозойская коллизионная тектоника и магматизм Китайского Тянь-Шаня, Средняя Азия. // Тектонофизика. – 1992. – №220. – С. 89-115. (на английском языке)
3. Burtman V.S., Skobolev S.F., Molnar P. Позднекайнозойский сдвиг по Таласско-Ферганскому разлому, Тянь-Шань, Средняя Азия. // Бюллетень геологического общества Америки. – 1996. – №108. – С. 1004-1021. (на английском языке)
4. Havenith H.-B., Torgoev A., Schlögel R., Braun A., Torgoev I., Ischuk A., Abdrakhmatov K. База данных геологических опасностей Тянь-Шаня: землетрясения и оползни. // Геоморфология. – 2015. – Т. 249 (специальный выпуск). – С. 16-31. (на английском языке)
5. Havenith H.-B., Torgoev A., Schlögel R., Braun A., Torgoev I., Ischuk A. База данных геологических опасностей Тянь-Шаня: землетрясения и оползни. // Геоморфология. – 2015. – Т. 249 (специальный выпуск). – С. 32-43. (на английском языке)
6. Abdrakhmatov K.Ye., Havenith H.-B., Delvaux D., Jongmans D., Trefois P. Вероятностные карты интенсивности PGA и областей Кыргызстана (Центральная Азия). // Сейсмология. – 2003. – №7. – С. 203-220. (на английском языке)
7. Bindi D., Abdrakhmatov K.Ye., Parolai S., Mucciarelli M., Grunthal G., Ischuk A. Оценка сейсмической опасности в Центральной Азии: результаты территориального подхода. // Динамика грунтов и сейсмостойкое строительство. – 2012. – №37. – С. 84-91. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Molnar, P., Tapponnier, P. 1975. Азияның кайнозойлық тектоникасы: континентальды коллизияның әсері. Ғылым – 1975. – №189. – Б. 419-426. (ағылшын тілінде)
2. Allen M.B., Windley B.F., Chi Z. Қытайлық Тянь-Шань, Орталық Азияның палеозойлық коллизиялық тектоникасы мен магматизмі. // Тектонофизика. – 1992. – №220. – Б. 89-115. (ағылшын тілінде)

3. *Burtman V.S., Skobolev S.F., Molnar P. Кайнозойдың Талас-Фергана аймағы, Тянь-Шань, Орталық Азиядағы сырғуы. Америка геологиялық қоғамының бюллетені. – 1996. – №108. – Б. 1004-1021.*
4. *Havenith H.-B., Torgoev A., Schlögel R., Braun A., Torgoev I., Ischuk A., Abdrakhmatov K. Тянь-Шань геоқауіпті мәліметтер базасы: жер сілкінісі және көшкіндер. // Геоморфология. – 2015. – Т. 249 (арнайы шығарылым). – Б. 16-31.(ағылшын тілінде)*
5. *Havenith, H.-B., Torgoev, A., Schlögel, R., Braun, A., Torgoev, I., Ischuk, A. Тянь-Шань геоқауіпті мәліметтер базасы: жер сілкінісі және көшкіндер. // Геоморфология. – 2015. – Т. 249 (арнайы шығарылым). – Б. 32-43.(ағылшын тілінде)*
6. *Abdrakhmatov K.Ye., Havenith H.-B., Delvaux D., Jongmans D., Trefois P. Қырғызстанның (Орта Азия) ықтималдық PGA және ариялардың қарқындылық карталары. // Сейсмология. – 2003. – №7. – Б. 203-220. (ағылшын тілінде)*
7. *Bindi D., Abdrakhmatov K.Ye., Parolai S., Mucciarelli M., Grunthal G., Ischuk A. Орталық Азиядағы сейсмикалық қауіптілікті бағалау: учаскелік тәсілдің нәтижелері. // Топырақ динамикасы және сейсмикаға төзімді құрылыс. – 2012. – №37. – Б. 84-91. (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Molnar P., Tapponnier P., Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. // Science. – 1975. – №189. – P. 419-426. (in English)*
2. *Allen M.B., Windley B.F., Chi Z. Palaeozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tien-Shan, Central Asia. Tectonophysics. – 1992. – №220. – P. 89-115. (in English)*
3. *Burtman V.S., Skobolev S.F., Molnar P. Late Cenozoic slip on the Talas-Fergana fault, the Tien-Shan, Central Asia. // Geological Society of America Bulletin. – 1996. – №108. – P. 1004-1021. (in English)*
4. *Havenith H.-B., Strom A., Torgoev I., Torgoev A., Lamair L., Ischuk A., Abdrakhmatov K. Tien-Shan geohazards database: landslide susceptibility and impacts. // Geomorphology. – 2015. – Vol. 249 (Special Issue). – P. 16-31. (in English)*
5. *Havenith H.-B., Torgoev A., Schlögel R., Braun A., Torgoev I., Ischuk A. Tien-Shan geohazards database: landslide susceptibility analysis. // Geomorphology. – 2015. – Vol. 249 (Special Issue). – P. 32-43. (in English)*
6. *Abdrakhmatov K.Ye., Havenith H.-B., Delvaux D., Jongmans D., Trefois P. Probabilistic PGA and areas intensity maps of Kyrgyzstan (Central Asia). // J. Seismology. – 2003. – №7. – P. 203-220. (in English)*
7. *Bindi D., Abdrakhmatov K.Ye., Parolai S., Mucciarelli M., Grunthal G., Ischuk A. Seismic hazard assessment in Central Asia: outcomes from a site approach. // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2012. – №37. – P. 84-91. (in English)*

Сведения об авторах:

Аймбетова Г.А., PhD студент 3-го курса, преподаватель кафедры картографии и геоинформатики Казахского национального университета им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), glzar@mail.ru

Цычуева Н.Ю., канд. географ. наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики Казахского национального университета им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), ведущий исследователь и руководитель проекта Акционерного общества «Национальный центр космических исследований и технологий» (г. Алматы, Казахстан), tsnately@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Аймбетова Г.А., 3-курс PhD студент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, картография және геоинформатика кафедрасының оқытушы (Алматы қ., Қазақстан), glzar@mail.ru

Цычуева Н.Ю., география ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, картография және геоинформатика кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан), «Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығының» Акционерлік қоғамы жетекші зерттеушісі және жоба жетекшісі (Алматы қ., Қазақстан), tsnately@mail.ru

Information about the authors:

Aimbetova G.A., 3st year PhD Student, Lecturer at the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), glzar@mail.ru

Tsychuyeva N.U., Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, Associate Professor at the Department of Cartography and Geoinformatics of the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), Leading Researcher and Project Manager of the Joint-Stock Company «National Center for Space Research and Technology» (Almaty, Kazakhstan), tsnately@mail.ru

Код МРНТИ 52.01.94:36.23.31

Б.Т. Сериков¹, Е.С. Ауелхан¹, Ж.А. Онласынов²¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан)

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВЫЯВЛЕННЫХ ЗОН С ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМ РАЗВИТИЕМ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В статье приведены результаты проведенных дистанционных мониторинговых работ с применением архивных спутниковых данных, показавшие эффективность их применения для мониторинга районов с высокой вероятностью проявления оползневых процессов. Цель мониторинга – сбор многолетних данных состояния растительного покрова зон с потенциально опасным развитием оползневых процессов. Область исследований составляет 3000 км² северной части Заилийского Алатау. Рассматриваемый регион был относительно свободным от воздействия разрушительных землетрясений за последние сто лет, однако ряд крупных землетрясений, произошедших в конце девятнадцатого века, причинил колоссальный ущерб как человеческой жизнедеятельности, так и природе. В рамках мониторинга собранные космоснимки обработаны, интерпретированы, извлечены необходимые данные с последующим внесением в базу геоданных. Построены графики и диаграммы.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, мониторинг, нормализованный разностный вегетационный индекс, Landsat, Sentinel-2, космоснимки, разлом, оползневые процессы, землетрясение, сейсмология.

Жерді қашықтықтан зондылау деректерінің көшкін жүру қауіпі жоғары анықталған аймақтарды бақылауда қолданылуы

Андатпа. Мақалада мұрағаттық спутник деректерінің қолданылуымен қашықтықтан жүргізілген мониторинг жұмыстарының нәтижелері көрсетілген. Мониторинг мақсаты көшкін процесстерінің ықтималдылығы жоғары аймақтардың өсімдік жамылғысының жағдайын сипаттайтын көп жылдық деректер жинау болып табылады. Мониторинг аумағы Іле Алатауының солтүстік бөктерінің 3000 км² жуық жерін қамтиды. Қарастырылып отырған аймақта соңғы жүз жыл бойы үлкен жер сілкіністер тіркелмеген, алайда от тоғызыншы ғасырдың соңында болған үлкен жер сілкіністер адамзат өміріне де табиғатқа да үлкен залал келтірген. Мониторинг барысында жиналған спутниктік деректер өңделіп, интерпретацияланып, керекті мағұлматтар алынып геодеректер базасына енгізілген. Және де түрлі графиктер мен диаграммалар құрастырылған. Алынған нәтижелер көшкін жүру қауіптілігі жоғары аймақтарда мониторинг жүргізудегі ЖКЗ-ның тиімділігін көрсетеді.

Түйінді сөздер: Жерді қашықтықтан зондтау, мониторинг, қалыпты айырмашылық вегетациялық индексі, Landsat, Sentinel-2, зарыштық деректер, жарылым, көшкін процесстері, жер сілкінісі, сейсмология.

Application of Earth remote sensing data for monitoring identified zones with potentially hazardous development of landscape processes

Abstract. The article presents the results of remote monitoring works using archived satellite data. The purpose of monitoring is to collect long-term data on the state of the vegetation cover of zones with potentially dangerous development of landslide processes. The research area is 3000 km² of the northern part of Zailiysky Alatau. The region under consideration was relatively free from the effects of destructive earthquakes over the past hundred years, however, a number of large earthquakes that occurred at the end of the nineteenth century caused tremendous damage to both human life and nature. As part of the monitoring, the collected satellite images were processed, interpreted, and extracted the necessary data, followed by entering into the geodatabase. Built graphs and charts. The results show the effectiveness of the use of remote sensing for monitoring areas with a high probability of landslide processes.

Key words: Earth remote sensing, monitoring, normalized difference vegetation index, Landsat, Sentinel-2, satellite imagery, fault, landslide processes, earthquake, seismology.

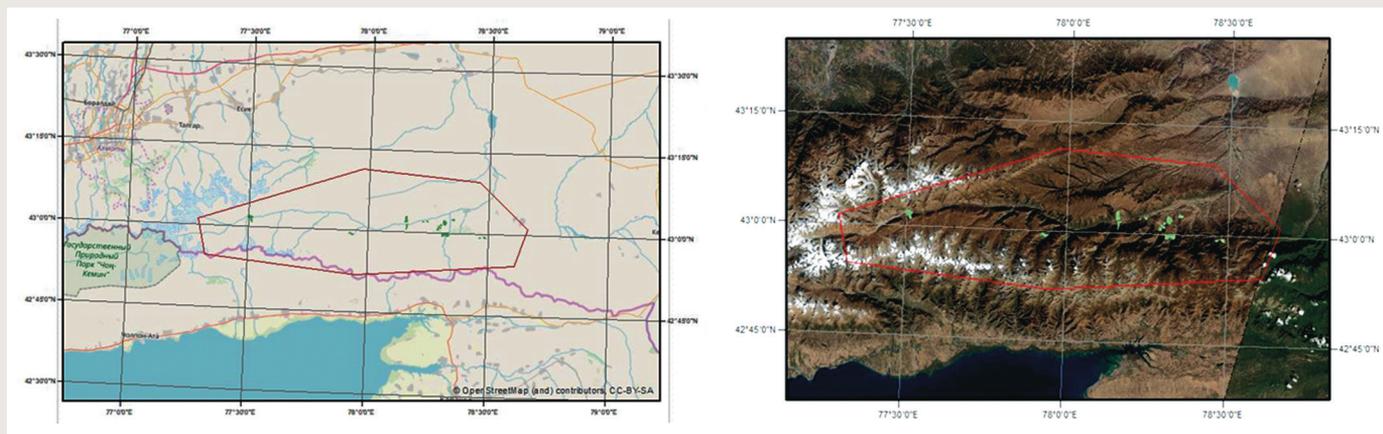
Введение

Территория мониторинга охватывает около 3000 км² Северного Тянь-Шаня (рис. 1), ее характерной чертой является концентрация очагов сильнейших землетрясений Центральной Азии, хотя регион был относительно свободным от воздействия разрушительных землетрясений за последние сто лет. Серия сейсмических катастроф началась с Верненского землетрясения 1887 г. ($M_s = 7,3 \pm 0,5$), охватившего окрестности Алматы, за которым вскоре последовало Чиликское землетрясение 1889 г. ($M_s = 8,3 \pm 0,5$). Затем в 1911 г. произошло сильнейшее Кеминское землетрясение ($M_s = 8,2 \pm 0,3$). Завершающим в этой серии было Кемино-Чуйское землетрясение в 1938 г. ($M_s = 6,9 \pm 0,5$) [1, 2]. Три последних события отражают разрядку напряжений в направлении с востока на запад вдоль Кемино-Чиликской зоны разломов. Как следствие, в регионе образовались зоны с потенциально опасным развитием оползневых процессов.

На территории исследования выделяются 17 зон. Эти зоны сами по себе несут отдельную угрозу человеческой жизнедеятельности и окружающей среде.

Подтверждением тому служит оползень, сошедший 19 апреля 2017 г. вблизи села Саты, Кегенского района Алматинской области. Основными причинами образования и схода оползня являются обилие осадков и сейсмическая активность региона. В последствии разрушены дорога и линии электропередач. В связи с этим возникает необходимость ведения мониторинговых работ в регионе.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) в качестве прикладных космических исследований широко применяется в мониторинге зон с потенциально опасным развитием оползневых процессов по всему миру. На основе геомониторинга создается возможность отслеживания потенциально опасных экзогенных геологических процессов, изучения закономерностей и причинно-следственных связей их развития, что, в конечном счете, позволяет составлять пространственные и временные прогнозы оползневой угрозы на региональном и локальном масштабных уровнях. Применение ДЗЗ и ГИС-технологий для изучения оползневой активности позволяет определить основные оползнеобразующие природные и техногенные факторы,



**Рис. 1. Контур района исследований.
Сурет 1. Зерттеу ауданының контуры.
Figure 1. Research area boundary.**

выявить наиболее уязвимые геологические формации, отследить динамику зарождения и развития оползневых процессов. На основе сочетания дистанционных и наземных геофизических методов зондирования (геотомографии) геологической среды и геоинформационных технологий можно получить ценную информацию как при большом пространственном охвате влияющих факторов, так и при идентификации и характеризации отдельных оползней [3, 4].

Методы/исследования

Для мониторинга почвенно-растительного покрова зон с потенциально опасным развитием оползневых процессов проведен большой объем работ по выборке данных со спутников в портале USGS Earth Explorer. Сложность выборки космоснимков обусловлена геоморфологической особенностью региона, а именно, район исследования расположен на горной местности. Большинство спутниковых снимков горных районов выделяется обилием облачности и снежного покрова, что искажает снимок, препятствуя получению качественных данных. В итоге, выбраны данные со спутников LandSat-5, 7, 8 и Sentinel-2 с 2000 г. по 2018 г. в количестве 39 снимков.

После выборки созданы мозаики смежных снимков, так как район покрывается двумя пролетами спутников LandSat-5, 7, 8 (Путь 148 и путь 149) (рис. 2). Затем каждая мозаика была обрезана контуром района исследования. На следующем этапе вычислен нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI – normalized difference vegetation index) по каждой зоне в течение вегетационного периода за несколько лет (рис. 3). Результаты расчетов в виде максимальных, минимальных и средних количественных значений внесены в базу данных. NDVI – простой количественный показатель фотосинтетической активной биомассы, который показывает плотность растительности на заданном участке поверхности.

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED). \quad (1)$$

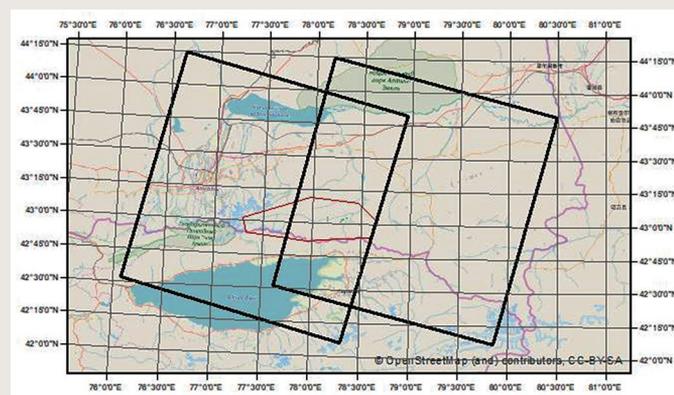
В формуле (1) NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра (0,7-1,0 мкм); RED – отражение

в видимой области спектра (0,4-0,7 мкм). Согласно (1), плотность растительности (NDVI) в определенной точке спутникового изображения равна отношению разницы интенсивностей отраженного света в видимом и инфракрасном диапазоне, и сумме их интенсивности [5-10].

Кроме данных со спутников LandSat-5, 7, 8 и Sentinel-2, с портала USGS Earth Explorer скачана цифровая модель высот поверхности Земли, которая была обрезана по контуру территории исследования (рис. 4). По каждой зоне высчитаны и добавлены в базу геоданных максимальные, минимальные и средние количественные значения высот. Эти данные использованы для расчета среднего уклона каждой зоны.

Результаты

По итогам собранных в базу рассчитанных количественных данных построены графики и диаграммы, характеризующие динамику изменения почвенно-растительного слоя всех выделенных семнадцати зон с потенциально опасным развитием оползневых процессов. Пик вегетации приходится на период с мая по июль. Именно эти месяцы самые благополучные для получения качественных спутниковых данных. Как мы видим на рис. 5, динамика изменения почвенно-растительного покрова всех зон идентична, за исключением зон №2, №3, №16, №17.



**Рис. 2. Зона охвата съемок спутников LandSat-5, 7, 8.
Сурет 2. LandSat-5, 7, 8 спутниктерінің түсірілім аумағы.
Figure 2. LandSat-5, 7, 8 satellites covered area.**

Данные зоны отличаются от остальных высокой абсолютной отметкой, в среднем, выше 2300 м от уровня Балтийского моря (зона 2 – 2500 м; зона 3 – 3000 м; зона 16 – 2350 м; зона 17 – 2750 м) и высоким уклоном, что показано в рис. 6. Данные отклонения объясняются облачностью полученных снимков, количественные данные которых искажены наличием облака на территории исследования. Однако, мы можем заметить, что NDVI опасной зоны Саты имеет аномальный спад к 2018 г. Это обусловлено сходом горной массы в виде оползня, сошедшего в этой зоне

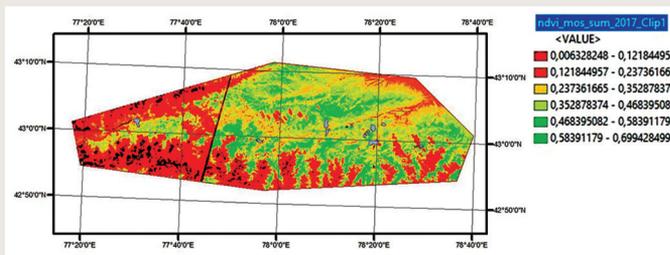


Рис. 3. Пример расчета NDVI.
Сурет 3. NDVI есептеу үлгісі.
Figure 3. Example of NDVI calculation.

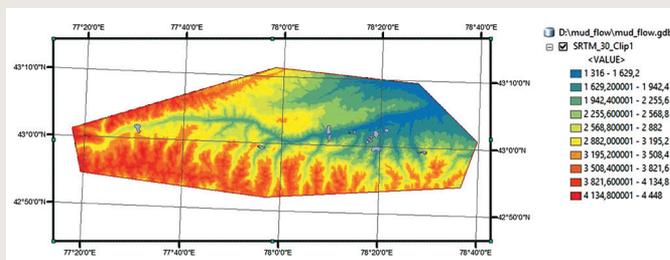


Рис. 4. Цифровая модель рельефа.
Сурет 4. Рельефтің сандық моделі.
Figure 4. Digital elevation model.

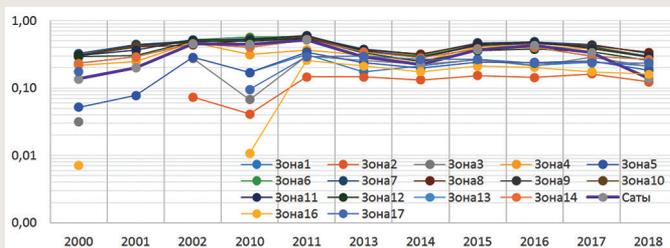


Рис. 5. Динамика NDVI по годам.
Сурет 5. NDVI жыл сайын өзгерісі.
Figure 5. Dynamics of NDVI by years.

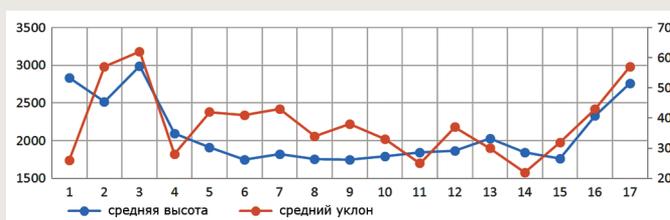


Рис. 6. Средние значения абсолютных отметок и средний уклон опасных зон.
Сурет 6. Қауіпті аймақтың абсолютті биіктіктерінің және еңістерінің орта көрсеткіштері.
Figure 6. Absolute height and slope average value of dangerous zones.

в апреле 2017 г. Данное отклонение наглядно демонстрирует произошедшие изменения почвенно-растительного слоя как следствие оползня.

Обсуждение результатов

Аномальные колебания динамики NDVI, полученные в данных со спутников, могут быть связаны с облачностью снимков, что характерно для горной местности. Однако, получение более качественных данных возможно с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), положительными характеристиками которых являются высокое разрешение съемки, своевременное получение информации, независимость от облачной погоды, управляемая периодичность съемок. Отрицательными являются высокие трудозатраты, относительно большие финансовые расходы, маленькая область охвата съемок, значительное количество времени на съемки. В этом отношении данные со спутников имеют существенные преимущества, в частности, они находятся в свободном доступе, имеют большой охват съемок, не требуют больших финансовых и трудовых затрат и времени на проведение съемок. Но относительно невысокое разрешение снимков, зависимость от погодных условий и несвоевременное получение информации являются главными минусами на сегодняшний день. Наука в этой области интенсивно развивается, что говорит о высоком потенциале. И полученные в данной работе результаты перспективны для дальнейшего развития.

Заключение

В регионе северного Тянь-Шаня выделены семнадцать зон с потенциально опасным развитием оползневых процессов, одной из них является зона Саты, где произошел сход горной массы в апреле 2017 г., нанесший существенный природный и финансовый ущерб местности. С этим связана актуальность ведения мониторинговых наблюдений, в том числе мониторинг с помощью ДЗЗ. В ходе дистанционного наблюдения собраны архивные данные со спутников LandSat-5, 7, 8 и Sentinel-2 с 2000 г. по 2018 г. Все данные обработаны, вычислены средние значения индексов растительности по всем семнадцати зонам, получена цифровая модель рельефа и рассчитаны средние уклоны, средние значения абсолютных отметок. Все данные внесены в базу геоданных с дальнейшей перспективой на их пополнение. В качестве результатов построены графики и диаграммы, которые показывают, что пик вегетации приходится на период с мая по июль, и именно данные с этого промежутка хорошо подходят для наблюдения. Резкие аномальные скачки NDVI характеризуют изменения в почвенно-растительном слое опасных зон, которые могут быть связаны со сходом горной массы в виде оползня. Подтверждением этому служит резкий перепад NDVI на зоне Саты после сошедшего оползня в апреле 2017 г. Аномальные колебания NDVI в зонах №2, №3, №16, №17 связаны в высоком расположении зоны в горной местности и высокими уклонами, данные которых искажаются облачностью. Результаты показывают перспективу использования данного метода и дальнейшего развития в этой области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Abdrakhmatov K.E., Walker R.T., Elliott A., Mackenzie D., Sloan, R.A. Campbell G.E., Carr A.S., Hillemann C., Landgraf A., Hollingsworth J., Mukabayev A., Rizza M. Многосегментный разрыв во время Чиликского землетрясения 11 июля 1889 г. (M_w 8.0-8.3), Казахский Тянь-Шань, интерпретированный на основе данных дистанционного зондирования, полевых съемок и палеосейсмических рывков. // Журнал геофизических исследований: Твердая Земля. – 2016. – Т. 121. – №6. – С. 4615-4640. (на английском языке) doi:10.1002/2015JB012763*
 2. *Абдрахматов К., Стром А., Дельво Д., Хавенит Х., Виттори Е. Временная кластеризация сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня. // Вестник Института НАН КР. – 2013. – №1(1). – С. 9-15. (на русском языке)*
 3. *Торгоев И. Система мониторинга оползней в Кыргызстане. // Технология гражданской безопасности. – 2013. – Т. 10. – №4(38). – С. 68-71. (на русском языке)*
 4. *Ляпишев К. Обзор современных исследований оползней по данным аэрофото и спутниковых съемок. // Материалы международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». – Краснодар: Кубанский Государственный Университет. – 2015. – Т. 21. – С. 348-352. (на русском языке)*
 5. *Onglassynov Zh., Akyzbekova A., Sotnikov E., Rakhimov T., Kanafin K., Balla D. Применение данных ДЗЗ для анализа урожайности орошаемых земель Южного Казахстана. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геолого-технических наук. – 2019. – №436. – С. 113-120. (на английском языке) doi.org/10.32014/2019.2518-170X.104*
 6. *Abuzar M., Whitfield D., McAllister A., Применение подхода ET-NDVI взаимосвязи и моделирования почвенно-водного баланса для мониторинга эффективности орошения садовых культур, выращиваемых на деревьях, в ключевом плодородном районе Австралии // Международный журнал дистанционного зондирования. – 2019. – №40(12). – С. 4724-4742. (на английском языке) doi:10.1080/01431161.2019.1573337*
 7. *Alface A.B., Pereira S.B., Filgueiras R., Cunha, F.F. Пространственно-временной мониторинг сахарного тростника и оценка коэффициента урожая с помощью NDVI. // Бразильский журнал сельскохозяйственной и экологической инженерии. – 2019. – №23(5). – С. 330-335. (на английском языке) doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p330-335*
 8. *Chen A., Orlov-Levin V., Meron M. Применение аэрофотоснимков растительного покрова с высоким разрешением в видимом канале для точного управления поливом. // Управление водными ресурсами в сельском хозяйстве. – 2019. – №216. – С. 196-205. (на английском языке) doi: 10.1016/j.agwat.2019.02.017*
 9. *Hassan M.A., Yang M.J., Rasheed A., Yang G.J., Reynolds M., Xia X.C., He Z.H. Быстрый мониторинг NDVI в течение цикла роста пшеницы для прогнозирования урожайности зерна с использованием мультиспектральной платформы БПЛА. // Науки о растениях. – 2019. – №282. – С. 95-103. (на английском языке) doi: 10.1016/j.plantsci.2018.10.022*
 10. *Raksapatcharawong M., Veerakachen W. Разработка платформы анализа риска засухи с использованием нескольких спутниковых датчиков. // Международный журнал Geomate. – 2019. – №17(60). – С. 62-69. (на английском языке) doi: 10.21660/2019.60.4733*
- ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ
1. *Abdrakhmatov K.E., Walker R.T., Elliott A., Mackenzie D., Sloan, R.A. Campbell G.E., Carr A.S., Hillemann C., Landgraf A., Hollingsworth J., Mukabayev A., Rizza M. 1889 жылдың 11 шілдесінде болған жер сілкінісі кезіндегі көп системалық ажырау (M_w 8.0-8.3), Қазақ Тянь-Шаньы, далалық түсірімдер, палеосейсмикалық екіпінделу және ЖҚЗ негізінде интерпретацияланған. // Қатты жер: Геофизикалық ізденістер журналы. – 2016. – Т. 121. – №6. – Б. 4615-4640. (ағылшын тілінде) doi: 10.1002/2015JB012763*
 2. *Абдрахматов К., Стром А., Дельво Д., Хавенит Х., Виттори Е. Солтүстік Тянь-Шань қатты жер сілкіністерінің уақытша кластерленуі. // ҚР ҰҒАИ. – 2013. – №1(1). – Б. 9-15. (орыс тілінде)*

3. *Торгоев И., Кыргызстандағы көшкін мониторинг жүйесі. // Азаматтық қорғаныс технологиясы. – 2013. – Т. 10. – №4(38). – Б. 68-71. (орыс тілінде)*
4. *Ляпишев К. Көшкіндерді аэрофото және спутниктік түсірімдер арқылы ағымдағы зерттеулерге шолу. // «ИнтерКарто. ИнтерГИС» Халықаралық конференция материалдары. – Краснодар: Кубань Мемлекеттік Университеті. – 2015. – Т. 21. – Б. 348-352 (орыс тілінде)*
5. *Onglassynov Zh., Akyzbekova A., Sotnikov E., Rakhimov T., Kanafin K., Balla D. ЖҚЗ-ның оңтүстік қазақстан суармалы массивтерінің өнімділігін сараптау үшін қолданылуы. // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының хабаршысы. Геологиялық техникалық ғылымдар сериясы. – 2019. – №436. – Б. 113-120. (ағылшын тілінде) doi.org/10.32014/2019.2518-170X.104*
6. *Abuzar M., Whitfield D., McAllister A., Sheffield K. ET-NDVI байланысының және топырақ-су балансының моделін Аустралия жеміс өсетін негізгі аймағында бақша дақылдарын суару өнімділігін бақылауда қолданылуы. // Қашықтықтан зондылау халықаралық журналы. – 2019. – №40(12). – Б. 4724-4742. (ағылшын тілінде) doi: 10.1080 / 01431161.2019.1573337*
7. *Alface A.B., Pereira S.B., Filgueiras R., Cunha F.F. Қант құрағының кеңістіктік-уақыттық мониторингі және NDVI көмегімен өнімділік коэффициентін бағалау // Бразилия ауылшаруашылық және қоршаған орта инженериясы журналы. – 2019. – №23(5). – Б. 330-335. (ағылшын тілінде) doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p330-335*
8. *Chen A., Orlov-Levin V., Meron M. Суаруды дәл бақылау үшін көрінетін арнада өсімдік жамылғысының жоғары рұқсатты аэрофототүсірілімдерін қолдану. // Ауыл шаруашылығындағы су ресурстарын басқару. – 2019. – №216. – Б. 196-205. (ағылшын тілінде) doi: 10.1016 / j.agwat.2019.02.017*
9. *Hassan M.A., Yang M.J., Rasheed A., Yang G.J., Reynolds M., Xia X.C., He Z.H. Бидайдың өсу циклі бойынша астық шығымын болжау үшін жедел спектрлі NDVI мониторингі мультиспектральды УВА платформасын пайдалану. // Өсімдіктер туралы ғылымдар. – 2019. – №282. – Б. 95-103. (ағылшын тілінде) doi: 10.1016 / j.plantsci.2018.10.022*
10. *Raksaratcharawong, M., & Veerakachen, W. Бірнеше спутниктік сенсорларды пайдаланып құрғақшылық тәуекелін талдау платформасын құру. // Geomate халықаралық журналы. – 2019. – №17(60). – Б. 62-69. (ағылшын тілінде) doi: 10.21660/ 2019.60.4733*

REFERENCE

1. *Abdrakhmatov K.E., Walker R.T., Elliott A., Mackenzie D., Sloan, R.A. Campbell G.E., Carr A.S., Hillemann C., Landgraf A., Hollingsworth J., Mukabayev A., Rizza M. Multisegment rupture in the July 11 th 1889 Chilik earthquake (M_w 8.0-8.3), Kazakh Tien-Shan, interpreted from remote sensing, field survey, and palaeoseismic trenching. // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2016. – Vol. 121. – №6. – P. 4615-4640. (in English) doi:10.1002/2015JB012763*
2. *Abdrakhmatov K., Strom A., Delvaux D., Havenit X, Vittori E, Temporal clustering of strong earthquakes in the Northern Tien-Shan // Bulletin of the Institute of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. – 2013. – №1(1). – P. 9-15. (in Russian)*
3. *Torgoyev I. Landslide monitoring system in Kyrgyzstan. // Civil security technology. – 2013. – Т. 10. – №4(38). – P. 68-71. (in English)*
4. *Lyapishev K. Review of modern studies of landslides based on aerial photos and satellite imagery. // Proceedings of the international conference «InterCarto. InterGIS». – Krasnodar: Kuban State University. – 2015. – Vol. 21. – P. 348-352 (in Russian)*
5. *Onglassynov Zh., Akyzbekova A., Sotnikov E., Rakhimov T., Kanafin K., Balla D. Implementation of the ERS for yield analyzing of irrigated lands of South Kazakhstan. // News of The National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2019. – №436. – P. 113-120. (in English) doi.org/10.32014/2019.2518-170X.104*
6. *Abuzar M., Whitfield D., McAllister A., Sheffield, K. Application of ET-NDVI relationship approach and soil-water-balance modelling for the monitoring*

- of irrigation performance of treed horticulture crops in a key fruit-growing district of Australia. // International Journal of Remote Sensing. – 2019. – №40(12). – P. 4724-4742. (in English) doi:10.1080/01431161.2019.1573337*
7. *Alface A.B., Pereira S.B., Filgueiras R., Cunha F.F. (2019). Sugarcane spatial-temporal monitoring and crop coefficient estimation through NDVI. // Revista Brasileira De Engenharia Agricola E Ambiental, – 2019. – №23(5). – P. 330-335. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p330-335 (in English)*
 8. *Chen A., Orlov-Levin V., Meron M. (2019). Applying high-resolution visible-channel aerial imaging of crop canopy to precision irrigation management. // Agricultural Water Management, – 2019. – №216. – P. 196-205. (in English) doi:10.1016/j.agwat.2019.02.017*
 9. *Hassan M.A., Yang M.J., Rasheed A., Yang G.J., Reynolds M., Xia X.C., He Z.H. A rapid monitoring of NDVI across the wheat growth cycle for grain yield prediction using a multi-spectral UAV platform. // Plant Science. – 2019. – №282. – P. 95-103. (in English) doi:10.1016/j.plantsci.2018.10.022*
 10. *Raksapatcharawong M., Veerakachen W. Development of drought risk analysis platform using multiple satellite sensors. // International Journal of Geomate. – 2019. – №17(60). – P. 62-69. (in English) doi:10.21660/2019.60.4733*

Сведения об авторах:

Сериков Б.Т., докторант PhD кафедры геологии и нефтегазового дела Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), bakhtiyarserikov@gmail.com

Ауелхан Е.С., канд. техн. наук, ассоциированный профессор кафедры геологии и нефтегазового дела Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), ergali_79@mail.ru

Онласынов Ж.А., научный сотрудник лаборатории ДЗЗ и ГИС технологий Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы, Казахстан), zhuldyzbek.onlasynov@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Сериков Б.Т., Геология және мұнай-газ ісі кафедрасы, Сәтбаев Университеті PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан), bakhtiyarserikov@gmail.com

Ауелхан Е.С., техника ғылымдарының кандидаты, Геология және мұнай-газ кафедрасы, Сәтбаев Университеті ассоциация профессоры (Алматы қ., Қазақстан), ergali_79@mail.ru

Онласынов Ж.А., ЖҚЗ және ГИС технологиялары лабораториясы, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), zhuldyzbek.onlasynov@mail.ru

Information about the authors:

Serikov B.T., PhD Student at the Geology and Oil and Gas Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), bakhtiyarserikov@gmail.com

Auelkhan E.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Geology and Oil and Gas Department of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), ergali_79@mail.ru

Onlasynov Zh.A., Researcher at the ERS and GIS Technology Laboratory of the Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience (Almaty, Kazakhstan), zhuldyzbek.onlasynov@mail.ru

Авторы выражают благодарность Институту гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина за предоставленную возможность проведения всех расчетов в лаборатории ГИС технологий и ДЗЗ.

Код МРНТИ 52.13.23

В.Ф. Демин¹, С.Б. Алиев², А.С. Кайназаров³, А.С. Кайназарова¹¹Карагандинский государственный 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. Сатпаева (г. Экибастуз, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Аннотация. В настоящий момент анкерное крепление является единственной технологией крепления и поддержания горных выработок, неотъемлемой частью которой является мониторинг состояния добычных выработок, включающий приборные измерения, что вместе с системой сертификации и отработанной технологией возведения горной крепи представляет собой основу для гарантированного обеспечения безопасного ведения горных работ в очистных забоях. Благодаря современным компьютерам и программным средствам возможно изучение и расчет смещений. Расчет может производиться вокруг горных выработок с различными формами поперечных сечений при напряженном состоянии горного массива. Изучено сближение противоположных бортов горной выработки – горизонтальная конвергенция.

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

Тау-кен қазбаларын бекітудің тиімді құралдары мен тәсілдерін таңдау бойынша зерттеулер

Андатпа. Қазіргі уақытта анкерлік бекіту тау-кен қазбаларын бекіту мен ұстап тұрудың жалғыз технологиясы болып табылады, оның ажырамас бөлігі аспаптық өлшеулерді қамтитын өндіру қазбаларының жай-күйін мониторингтеу болып табылады, бұл сертификаттау жүйесімен және тау-кен бекітпесін салудың пайдаланылған технологиясымен бірге тазарту кенжарларында тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді кепілді қамтамасыз ету үшін негіз болып табылады. Заманауи компьютерлер мен бағдарламалық құралдардың арқасында орын ауыстыруды зерттеу және есептеу мүмкін болады. Есептеу тау-кен қазбаларының айналасында әр түрлі көлденең қималары бар, тау-кен массивінің кернеулі күйінде жүргізілуі мүмкін. Тау-кен қазбаларының қарама-қарсы жақтарының жақындасуы-көлденең конвергенция.

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

Research on the choice of effective means and methods of fixing mine workings

Abstract. At the moment, anchorage is the only technology for fixing and maintaining mine workings, an integral part of which is monitoring the state of mining workings, including instrument measurements, which, together with the certification system and proven technology for the construction of rock supports, is the basis for ensuring the safe conduct of mining operations in the treatment faces. Thanks to modern computers and software, it is possible to study and calculate offsets. The calculation can be performed around mine workings with different cross-section shapes under the stress state of the mountain range. Convergence of opposite sides of the mine workings – horizontal convergence.

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

Цель настоящей работы – изучение сближения противоположных стенок горной выработки, называемое конвергенцией по выбору критерия оценки геомеханического состояния при очистных работах.

Методика

Разработаны методики, позволяющие дать качественную и количественную оценку устойчивости проводимых горных выработок. Фактором, влияющим на устойчивость горных выработок, в первую очередь, является напряженное состояние массива.

Результаты

Цифровая модель месторождения создается на основе начальных данных геологоразведки с учетом определенных этапов (проектирование, строительство, подготовка производства, осуществление добычи и формирование технологической базы данных).

Научная новизна заключается в комплексном подходе, включающем мониторинг горных выработок, выполненный в первой части данной работы.

Практическая значимость

Как показал зарубежный и отечественный опыт, в наибольшей степени требованиям «идеальной крепи»

отвечают современные анкерные крепи высокой несущей способности, обеспечивающей создание несущей способности крепи выработки от 40 кН до 200 кН. По этой причине за последние годы в ведущих угледобывающих странах произошел быстрый рост объемов применения анкерной сталеполлимерной крепи. В Англии объем горных выработок с анкерной крепью достиг 90%, в Германии – 20%, Россия: «Гуковуголь» – 80% и шахты Ленинского рудника – 82% [1].

Для обеспечения высоких темпов проведения и безремонтного поддержания выработок, близких к зонам нарушений геологического характера и высокого горного давления, рекомендуются на практике^{1, 2} дополнительные работы по возведению горной крепи усиления и упрочнению углепородного массива полимерными и органическими связующими составами. Экономически обоснованным и технически оправданным способом создания прочного приконтурного массива в заданных условиях разработки является использование технологии анкерного крепления.

Анкерную крепь не рекомендуется применять в зонах геологических нарушений, сильно перемятых

¹Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. / Под ред. Г.С. Шапиро: пер. с англ. – 2-е изд. – 560 с.

²Нургузин М.Р., Кацага Т.Я., Даненова Г.Т. Лабораторный практикум по моделированию объектов проектирования на макро- и микроуровнях. / Учебное пособие. – Караганда: КарГТУ, 2000. – 69 с.

Крепление горных выработок

пород и карстовых размывов, в слабых глинистых, в сыпучих и плавучих породах, обладающих способностью к большим пластическим деформациям².

Анкерное крепление используется при:

- изменении контура выработки, превышающем изначально допустимое по безопасности;
- в сочетании с рамной крепью, при горно-геологических условиях, отличных от условий применения анкеров в качестве самостоятельного вида крепления;
- пучении пород почвы, для последующего его предотвращения;
- специфические особенности анкерной крепи [2] позволяют применять ее в широком диапазоне горно-технических условий для крепления горных выработок различного назначения.

Анкеры за счет высокой упругости стали при растяжении, ее прочности на разрыв наиболее эффективно работают именно при растяжении. Анкеры, работая на растяжение, удерживают анкеруемые породы от расслоения, сдвижения и обрушения [3].

На угольных шахтах Карагандинского бассейна используются выработки арочной формы, имеющие ширину 5,63 м и высоту 3,6 м. При использовании выработок со смешанным типом крепления (металло-арочного и анкерного) используется до 13 анкеров длиной 2,4 м. Прямоугольные выработки имеют ширину 4,6 м и высоту 4 м или 4,6 м на 2,9-3,8 м в случае поперечного уклона выработок. На некоторых схемах крепления для выработок с анкерным креплением было определено от 15 до 18 анкеров на метр. Борты обычно поддерживаются

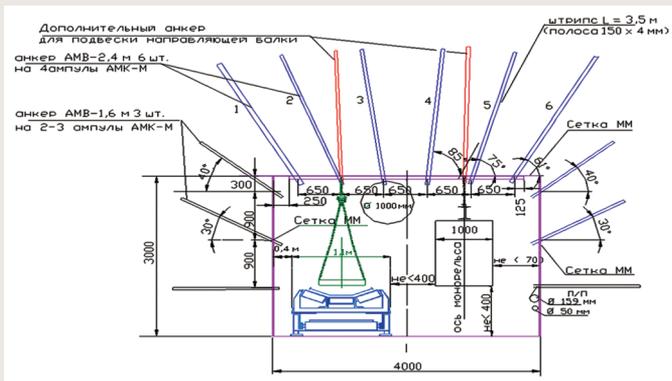


Рис. 1. Паспорт на возведение анкерной крепи в забое газодренажного штрека 193-д₆-с шахты Тентекская.

Сурет 1. Тентек шахтасынан 193-д₆-газ дренажды Штрек кенжарына анкерлік бекітпе тұрғызуға арналған паспорт.

Figure 1. Results of numerical analysis without taking into account contour blasting figure.

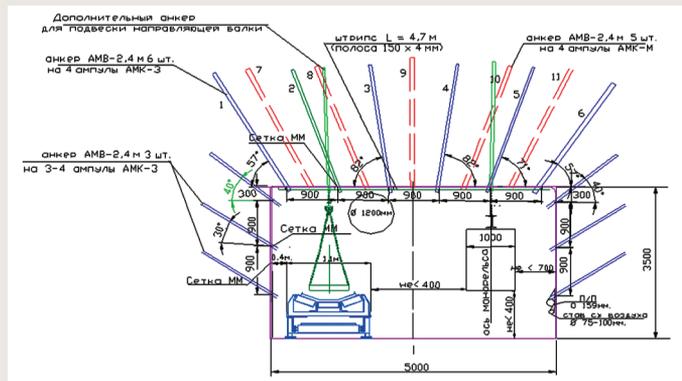


Рис. 3. Паспорт на возведение анкерной крепи в забое полевого вентиляционного уклона т₁-С (г-100) шахты Тентекская.

Сурет 3. Тентек шахтасының т₁-С (г-100) далалық желдету еңісінің кенжарына анкерлік бекітпені салуға арналған паспорт.

Figure 3. Passport for the construction of anchor support in the face of the field ventilation slope т₁-S (g-100) of the Tentekskaya mine.

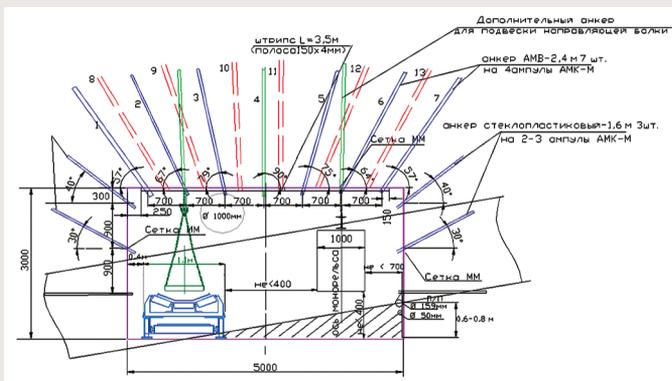


Рис. 2. Паспорт на возведение анкерной крепи в забое конвейерного штрека 212-т₁-ю шахты Тентекская.

Сурет 2. Тентек шахтасының 212-т₁-ю конвейерлік қуақызының кенжарына анкерлік бекітпені салуға арналған паспорт.

Figure 2. Passport for the construction of anchor support in the bottom of the conveyor drift 212-т₁-u of the Tentekskaya mine.

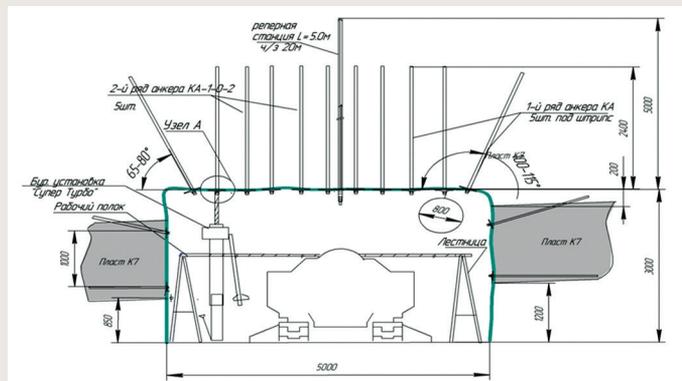


Рис. 4. Паспорт проведения и крепления забоя конвейерного штрека 32-к₃-з-01 шахты им. Кузембаева.

Сурет 4. Күзембаев атындағы шахтаның 32-к₃-з-01 конвейерлік штрегінің кенжарын жүргізу және бекіту паспорты.

Figure 4. Passport of carrying out and fixing the face of the conveyor drift 32-к₃-z-01 of the Kuzembayev mine.

4 анкерами с каждой стороны. Типовые паспорта крепления горных выработок, применяемых на шахтах Карагандинского угольного бассейна, приведены на рис. 1-5.

Эффективность применения анкерной горной крепи можно определить физико-механическими свойствами горных пород, формой сечения горной выработки, длиной и расположением анкеров по контуру выработки. Безаварийное надежное поддержание подготовительных горных выработок анкерной крепью зависит не только от схемы расположения анкеров, но и от их длины и плотности установки [4].

Мониторинг горных выработок и контроль поведения закрепленного массива позволяет предотвратить обрушения, горные удары, пучение почвы, вывалы, приводящие к травматизму шахтеров, снижению интенсивности ведения горных работ, производительности труда на горнодобывающем предприятии.

В настоящий момент анкерное крепление является единственной технологией крепления и поддержания горных выработок, неотъемлемой частью которой является мониторинг состояния добычных выработок, включающий приборные измерения, что, вместе с системой сертификации и отработанной технологией возведения горной крепи, представляет собой основу для гарантированного обеспечения безопасного ведения горных работ в очистных забоях [4].

Использование программного обеспечения позволяет изучить динамику смещений при наряженном состоянии горного массива, что позволит значительно повысить темпы, снизить расходы на проведение и поддержание горных выработок. В отечественной и зарубежной практике накоплен значительный опыт применения анкерного крепления в различных горно-геологических условиях для выработок различного технологического назначения.

В связи с усложнением горно-геологических условий и ростом глубины разработки при создании прогрессивных технологических схем проведения горных выработок с анкерным креплением необходим комплексный подход, сочетающий исследование НДС массива горных пород и синтез рациональных элементов подсистемы «горно-подготовительные работы».

Для решения этой задачи разработана структурная схема исследований по выбору эффективных средств и способов технологии горно-подготовительных работ.

Опыт применения анкерного крепления в США, Англии, Франции, Японии показал, что основой для его совершенствования являются: увеличение несущей способности анкера; сокращение времени выполняемых операций по установке анкеров; уменьшение затрат по стоимости и технологии возведения анкерной крепи [5].

Создание цифровой модели месторождения начинается на этапе начального геологического обследования и разведки и включает в себя ряд определенных этапов, таких как проектирование, строительство, подготовка производства, осуществление добычи и формирование технологической базы данных.

При проектировании паспортов крепления и поддержания горных выработок учитываются их назначение

и размеры, горно-геологические и горнотехнические условия проходки, охраны и поддержания очистного пространства. Особенность схемы управления горным давлением при анкерном креплении в проводимых выработках заключается в том, что эпюра максимума опорного давления практически всегда на линии забоя и обеспечивает устойчивое равновесное состояние приконтурных пород (рис. 6).

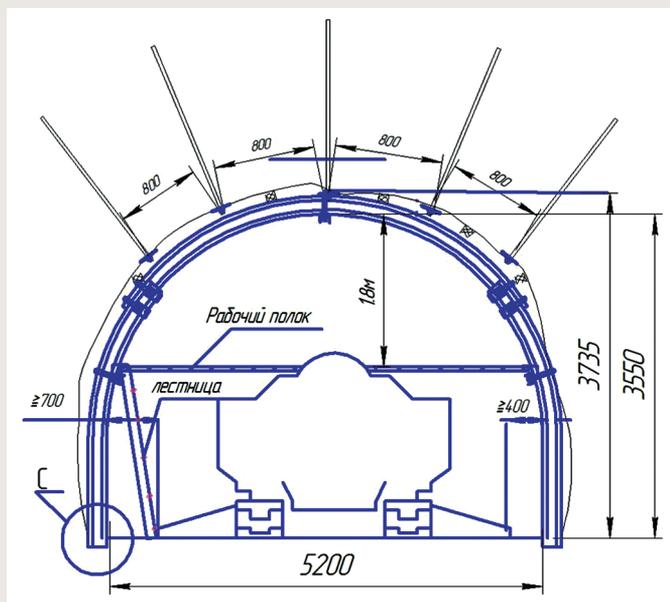


Рис. 5. Паспорт проведения и крепления забоя конвейерного штрека 32-к₇-з шахты им. Кузембаева.

Сурет 5. Қазбалард Кузембаев атындағы шахтаның 32-к₇-з конвейерлік штрегінің кенжарын жүргізу және бекіту паспорты.

Figure 5. Passport of carrying out and fixing the face of the conveyor drift 32-k₇-z of the Kuzembayev mine.



Рис. 6. Направления совершенствования анкерного крепления горных выработок.

Сурет 6. Тау-кен қазбаларының анкерлік бекітілуін жетілдіру бағыттары.

Figure 6. Directions for improving the anchoring of mine workings figure.

Аналитическое моделирование является эффективным способом изучения процессов, происходящих в массиве горных пород. Так как горное производство является одним из самых трудоемких, сложных и опасных видов промышленного производства, спецификой изучения технологических процессов, происходящих в массиве, является продолжительность исследований во времени,

значительные размеры объектов в пространстве, недоступность непосредственного изучения традиционными методами и средствами. Для проведения исследования в натуральных условиях часто требуются значительные экономические вложения, а иногда осуществление экспериментов или наблюдений является очень сложным процессом, порой даже принципиально неосуществимым.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демин В.В., Яворский В.В. и др. Эффективность использования геомеханической системы «горный массив – анкерное крепление» для повышения устойчивости горных выработок. // Уголь. – 2014. – №2. – С. 18-22. (на русском языке)
2. Низаметдинов Ф.К., Хуанган Н. и др. Применение анкерного крепления горных выработок в зоне влияния очистной выемки на шахтах Караганды. // Горный журнал. – 2014. – №4. – С. 74-76. (на русском языке)
3. Стефлюк Ю.Ю., Каратаев А.Д. и др. Оценка влияния горно-технологических факторов и схемы работы анкера на эффективность применения анкерного крепления в выемочных выработках. // Труды университета. – 2014. – №1. – С. 43-46. (на русском языке)
4. 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. (на русском 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. Демин В.Ф., Кайназаров А.С., Кайназарова А.С. Развитие деформаций в почве при установке припочвенной анкерной крепи. // Промышленность Казахстана. – 2019. – №2(106). – С. 74-77. (на русском языке)
7. Демина Т.В. и др. Управление геомеханическими процессами для повышения устойчивости угленосного массива. // Научный вестник Национального горного университета. – Днепр (Украина), 2016. – №2. – С. 5-10. (на английском языке)
8. Немова Н.А., Демина Т.В. и др. Деформация вмещающих пород вблизи горных выработок в зависимости от влияющих факторов. // Научный вестник Национального горного университета. – Днепр (Украина), 2015. – №4. – С. 35-39. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Демин В.В., Яворский В.В. және т. б. Тау-кен тұрақтылығын арттыру үшін «тау массиві – анкерлік бекіту» геомеханикалық жүйесін қолданудың тиімділігі. // Көмір. – 2014. – №2. – Б. 18-22. (орыс тілінде)
2. Низаметдинов Ф.К., Хуанган Н. және т. б. Қараганды шахталарындағы тазарту ойықтарының әсер ету аймағында тау-кен қазбаларының анкерлік бекітілуін қолдану. // Тау-кен журналы. – 2014. – №4. – Б. 74-76. (орыс тілінде)
3. Стефлюк Ю.Ю., Каратаев А.Д. және т. б. Тау-кен-технологиялық факторлардың және якорь жұмысының схемасының қазба жұмыстарында якорьді бекітудің тиімділігіне әсерін бағалау. // Университет еңбектері. – 2014. – №1. – Б. 43-46. (орыс тілінде)
4. Демин В.Ф., Кайназаров 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. (орыс 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. Демин В.Ф., Кайназаров А.С., Кайназарова А.С. Топырақты анкерлік бекітпені орнату кезінде топырақтағы деформациялардың дамуы. // Қазақстан өнеркәсібі. – 2019. – №2(106). – Б. 74-77. (орыс тілінде)

7. Демина Т.В. және т. б. көмір жынысының тұрақтылығын арттыру үшін геомеханикалық процестерді басқару. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – Днепр (Украина), 2016. – №2. – Б. 5-10. (ағылшын тілінде)
8. Немова Н.А., Демина Т.В. және т. б. Әсер етуші факторларға байланысты тау-кен қазбаларына жақын орналасқан жыныстардың деформациясы. // Ұлттық тау-кен университетінің Ғылыми хабаршысы. – Днепр (Украина), 2015. – №4. – Б. 35-39. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Demin V.V., Yavorsky V.V. and others. Efficiency of using the geomechanical system «mountain massif – anchorage» to increase the stability of mining. // Coal. – 2014. – №2. – P. 18-22. (in Russian)
2. Nizametdinov F.K., Huang N. and others. Application of anchor fastening of mine workings in the zone of influence of clearing excavation in the mines of Karaganda. // Mining journal. – 2014. – №4. – P. 74-76. (in Russian)
3. Steflyuk Yu.Yu., Karataev A.D. and others. Assessment of the impact of mining and technological factors and the anchor operation scheme on the effectiveness of anchor fastening in excavation workings. // Proceedings of the University. – 2014. – №1. – P. 43-46. (in Russian)
4. Demin V.F., Kainazarov A.S., Kainazarova A.S. Evaluation of the effectiveness of technological schemes for mining to improve the stability of their contours. // Sustainable development of mountain territories. – RSO-Alania: North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University). – 2018. – P. 606-617. (in Russian)
5. Demin V.F. Resource-Saving technology of clearing dredging when working off disturbed coal seams. // Mining equipment: Catalog-reference. – 2014. – Vol. №1(13). – P. 24-26. (in Russian)
6. Demin V.F., Kainazarov A.S., Kainazarova A.S. Development of deformations in the soil when installing ground anchor support. // Industry of Kazakhstan. – 2019. – №2(106). – P. 74-77. (in Russian)
7. Demin T.V. and others. Management of geomechanical processes for increase in stability of the ugleporodny massif. // Scientific bulletin of National Mining University. – Dnipro (Ukraine), 2016. – №2. – P. 5-10. (in English)
8. Nemova N.A., Demina T.V. and others. Deformation of Enclosing Rocks Near Mine Workings Depending on Factors Affecting. // Scientific bulletin of National Mining University. – Dnipro (Ukraine), 2015. – №4. – P. 35-39. (in English)

Сведения об авторах:

Демин В.Ф., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (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

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

Кайназарова А.С., PhD докторант, магистр техн. наук, PhD докторант, преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандинского государственного технического университета (г. Караганда, Казахстан), k.ainash.c@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Демин В.Ф., техника ғылымдарының докторы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті «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

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

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

Information about the authors:

Dyomin V.F., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Working Mine of Minerals at the Karaganda State 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

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

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

Код МРНТИ 52.35.29

Н.Ш. Акимбеков¹, К.Т. Тастамбек², Д.К. Шерелхан¹, Н.П. Алтынбай¹¹Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии (г. Алматы, Казахстан),²Научно-исследовательский институт проблем экологии (г. Алматы, Казахстан)

ИЗУЧЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ БУРОГО УГЛЯ С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аннотация. На протяжении многих лет бурый уголь использовался во всем мире в качестве топлива для производства электроэнергии и тепла. Однако его способность к самовозгоранию и высокое содержание влаги делают его менее предпочтительным в качестве топливного ресурса. Кроме того, сгорание, карбонизация и газификация незрелых низкосортных углей представляют серьезную угрозу для окружающей среды из-за выделения токсичных соединений и вредных веществ. В результате актуальной задачей является разработка такой стратегии развития, которая позволила бы максимально повысить экономичность добычи и использования бурых углей. Одним из эффективных механизмов реализации такой стратегии является биоконверсия добываемого сырья в экологически чистую товарную продукцию – топливный брикет.

Ключевые слова: бурый уголь, гуминовые вещества, микроорганизмы, биоконверсия, биосолубилизация, биообработка, органические связующие.

Микроорганизмдердің көмегімен қоңыр көмірдің биотехнологиялық өзгерісінің құрылысын зерттеу

Аңдатпа. Көптеген жылдар бойы қоңыр көмір бүкіл әлемде электр және жылу энергиясын өндіру үшін отын ретінде қолданылып келді. Алайда оның өздігінен жануы және ылғалдың көп мөлшері оны отын ресурсы ретінде аз қолданылады. Сонымен қатар, жетілмеген төменгі сортты көмірлердің жануы, көміртегі және газдануы қоршаған ортаға улы қосылыстар мен зиянды заттардың бөлінуіне байланысты үлкен қауіп төндіреді. Нәтижесінде қоңыр көмірді өндіру мен пайдаланудың тиімділігін максималды арттыратын даму стратегиясын әзірлеу кезек күттірмейтін міндет болып табылады. Мұндай стратегияны іске асырудың тиімді тетіктерінің бірі – өндірілген шикізатты экологиялық таза коммерциялық өнімге – отын брикеттеріне биоконверсиялау.

Түйінді сөздер: қоңыр көмір, гуминді заттар, микроорганизмдер, биоконверсия, биосолубилизация, биологиялық өңдеу, органикалық байланыстырушылар.

Study of biotechnological transformation of the structure of brown coal with the help of microorganisms

Abstract. Over the years, lignite (brown coal) has been used throughout the world as a fuel for the production of power. However, its spontaneous combustion and high moisture content make it less preferred as a fuel resource. In addition, the combustion, carbonation and gasification of immature low-grade coals pose a serious threat to the environment due to the release of toxic compounds and harmful substances. As a result, an urgent task is to develop a relevant strategy that would maximize the efficiency of mining and application of lignite. One of the effective mechanisms for the implementation of such strategy is the bioconversion of extracted raw materials into environmentally friendly commercial products, so called «fuel briquettes».

Key words: brown coal, humic substances, microorganisms, bioconversion, biosolubilization, bioprocessing, organic binders, *Bacillus sp.*, *Providencia sp.*, biosurfactant.

Введение

В ряду ископаемых углей бурый уголь представляет сравнительно низкую энергетическую ценность, поскольку его сжигание приводит к загрязнению окружающей среды оксидами серы, азота и другими веществами. В связи с этим актуальной остается проблема поиска альтернативных способов использования низкокачественных углей [1]. Биотехнологическая трансформация структуры твердых топлив является экологически безопасным и достаточно экономически выгодным способом конверсии углеродсодержащего сырья [2, 3]. Применение такой модификации угля

минимизирует использование опасных химических веществ и выбросы токсических соединений в окружающую среду. Учитывая негативное воздействие на окружающую среду, возникающее при добыче и использовании низкокачественного угля, интерес к его биопереработке стремительно растет. Эта проблема имеет наиболее острый характер в странах с высоким запасом ископаемых углей, к которым относится и Казахстан.

Технология получения брикетного топлива из бурых углей не получила промышленного применения из-за высокой зольности, низкой теплоты сгорания и отсутствия эффективного связующего агента для брикетирования

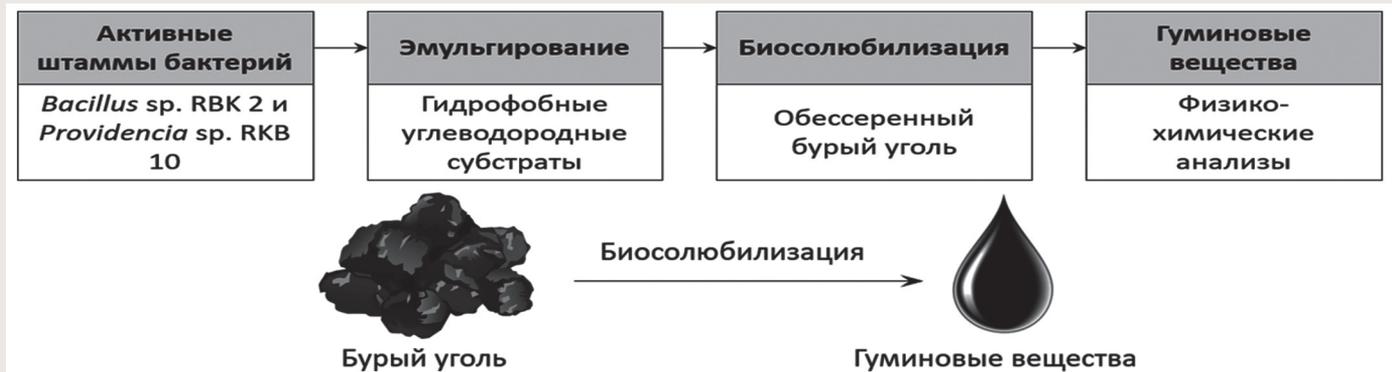


Рис. 1. Схема экспериментов для определения эмульгирующей и солюбилизующей активностей штаммов микроорганизмов.

Сурет 1. Микроорганизм штамдарының эмульгирлеуші және еритін белсенділіктерін анықтауға арналған тәжірибелер схемасы.

Figure 1. Scheme of experiments to determine the emulsifying and solubilizing activities of microorganism strains.

Таблица 1

Эмульгирующая активность штаммов микроорганизмов

Кесте 1

Микроорганизм штамдарының эмульгирлеуші белсенділігі

Table 1

Emulsifying activity of microorganism strains

Штаммы	E24, %					
	Бензин	Дизельное топливо	Керосин	Оливковое масло	Хлороформ	Гексан
RKB 2	7,5	18,5	12	18,6	33,3	8
RKB 10	6,7	7,4	12	28	60	5

[4]. Таким образом, разработка технологии получения брикетированного топлива из бурого угля Ленгерского угольного бассейна является одной из важных эколого-экономических задач. Принимая во внимание то, что в стране большая часть населения проживает в сельских районах, проблема производства экологически безопасного топлива для коммунально-бытового и промышленного потребления имеет весьма высокую значимость.

Цель данного этапа исследований – изучение основных закономерностей и параметров биомодификации бурых углей.

Материалы и методы

В работе был использован бурый уголь Ленгерского угольного бассейна (Туркестанская область), промышленные запасы которого оцениваются в 34000 тыс. т, характеризующийся средней зольностью и значительным содержанием серы. Отбор проб угля проводили согласно ISO 18283:2006 «Hard coal and coke – Manual sampling» и ISO 13909-4:2016 Preview Hard coal and coke – Mechanical sampling – Part 4: Coal – Preparation of test samples». Верхний слой 1,5-2,0 см угля удаляют чистым ножом, 500-600 г образцов бурого угля собирают стерильным шпателем с глубины до 30 см. Образцы были помещены в одноразовый контейнер и доставлены

в лабораторию. Каждый образец был маркирован с указанием даты и номера образца. При транспортировке и хранении образцов угля соблюдались правила для предотвращения возможности вторичного загрязнения.

На рис. 1 показана схема экспериментов для определения эмульгирующей (выделение биосурфактантов) и солубилизирующей (разжижение угля) деятельности активных штаммов микроорганизмов.

Для оценки эмульгирующей активности клетки отделяли от культуральной среды центрифугированием в течение 15 мин при 1372 G-force. Далее супернатант смешивали в пробирках с углеводородным субстратом в соотношении 3:2 и интенсивно перемешивали на шейкере при 112 G-force в течение 20 мин для получения эмульсии. После этого пробирки оставляли в вертикальном положении при комнатной температуре на 24 ч, затем измеряли эмульгирующую активность, которую выражали в процентах, рассчитывая ее как величину отношения высоты эмульсионного слоя к общей высоте жидкости в пробирке.

Расчет производился по формуле:

$$E24 (\%) = (V_e/V_n) \times 100,$$

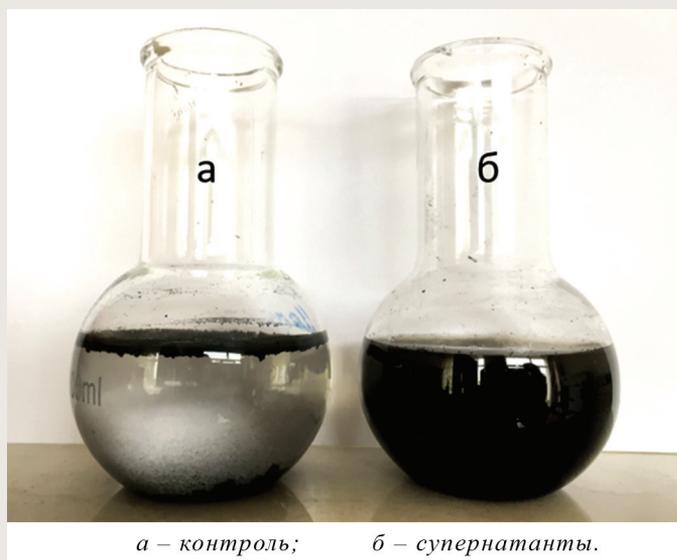
где V_e – объем эмульсии;

V_n – полный объем жидкости, включающий в себя объем фазы супернатанта, объем углеводородной фазы и объем образовавшейся эмульсии.

Результаты и обсуждение

Некоторые бактерии синтезируют биосурфактанты (био-поверхностно-активные вещества – биоПАВ) в ответ на наличие углеводов в среде культивирования. Такие микроорганизмы способствуют диспергированию органической части угля, что повышает вероятность контакта бактерий с углем.

Эмульгирующая активность культурального супернатанта является ключевым маркером штаммов бактерий как продуцентов биосурфактантов¹ [5]. Микроорганизмы различных физиологических групп отличаются по эмульгирующей способности, эмульгирующей емкости, стабильности эмульсии и выделяют биосурфактанты различной природы. Способность микроорганизмов к образованию биоПАВ, которые диспергируют органическую массу угля, максимально увеличивая доступность углеводов для бактерий, изучали определением эмульгирующей активности через 24 ч (E24) в супернатанте. В качестве гидрофобных субстратов компонентов при установлении эмульгирующей активности использовали керосин, бензин, дизельное топливо, оливковое масло, хлороформ и гексан.



а – контроль; б – супернатанты.

Рис. 2. Эмульгирующая активность.

Сурет 2. Эмульсиялық белсенділік.

Figure 2. Emulsifying activity.

¹Елисеев С.А., Кучер Р.В. Поверхностно-активные вещества и биотехнология. – Киев: Наукова думка, 2001. – 60 с.

Таблица 2

Скорость потери веса в процессе биосольюбилизации лигнита

Кесте 2

Қоңыр көмірді биосольюбилизациялау процесінде салмақ жоғалту жылдамдығы

Table 2

Speed of weight loss in the process of lignite biosolubilization

Дни	Потеря веса, %		
	RKB 2	RKB 10	Контроль
3	15,6 ± 0,6	15,7 ± 0,7	0,02 ± 0,00
5	16,9 ± 0,8	16,1 ± 0,5	0,07 ± 0,01
10	18,1 ± 0,9	17,3 ± 0,9	0,1 ± 0,02
12	21,8 ± 0,1	17,3 ± 0,9	0,2 ± 0,01
14	23,9 ± 0,8	17,4 ± 0,1	0,2 ± 0,01

В ходе исследования определена субстратная специфичность штаммов – продуцентов биосурфактантов *Bacillus* sp. RKB 2 и *Providencia* sp. RKB 10. В табл. 1 представлены результаты изучения E24 культур микроорганизмов по отношению к субстратам. Как видно, максимальная эмульгирующая активность по отношению к хлороформу выявлена у RKB 10 (60%), а к дизельному топливу – у RKB 2 (18,5%). Таким образом, в результате определения эмульгирующей активности штаммов микроорганизмов по отношению к субстратам установлено, что E24 у обеих культур микроорганизмов выше, т. е. они образуют клеточно-связанные биосурфактанты, для эмульгирования угля необходимо использовать их биомассу.

На следующем этапе исследования с использованием выделенных микроорганизмов супернатанты подвергались воздействию буроугольной шихты, т. е. смеси, содержащей биодесульфуризованные угли.

На рис. 2 показана степень диспергирования частиц угля бесклеточными суспензиями микроорганизмов, содержащих биосурфактанты.

Бактериальное преобразование или биотрансформация угля является сложным процессом из-за его твердой гидрофобной природы. На начальных этапах органические полимеры в угле под действием микроорганизмов и их метаболитов разрушаются до фрагментов с более низкой молекулярной массой [6]. Эти молекулы приобретают способность растворяться в воде или переноситься в форме микрокапель и участвовать в метаболизме микроорганизмов, впоследствии превращаясь в конечные продукты. Биосольюбилизация угля осуществляется в аэробных условиях под действием биосурфактантов, содержащих в своем составе ферментативные, щелочные и хелатные компоненты [7-9]. Размер микроорганизмов таков, что они распространяются и фиксируются на поверхностях макро- и микро-трещин, а также в макропорах угля. Гидрофобность частиц угля снижается под влиянием внеклеточных бактериальных веществ, что приводит к разложению угля. В результате, полимеры разлагаются под действием внеклеточных ферментов и щелочных компонентов на более мелкие структуры, которые могут быть использованы микробными клетками.

Определение биосольюбилизирующей способности культур бактерий проводилось двумя путями с применением методов агар-диффузной и погруженной культуры.

Согласно результатам использования первого метода, культуры *Bacillus* sp. RKB 2 и *Providencia* sp. RKB 10 эффективно биосольюбилизировали угольный образец с очевидным изменением цвета агаризованной матрицы в течение 7 дней, тогда как в контрольных вариантах (без газона бактерий) появления продуктов сольюбилизации не наблюдалось (рис. 3).

Результаты сольюбилизации лигнита в погруженных культурах штаммами бактерий были сопоставимы с результатами, полученными в ходе агар-диффузного метода. Полученные результаты демонстрируют, что бурый уголь Ленгерского происхождения является биодоступным в отношении микробной сольюбилизации.

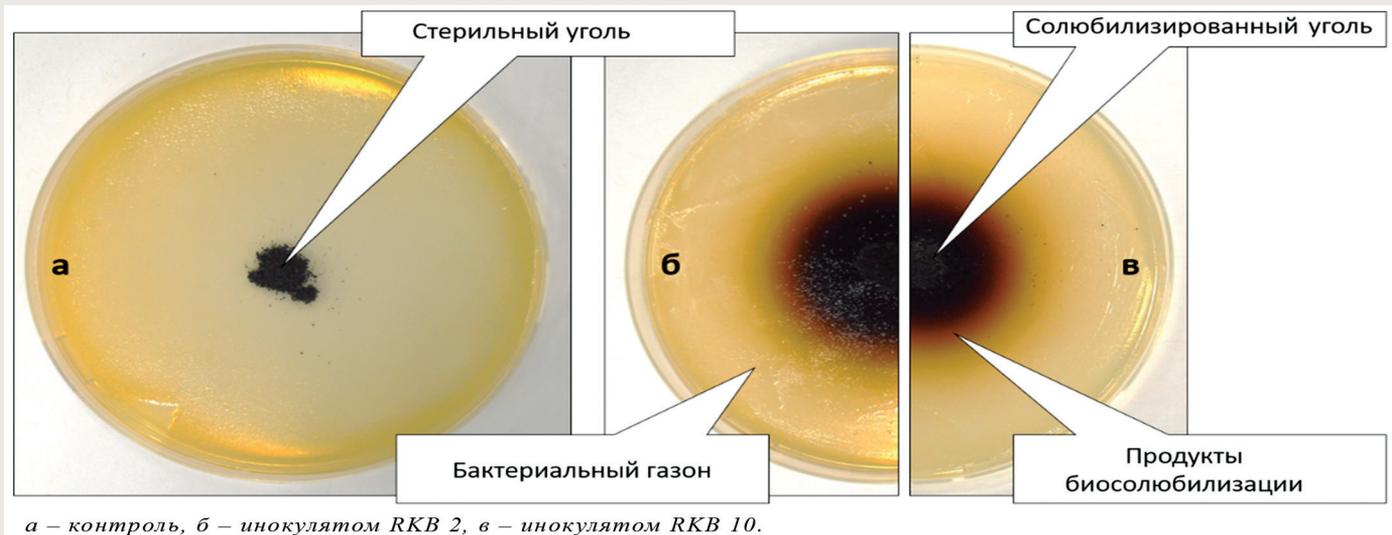


Рис. 3. Биосольюбилизация угля.
Сурет 3. Көмірді биосольюбилизациялау.
Figure 3. Biosolubilization of coal.

Степень биосолюбилизации угля при RKB 2 достигла 15,6% на третий день, затем увеличилась до 24% на 14-й день (табл. 3). Степень разложения угля в контрольных образцах достигла 2,8% за тот же период времени. Биосолюбилизация угля с использованием RKB 10 показала наименьший результат – 17,4% через 14 дней.

Заключение

Исследованиями установлено, что штаммы – продуценты биосурфактантов *Bacillus* sp. RKB 2

(дизельное топливо – 18,5%) и *Providencia* sp. RKB 10 (хлороформ – 60%) имеют высокую эмульгирующую активность по отношению к органическим субстратам. Определение биосолюбилизирующей способности штаммов бактерий показало, что изолят *Bacillus* sp. RKB 2 характеризовался повышенной способностью к разложению/утилизации органической массы бурого угля, что привело к его солюбилизации до 23,9% за 14 дней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mapelli F., Marasco R., Balloi A., Rolli E., Cappitelli F., Daffonchio D., Borin S. Минерально-микробные взаимодействия: биотехнологический потенциал биопоглощения. // Биотехнологии. – 2012. – №157. – С. 473-481. (на английском языке)
2. Natarajan K.A. Обогащение минералов, вызванное микробами. / Под ред. М. Натараджан. – Амстердам: Elsevier, 2018. – Глава 10. – С. 243-304. (на английском языке)
3. Otsuki A. Использование микроорганизмов для комплексного обогащения руд на примере биофлотации. // Энцикл. Biocolloid Biointerface Sci. – 2016. – Комплект 2V. – С. 108-117. (на английском языке)
4. Mishra S., Panda S., Pradhan N., Biswal S.K., Sukla L.B., Mishra B.K. Микробно-минеральные взаимодействия: изучение путей разработки устойчивой микробной технологии для обогащения угля. // Environ. Microb. Biotechnol., Springer International Publishing, Cham. – 2015. – С. 33-52. (на английском языке)
5. Palashpriya Das, Soumen Mukherjee, Ramkrishna Sen. Субстрат-зависимая продукция внеклеточного биосурфактанта морской бактерией. // Биоресурсные технологии. – 2009. – С. 1015-1019. (на английском языке)
6. Laborda F., Fernández M., Luna N., Monistrol I.F. Изучение механизмов, с помощью которых микроорганизмы солюбилизируют и/или разжижают испанские угли. // Технология переработки топлива. – 1997. – №52. – С. 95-107. (на английском языке)
7. Romanowska I., Strzelecki B., Bielecki S. Биосолюбилизация польского бурого угля *Gordonia alkanivorans* S7 и *Bacillus mycoides* NS1020. // Технология переработки топлива. – 2015. – №131. – С. 430-436. (на английском языке)
8. Zsolnay A., Baigar E., Jimenez M., Steinweg B., Saccotandi F. Дифференциация с помощью флуоресцентной спектроскопии источников растворенного органического вещества в почвах, подвергающихся сушке. // Хемосфера. – 1999. – №38. – С. 45-50. (на английском языке)
9. Fu P., Kawamura K., Chen J., Qin M., Ren L., Sun Y., Wang Z., Barrie L.A., Tachibana E., Ding A., Yamashita Y. Флуоресцентные водорастворимые органические аэрозоли в атмосфере высокой Арктики. // Sci Rep. – 2015. – 5: 9845. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Mapelli F., Marasco R., Balloi A., Rolli E., Cappitelli F., Daffonchio D., Borin S. Минерал-микробтардың өзара әрекеттесуі: биотехнологиялық потенциал. // Биотехнологии. – 2012. – №157. – Б. 473-481. (ағылшын тілінде)
2. Natarajan K.A. Микробты индукцияланған минералды байыту. / М. Натараджанның (ред.). – Амстердам: Elsevier, 2018. – 10 тарау. – Б. 243-304. (ағылшын тілінде)
3. Otsuki A. Микроорганизмдерді кенді кешенді байыту үшін пайдалану: мысал ретінде биофлотация // Энцикл. Биокolloидты биоинтерфейс ғылыми. – 2016. – 2V жиынтығы. – Б. 108-117. (ағылшын тілінде)
4. Mishra S., Panda S., Pradhan N., Biswal S.K., Sukla L.B., Mishra B.K. Микроб-минералды өзара әрекеттесу: Көмірді байытудың орнықты микробтық технологиясын дамыту жолдарын іздеу. // Энвайрон. Микроб. Биотехнол., Springer International Publishing, Cham. – 2015. – Б. 33-52. (ағылшын тілінде)
5. Palashpriya Das, Soumen Mukherjee, Ramkrishna Sen. Теңіз бактериясы арқылы жасушадан тыс биосурфактанттың субстратқа тәуелді өндірісі. // Биоресурстар технологиясы. – 2009. – Б. 1015-1019. (ағылшын тілінде)
6. Laborda F., Fernández M., Luna N., Monistrol I.F. Микроорганизмдер испан көмірлерін еріту және/немесе сұйылту механизмдерін зерттеу. // Отын процесі технол. – 1997. – №52. – Б. 95-107. (ағылшын тілінде)
7. Romanowska I., Strzelecki B., Bielecki S. *Gordonia alkanivorans* S7 және *Bacillus mycoides* NS1020 поляк қоңыр көмірінің биосолюбилизациясы. // Отын процесі технол. – 2015. – №131. – Б. 430-436. (ағылшын тілінде)

8. Zsolnay A., Baigar E., Jimenez M., Steinweg B., Saccomandi F. Құрғатылған топырақтағы ерітілген органикалық заттардың көздерін флуоресцентті спектроскопиямен саралау. // *Chemosphere*. – 1999. – №38. – Б. 45-50. (ағылшын тілінде)
9. Fu P., Kawamura K., Chen J., Qin M., Ren L., Sun Y., Wang Z., Barrie L.A., Tachibana E., Ding A., Yamashita Y. Жоғары Арктикалық атмосферадағы флуоресцентті суда ерітін органикалық аэрозольдер. // *Sci. Rep.* – 2015. – 5: 9845. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Mapelli F., Marasco R., Balloi A., Rolli E., Cappitelli F., Daffonchio D., Borin S. Mineral-microbe interactions: biotechnological potential of bioweathering. // *J. Biotechnol.* – 2012. – №157. – P. 473-481. (in English)
2. Natarajan K.A. Microbially Induced Mineral Beneficiation. / Ed. of M. Natarajan. – Amsterdam: Elsevier, 2018. – P. 243-304. (in English)
3. Otsuki A. Use of Microorganisms for Complex ORE Beneficiation: Bioflotation as an Example. // *Encycl. Biocolloid Biointerface Sci.* – 2016. – 2V Set. – P. 108-117. (in English)
4. Mishra S., Panda S., Pradhan N., Biswal S.K., Sukla L.B., Mishra B.K. Microbe-Mineral Interactions: Exploring Avenues Towards Development of a Sustainable Microbial Technology for Coal Beneficiation. // *Environ. Microb. Biotechnol.*, Springer International Publishing, Cham, 2015. – P. 33-52. (in English)
5. Palashpriya Das, Soumen Mukherjee, Ramkrishna Sen. Substrate dependent production of extracellular biosurfactant by a marine bacterium. // *Bioresource Technology*. – 2009. – P. 1015-1019. (in English)
6. Laborda F., Fernández M., Luna N., Monistrol I.F. Study of the mechanisms by which microorganisms solubilize and / or liquefy Spanish coals. // *Fuel processing technology* – 1997. – №52. – P. 95-107. (in English)
7. Romanowska I., Strzelecki B., Bielecki S. Biosolubilization of Polish brown coal by *Gordonia alkanivorans* S7 and *Bacillus mycoides* NS1020 // *Fuel processing technology* – 2015. – №131. – P. 430-436. (in English)
8. Zsolnay A., Baigar E., Jimenez M., Steinweg B., Saccomandi F. Differentiating with fluorescence spectroscopy the sources of dissolved organic matter in soils subjected to drying. // *Chemosphere*. – 1999. – №38. – P. 45-50. (in English)
9. Fu P., Kawamura K., Chen J., Qin M., Ren L., Sun Y., Wang Z., Barrie L.A., Tachibana E., Ding A., Yamashita Y. Fluorescent water-soluble organic aerosols in the High Arctic atmosphere. // *Sci. Rep.* – 2015. – 5: 9845. (in English)

Сведения об авторах:

Акимбеков Н.Ш., постдокторант, PhD, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем биологии и биотехнологии (г. Алматы, Казахстан), akimbeknur@gmail.com

Тастамбек К.Т., научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем экологии (г. Алматы, Казахстан), преподаватель Алматинского технического университета (г. Алматы, Казахстан), tastambeku@gmail.com

Шерелхан Д.К., младший научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем биологии и биотехнологии (г. Алматы, Казахстан), преподаватель Алматинского технического университета (г. Алматы, Казахстан), sherelkhandinara@gmail.com

Алтынбай Н.П., магистр, стажер-исследователь Научно-исследовательского института проблем биологии и биотехнологии (г. Алматы, Казахстан), alтынbaynazym@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Акимбеков Н.Ш., постдокторант ғылыми қызметкер, PhD, Биология және биотехнология мәселелері ғылыми зерттеу институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), akimbeknur@gmail.com

Тастамбек К.Т., Экология мәселелері ғылыми зерттеу институтының ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), Алматы технологиялық университеті оқытушы (Алматы қ., Қазақстан), tastambeku@gmail.com

Шерелхан Д.К., Биология және биотехнология мәселелері ғылыми зерттеу институтының кіші ғылыми қызметкері, Алматы технологиялық университеті оқытушы (Алматы қ., Қазақстан), sherelkhandinara@gmail.com

Алтынбай Н.П., магистр, Биология және биотехнология мәселелері ғылыми зерттеу институтының зерттеуші-тәжірибе жинақтаушы қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), alтынbaynazym@mail.ru

Information about the authors:

Акимбеков Н.Ш., Postdoctoral Researcher, PhD, Leading Researcher of the Scientific Research Institute of Biology and Biotechnology Issues (Almaty, Kazakhstan), akimbeknur@gmail.com

Тастамбек К.Т., Researcher of the Scientific Research Institute of Ecological Problems (Almaty, Kazakhstan), Teacher of the Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan), tastambeku@gmail.com

Шерелхан Д.К., Junior Researcher of the Scientific Research Institute of Biology and Biotechnology Issues (Almaty, Kazakhstan), Teacher of the Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan), sherelkhandinara@gmail.com

Алтынбай Н.П., Master Degree, Research Trainee of the Scientific Research Institute of Biology and Biotechnology Issues (Almaty, Kazakhstan), alтынbaynazym@mail.ru

Код МРНТИ 52.13.07

Ye.Z. Bukayev¹, G.Zh. Kenzhetayev¹, G.K. Mutalibova²¹Yessenov University (Aktau, Kazakhstan),²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev (Moscow, Russia)

STUDY OF THE CHEMICAL AND MINERALOGICAL COMPOSITION OF A SAMPLE LIMESTONE-SHELL OF THE FIELD ZHETYBAI IN MANGYSTAU REGION

Abstract. This article is devoted to the study of the chemical and mineralogical composition of the sample limestone-shell of Zhetybai field in Mangystau region. The fields related to the production of limestone-shell in the western part of Kazakhstan, as well as the volume of waste limestone-shell formed during its mining are analyzed. According to the results of physico-chemical studies, the sample of limestone-shell received for testing, consists of carbonate rocks of calcite $CaCO_3$ with a small amount of impurities. Thus, we can say that the content of CaO in the sample of the studied limestone-shell was 53,39% and CO_2 – 43,74%. Pure calcite is 56% and CO_2 is 44%. Based on physical and chemical studies it can be concluded that this limestone-shell material is suitable for the production of portland cement, lime and other materials.

Key words: sample of the limestone-shell, field, thermal analysis, x-ray phase analysis, chemical analysis, experimental data, mineral, waste, building material, test.

Маңғыстау аймағындағы Жетібай кенорнының әктас-ұлутас сынама құрамының химия-минералогиялық зерттемесі

Аннотация. Бұл мақала Маңғыстау облысы Жетібай кен орнындағы әктас-ұлутас сынамасының химиялық-минералогиялық құрамын зерттеуге арналған. Қазақстанның батыс бөлігіндегі әктас-ұлутас өндіру кен орындары, сонымен қатар оны өндіру кезінде пайда болған әктас-ұлутас қалдықтарының көлемі талданды. Физика-химиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша зерттеуге алынған әктас-ұлутас сынамасы аз мөлшердегі қоспалар мен $CaCO_3$ карбонатты кальцит жыныстарынан құралатындығы анықталды. Осылайша, зерттелген әктас-ұлутас сынамасындағы CaO мөлшері 53,39%, ал CO_2 – 43,74% құрады. Оның ішінде таза кальцит 56%, ал CO_2 – 44% құрайды. Физика-химиялық зерттеулерге сүйене отырып, осы әктас-ұлутас материалы портландцемент, әк және басқада материалдарды өндіруге жарамды деп қорытынды жасауға болады.

Түйінді сөздер: әктас-ұлутас сынамасы, кенорын, термиялық анализ, рентгенді фазалық анализ, химиялық анализ, эксперименттік сипаттама, минерал, қалдық, құрылыс материалы, сынақ.

Исследование химико-минералогического состава образца известняка-ракушечника Жетыбайского месторождения в Мангистауской области

Аннотация. Данная статья посвящена изучению химико-минералогического состава образца известняка-ракушечника Жетыбайского месторождения в Мангистауской области. Проанализированы месторождения, связанные с добычей известняка-ракушечника в западной части Казахстана, а также объем отходов известняка-ракушечника, образующихся при его добыче. Согласно результатам физико-химических исследований, образец известняка-ракушечника, полученный для испытаний, состоит из карбонатных пород кальцита $CaCO_3$ с небольшим количеством примесей. Таким образом, можно сказать, что содержание CaO в образце исследуемого известняка-ракушечника составило 53,39%, а CO_2 – 43,74%. Чистый кальцит составляет 56%, а CO_2 – 44%. На основании физико-химических исследований можно сделать вывод, что этот известняково-ракушечный материал пригоден для производства портландцемента, извести и других материалов.

Ключевые слова: образец известняка-ракушечника, месторождения, термический анализ, рентгенофазовый анализ, химический анализ, экспериментальная расшифровка, минерал, отход, строительный материал, испытания.

Introduction

Kazakhstan has a large amount of fields of limestone-shell suitable for mining and manufacturing of wall stone. The main fields are concentrated in the western part of Kazakhstan: Golubaya bukhta, Eraliev, Eraliev – II, Beineu, Mangyshlak – II, Mangyshlak – III, South Zhetybai, North Zhetybai and others, which have huge reserves of wall stone, meeting the requirements of GOST 4001-2013 «Wall stones from rocks»¹ [1].

Many fields produce commercial production of block stone with an output of up to 60% of business stone [2]. One of the fields of wall stone, we present Zhetybai field, where the use of mining waste is studied, to create artificial concrete and polymer cement materials. The increased roughness of the mining waste limestone-shell, provides strong contacts between the cement stone and aggregate in the concrete due to good adhesion between them – specific adhesion [3, 4].

At present, more than 20 billion tons of various wastes – overburden, slags, and other secondary raw materials – have been accumulated in Kazakhstan as a result of intensive mining activities. These wastes contribute to the pollution

Table 1 Parameters set for the thermogravimetric analysis of the sample limestone-shell of Zhetybai fields

Кесте 1
Жетібай кен орнындағы әктас-ұлутас сынамасына детермиялық талдау жүргізу үшін белгіленетін параметрлер

Таблица 1 Параметры, устанавливаемые для проведения детермического анализа образца известняка-ракушечника на месторождении Жетыбай

Serial number of the derivatograph	123456
Test sample	Limestone-shell
The number of the test sample	01
Weight of the test sample, mg	1,97
Final temperature and heating speed	1000°C 10°C/min
Explanation of the experiment	In the atmosphere

¹GOST 4001-2013. Wall stones from rocks. – Moscow: MSUP «STANDARTINFORM», 2015. – 10 p. (in Russian)

of groundwater and surface water, adversely affect the state of land resources, accelerate erosion processes, pollute the air, deformations of the host rocks and land surface.

Given the relevance of this work, one of the objectives of the study is to determine the qualitative and quantitative composition of the sample limestone-shell by physical and chemical studies on Area-3 at Zhetybai field in the Mangistau region. Identification of the suitability of limestone-shell of Zhetybai field for the production of portland cement, lime and other materials will contribute to further development of construction materials based on waste mining limestone-shell will reduce accumulated waste and improve the environmental situation.

Research methods and methodology

Thermogravimetric analysis was carried out in order to determine the qualitative and quantitative composition of the sample limestone-shell in the area of Zhetybai field used in the work. The method is based on recording by the instrument changes in thermochemical and physical parameters of the substance, which can be caused by its heating. Thermogravimetric analysis of limestone-shell was carried out on the modernized «Derivatograph Q-1500D» by MOM, where different variants of the thermal analysis method were combined, such as DTA (differential thermal analysis), TG (thermogravimetric) and DTG (differential thermogravimetric) within 2 hours (Hungary).

For the thermogravimetric analysis, the sample preparation was carried out in the following order:

- the substance under test was rubbed in the agate mortar to a powder state;
- the test substance was placed in a crucible;
- thermograms were taken up to 1000°C with a heating rate of 10°C per minute.

Powder Al_2O_3 was used as a reference in the thermocouple. Thermograms were taken up to 1000°C with the heating rate of 10°C per minute (table 1).

At the figure 1 shows the results of the thermogravimetric analysis of the sample limestone-shell of Zhetybai fields.

Based on the results of thermogravimetric analysis of the sample limestone-shell, the endothermic decomposition effect of magnesium and calcium carbonates from 600°C to 970°C was recorded on the DTA curve. The thermogram other impurities value is 43,74%.

The mineral composition of the used limestone-shell according to the data of derivatographic and X-ray phase analysis (table 2). Identification of powder sample components was carried out according to morphologies of thermal curves and numeric values of endo- and exothermic effects with the use of conjugated thermogravimetric indications of TG lines.

On the basis of the TG curve we can judge how the mass of the sample limestone-shell of Zhetybai fields changed during heating. By eliminating the difficulties in evaluating the TG curve of the sample limestone-shell, the following method of differential thermal analysis (DTA).

Component composition of the sample was determined by differentiating its thermochemical readings by their accessories to any known (reference data) formations. Data on the material composition obtained by processing differential-thermal curves (DTA, DTG) and calculations of thermogravimetric measurements (TG), after their control by XPA data will be placed in the summary table (table 4).

Deciphering of thermal analysis diagrams, mineralogical interpretation of their curves and explanation of thermal behavior of the studied model systems were performed using the following literature²⁻⁴.

As a result of the test of the sample limestone-shell on the rise of temperature 550°C on the differential

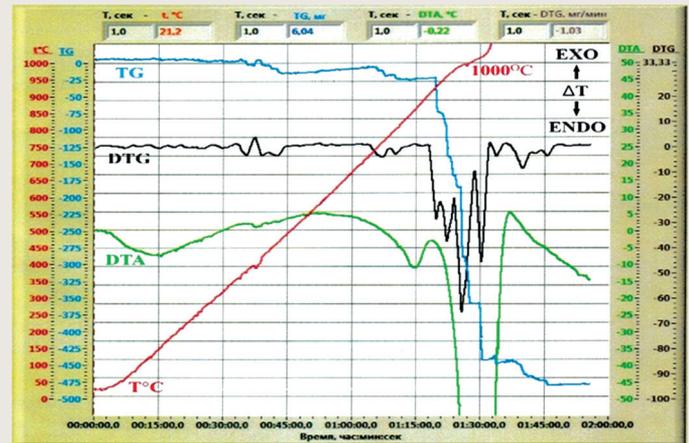


Fig. 1. Thermogravimetric analysis of the sample limestone-shell of Zhetybai fields.

Сурет 1. Жетібай кен орнындағы әктас-ұлутас сынамасының детермиялық талдауы.

Рис. 1. Детермический анализ образца известняка-ракушечника на месторождении Жетыбай.

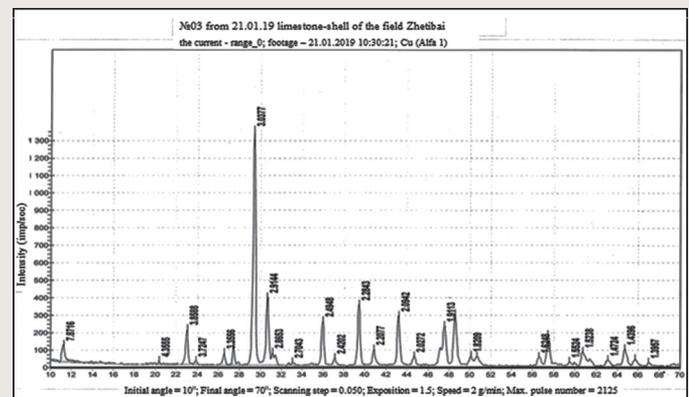


Figure 2. X-ray phase analysis of the sample limestone-shell of the field Zhetybai.

Сурет 2. Жетібай кен орнындағы әктас-ұлутас сынамасының рентгенофазалық талдауы

Рис. 2. Рентгенофазовый анализ образца известняка-ракушечника на месторождении Жетыбай.

²Wagner M. *Thermal Analysis in Practice: Fundamental Aspects.* // Hanser Fachbuchverlag, 2018. – 349 p. (in English)

³Ayupov D.A., Fakhrudinova V.Kh., Makarov D.B. *Physical and chemical methods of research of construction materials.* // Instrumental analysis. Textbook. – Kazan: Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, 2018. – 166 p. (in Russian)

⁴Ham B.M., MaHam A. *Analytical Chemistry: A Chemist and Laboratory Technician's Toolkit.* // John Wiley & Sons, Inc., 2016. – 680 p. (in English)

Table 2
Chemical composition of the sample limestone-shell of Zhetybai field

Жетібай кен орнындағы әктас-ұлутас сынамаcының химиялық құрамы

Кесте 2

Химический состав образца известняка-ракушечника на месторождении Жетыбай

Таблица 2

Mineral	Oxide content, %	Mineral	Oxide content, %
Na_2O	0,11	CaO	53,39
MgO	2,02	TiO_2	<0,01
Al_2O_3	0,03	MnO	0,03
SiO_2	0,43	Fe_2O_3	0,24
P_2O_5	<0,01	another	0,01
K_2O	<0,01	another	43,74

Table 3
Parameters set for X-ray phase analysis of the sample limestone-shell of Zhetybai field

Жетібай кен орнында әктас-ұлутас сынамаcына рентгенофазалық талдау жүргізу үшін белгіленетін параметрлер

Кесте 3

Параметры, устанавливаемые для проведения рентгенофазового анализа образца известняка-ракушечника на месторождении Жетыбай

Таблица 3

Range of shooting angles	start angle 100
	final angle 700
Scanning step	0,05
Scanning speed	2 g/min
Exposition	1,5
Maximum pulse number	2125

thermal analysis curve of the DTA the endothermic effect accompanied by heat release in the process of decomposition of magnesium carbonates $Mg(CO_3)$ was fixed, further on the rise of temperature up to 740°C on the derivatographic analysis curve of the DTG the rate of mass change of the sample by decomposition of magnesium carbonates $Mg(CO_3)$ by the exothermic effect was fixed. In the thermogravimetric readings of the DTG curve, when introducing heat into the system at 930°C, the mass change of the sample was recorded by decomposition of $CaMg(CO_3)$ dolomite carbonates and $Ca(CO_3)$ calcium carbonates.

X-ray phase analysis of the sample limestone-shell of field Zhetybai was performed on upgraded DRON-3M diffractometer on $CuK\alpha$ -radiation with software (table 3).

Sample preparation was carried out on the following stages:

- the investigated substance was rubbed in an agate mortar to the state of powder, then the powder was

poured into a Plexiglas cuvette, pre-lubricated with vaseline and slightly pressed;

- to eliminate the texture of the excess powder was cut with a blade.

X-ray phase analysis data show the sample contains of $Ca(CO_3)$ calcite and small amounts $Mg(CO_3)$ magnesite and $CaMg(CO_3)$ dolomite.

The x-ray shows an imp/sec intensity from 0 to 1300; x-axis angle of slope from 100 to 700, initial angle 100, and final angle 700; scanning step 0.050; exposure 1.5; speed 2 g/min; maximum pulse number 2125.

The presence or availability of $CaCO_3$ calcite limestone-shell in the sample is the first peak at an angle of 29.3780; the interplanar position is 3.0377 with an intensity of 970 imp/s; the coverage area is 242.81, which is 100% with an intensity of 0.2504. The second peak of $CaCO_3$ calcite manifestation is at 39.4110; the interplane position is 2.2843 with an intensity of 268 imp/s; the coverage area is 69, which is 28.42% with an intensity of 0.2571. The third peak of $CaCO_3$ calcite manifestation is at 43.1600; the interplane position is 2.0942 with an intensity of 220 imp/s; the coverage area is 59.49 which is 24.50% with an intensity of 0.2703. The fourth peak of $CaCO_3$ calcite manifestation at 47.5310; the interplane position is 1.9113 with an intensity of 173 imp/s; the coverage area is 63.65, which is 26.21% with an intensity of 0.3682. The fifth peak of the $CaCO_3$ calcite manifestation is at 48.5420; the interplane position is 1.8739 with an intensity of 235 imp/sec; the coverage area is 66.89, which is 27.55% with an intensity of 0.2850.

The sixth peak of $CaCO_3$ calcite manifestation at an angle of 50.0500; the interplane position is 1.8209 with an intensity of 37 imp/sec; the coverage area 15.02 is 6.19% with an intensity of 0.4047. The seventh peak of $CaCO_3$ calcite manifestation is 56.5970; the interplane position is 1.6248 with an intensity of 44 imp/sec; the coverage area is 14.85, which is 6.12% with an intensity of 0.3366. The eighth peak of $CaCO_3$ calcite manifestation at 57.4400; the interplane position is 1.6029 with an intensity of 151 imp/sec; the coverage area is 41.73 which is 17.19% with an intensity of 0.2758.

The presence of $CaMg(CO_3)$ dolomite in the sample limestone-shell is manifested in two points, which indicates its small amount. The first peak manifestation of dolomite $CaMg(CO_3)$ at an angle of 44.6630; the interplane position is equal to 2.0272 with an intensity of 39 imp/sec; the coverage area is 14.65 which is equal to 6.03% with an intensity of 0.3777. The second peak is $CaMg(CO_3)$ dolomite at 64.6950; the interplane position is 1.4396 with an intensity of 27.24 imp/s; the coverage area is 11.22, which is 6.03% with an intensity of 0.3332.

The presence of $Mg(CO_3)$ magnesite in the sample limestone-shell is very small, because the X-ray shows one point at an angle of 35.9660; the interplanar position is 2.4948 with an intensity of 191 imp/sec; the coverage area is 47.96, which is 19.75% with an intensity of 0.2515.

Results

Thus, according to the results of processing of the experimental data of the sample limestone-shell (table 3),

Table 4

Results of processing the experimental data of the sample limestone-shell of the fields Zhetybai

Кесте 4

Жетібай кен орнындағы әктас-ұлтас үлгісінің эксперименттік деректерін өңдеу нәтижелері

Таблица 4

Результаты обработок экспериментальных данных образца известняка-ракушечника на месторождении Жетыбай

№/(Alfa1)	Angle	Plaza	Intensity	Half-width	Interplanar	%Max	%Plaza	Plaza/Intensity
1	11,231	20,68	67	0,2843	7,8716	6,91	8,52	0,3082
2	20,372	2,32	15	0,1428	4,3555	1,55	0,96	0,1548
3	23,028	34,69	146	0,2194	3,8588	15,05	14,29	0,2379
4	23,870	3,85	14	0,2476	3,7247	1,44	1,59	0,2684
5	26,540	11,10	50	0,2040	3,3556	5,15	4,57	0,2212
6	27,432	15,52	88	0,1623	3,2486	9,07	6,39	0,1761
7	29,378	242,81	970	0,2310	3,0377	100,00	100,00	0,2504
8	30,650	70,46	293	0,2222	2,9144	30,21	29,02	0,2409
9	31,188	21,96	48	0,4242	2,8653	4,95	9,05	0,4597
10	33,097	4,43	13	0,3233	2,7043	1,34	1,83	0,3505
11	35,966	47,96	191	0,2319	2,4948	19,69	19,75	0,2515
12	37,116	8,33	29	0,2610	2,4202	2,99	3,43	0,2830
13	39,411	69,00	268	0,2372	2,2843	27,63	28,42	0,2571
14	40,839	19,01	67	0,2600	2,2077	6,91	7,83	0,2819
15	43,160	59,49	220	0,2492	2,0942	22,68	24,50	0,2703
16	44,663	14,65	39	0,3484	2,0272	4,02	6,03	0,3777
17	47,531	63,65	173	0,3398	1,9113	17,84	26,21	0,3682
18	48,542	66,89	235	0,2629	1,8739	24,23	27,55	0,2850
19	50,050	15,02	37	0,3733	1,8209	3,81	6,19	0,4047
20	50,646	19,88	40	0,4575	1,8009	4,12	8,19	0,4959
21	56,597	14,85	44	0,3105	1,6248	4,54	6,12	0,3366
22	57,440	41,73	151	0,2544	1,6029	15,57	17,19	0,2758
23	59,492	6,80	19	0,3345	1,5524	1,96	2,80	0,3626
24	60,728	27,72	61	0,4166	1,5238	6,29	11,41	0,4515
25	63,084	12,02	28	0,4015	1,4724	2,89	4,95	0,4352
26	64,695	27,24	82	0,3073	1,4396	8,45	11,22	0,3332
27	65,688	13,24	33	0,3722	1,4202	3,40	5,45	0,4034
28	66,993	4,62	19	0,2199	1,3957	1,96	1,90	0,2385

eight peaks of calcite $CaCO_3$, two peaks of dolomite $CaMg(CO_3)_2$ and one peak of magnesite $Mg(CO_3)$ were revealed, which indicates a high content of this sample of limestone-shell carbonate rocks of calcite $CaCO_3$.

According to the results of physico-chemical studies, the sample of limestone-shell received for testing, consists of carbonate rocks of calcite $CaCO_3$ with a small amount of impurities.

Thus, we can say that the content of CaO in the sample of the studied limestone-shell was 53,39% and CO_2 – 43,74%. Pure calcite is 56% and CO_2 is 44% [5].

Discussion of results

Involvement in the production of technogenic fields and their integrated use with the help of waste-free technologies is becoming one of the basic problems of implementing the concept of sustainable development. Its solution includes

both natural resource aspects of depleted minerals and environmental aspects of the use of the entire ecosystem. All this determines the global and national significance of issues related to the disposal and elimination of huge technogenic waste fields⁵. Utilization of mining waste will increase the efficiency of integrated use of mineral resources.

Determining the suitability of lime-shell from the Zhetysai field for the production of portland cement,

lime and other materials will contribute to the further development of the production of construction materials based on waste from the production of limestone-shell.

Conclusion

Based on physical and chemical studies on Area-3 at Zhetysai field in the Mangistau region it can be concluded that this limestone-shell material is suitable for the production of portland cement, lime and other materials.

REFERENCE

1. Bukayev Ye.Z., Kenzhetayev G.Zh., Serikbayeva A.K., Mutalibova G.K. Problems of extraction of wall stone from waste limestone-shell. // *Bulletin KazNRTU*. – Almaty, 2020. – №5. – P. 719-728. (in Russian)
2. Bukayev Ye.Z., Serikbayeva A.K. Prospects for the use of sulfur, oil industry for the production of building materials. // *Development of science and technology in the development of mineral resources of Kazakhstan: Materials international scientific-practical conference dedicated the 90th anniversary of academician Sh.Yessenov*. – Aktau, 2017. – P. 274-278. (in Russian)
3. Grozav V.I., Mutalibova G.K. Reduction of the average density of concretes based on aggregates from stone-sawing waste of limestone-shell rocks. // *Materials of the scientific and technical conference «Environmental management of agricultural territories»*. – Moscow: MSUP, 2001. – P. 105-106. (in Russian)
4. Grozav V.I., Mutalibova G.K. Influence of water absorption of porous limestone rubble on water absorption and water resistance of limestone concrete. // *Materials of the scientific and technical conference «Environmental management of agricultural territories»*. – Moscow: MSUP, 1999. – P. 100-101. (in Russian)
5. Bukayev Ye.Z., Kenzhetayev G.Zh., Serikbayeva A.K., Mutalibova G.K. Process of developing new materials from waste of extraction a wall stone. // *Bulletin KazNRTU*. – Almaty, 2020. – №4. – P. 290-299. (in Russian)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Букаев Е.З., Кенжетаяев Г.Ж., Серікбаева А.Қ., Муталибова Г.К. Эктас-ұлтас қалдықтарынан қабырға тасын өндіру мәселелері. // *ҚазҰТУ Хабаршысы*. – Алматы, 2020. – №5. – Б. 719-728. (орыс тілінде)
2. Букаев Е.З., Серікбаева А.Қ. Күкірт, мұнай өнеркәсібін құрылыс материалдарын өндіру үшін пайдалану перспективалары. // *Қазақстанның минералды ресурстарын игерудегі ғылым мен технологияның дамуы: Академик Ш. Есеновтің 90 жылдығына арналған халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары*. – Ақтау, 2017. – Б. 274-278. (орыс тілінде)
3. Грозав В.И., Муталибова Г.К. Эктас-ұлтас тас кесу қалдықтарынан толтырғыштар негізінде бетондардың орташа тығыздығын төмендету. // *«Ауылшаруашылық аумақтарын табиғи басқару» ғылыми-техникалық конференциясының материалдары*. – Мәскеу: ММБУ, 2001. – Б. 105-106. (орыс тілінде)
4. Грозав В.И., Муталибова Г.К. Кеуекті эктас қиыршық тастарының су сіңіруінің эктас бетонының су сіңуіне және су өткізбеуіне әсері. // *«Ауылшаруашылық аумақтарын табиғи басқару» ғылыми-техникалық конференциясының материалдары*. – Мәскеу: ММБУ, 1999. – Б. 100-101. (орыс тілінде)
5. Букаев Е.З., Кенжетаяев Г.Ж., Серікбаева А.Қ., Муталибова Г.К. Қабырға тасының өндіру қалдықтарынан жаңа материалдарды жасау үдерістері. // *ҚазҰТУ Хабаршысы*. – Алматы, 2020. – №4. – Б. 290-299. (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Букаев Е.З., Кенжетаяев Г.Ж., Серікбаева А.Қ., Муталибова Г.К. Проблемы добычи стенового камня из отходов известняка-ракушечника. // *Вестник КазННТУ*. – Алматы, 2020. – №5. – С. 719-728. (на русском языке)
2. Букаев Е.З., Серікбаева А.Қ., Перспективность применения серы нефтепромышленности для получения строительных материалов. // *Развитие науки*

⁵Pat. 4370 RK. Polymer cement composition / Kenzhetayev G.Zh., Serikbayeva A.K., Bukayev Ye.Z., Aitimova A.M., Boranbayeva A.N., Baimukasheva Sh.K.; publ. 10/25/2019, Bull. - No. 43. - P. 3. (in Russian)

и техники в освоении недр Казахстана: матер. междунар. науч.-практ. конф., посв. 90-летию академика Ш. Есенова. – Актау, 2017. – С. 274-278.

(на русском языке)

3. Грозав В.И., Муталибова Г.К. Снижение средней плотности бетонов на основе заполнителей из отходов камнепиления известняков-ракушечников. // Природообустройство сельскохозяйственных территорий: матер. науч.-техн. конф. – М.: МГУП, 2001. – С. 105-106. (на русском языке)
4. Грозав В.И., Муталибова Г.К. Влияние водопоглощения пористого известнякового щебня на водопоглощение и водонепроницаемость известнякового бетона. // Природообустройство и экологические проблемы водного хозяйства и мелиорации: матер. науч.-тех. конф. – М.: МГУП, 1999. – С. 100-101. (на русском языке)
5. Букаев Е.З., Кенжетаяев Г.Ж., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К. Процессы создания новых материалов из отходов добычи стенового камня. // Вестник КазНУ. – Алматы, 2020. – №4. – С. 290-299. (на русском языке)

Information about authors:

Bukayev Ye.Z., Master of Natural Sciences, PhD Doctor Student of the Yessenov University, (Aktau, Kazakhstan), ybukayev2@gmail.com

Kenzhetayev G.Zh., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Yessenov University, (Aktau, Kazakhstan), gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz

Mutalibova G.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, (Moscow, Russia), cirhe@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Букаев Е.З., жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Yessenov University PhD докторанты (Актау қ., Қазақстан), ybukayev2@gmail.com

Кенжетаяев Г.Ж., техника ғылымдарының кандидаты, Yessenov University профессоры (Актау қ., Қазақстан), gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz

Муталибова Г.К., техника ғылымдарының кандидаты, Ресей мемлекеттік аграрлық университетінің – К.А. Тимирязев атындағы Мәскеу ауылшаруашылық академиясы доценті (Мәскеу, Ресей), cirhe@mail.ru

Сведения об авторах:

Букаев Е.З., магистр естественных наук, PhD докторант Yessenov University (г. Актау, Казахстан), ybukayev2@gmail.com

Кенжетаяев Г.Ж., канд. техн. наук, профессор Yessenov University (г. Актау, Казахстан), gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz

Муталибова Г.К., канд. техн. наук, доцент Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия), cirhe@mail.ru

ПОДПИСКА 2021

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

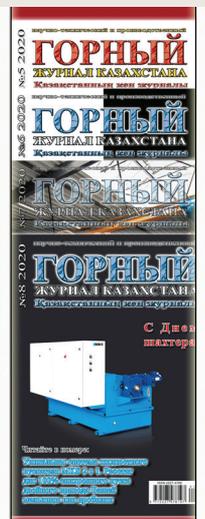
Подписной индекс 75807

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

+7 (727) 375-44-96
minmag.kz

Instagram @minmag.kz

✉ Yuliya.Bocharova@interrin.kz
Tatyana.Dolina@interrin.kz
Irina.Pashinina@interrin.kz



Код МРНТИ 52.45.17:52.45.19

Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов, М.Б. Барменшинова, А.Н. Нурманова

Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

ҚОРҒАСЫН-МЫРЫШ КЕНІН СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯЛАУДЫҢ ҚОРҒАСЫН ЦИКЛІН ӨНДЕУ

Аннотация. Мақалада Шалқия кен орнының қорғасын-мырыш кенін байытудың технологиялық сұлбасындағы флотацияның қорғасын циклінің егжей-тегжейлі өңдеу бойынша зерттелу нәтижелері келтірілген. Кеннің минералогиялық, заттық және фазалық құрамын зерттеу бойынша зерттеулермен кен құраушы элементтер құрамында 0,8%, мырыш 3,50% және темір 2,24% қорғасын бар екендігі анықталды. Қорғасын мен мырыш минералдары негізінен сульфид түрінде ұсынылған. Сульфидтердегі қорғасын үлесі элементтің жалпы массасынан 90,15%, ал мырыш үлесі элементтің жалпы массасынан 96,76% құрайды. Қорғасын құрамының 0,8%-ға тең төмен болуын ескере отырып, құрамында қорғасын 40%-дан кем емес қорғасын концентратын алу үшін тазалау операцияларының санын анықтау мақсатында қорғасын циклін өңдеу жүргізілді. Ашық циклдегі флотация бойынша зерттеулерде, кендегі қорғасынның мөлшері 0,8% болған кезде, концентраттағы қорғасынның 40%-дан кем емес болуына қол жеткізу үшін төрт тазалау жүргізу қажет екендігі анықталды. Жабық циклда флотация бойынша тәжірибемен қорғасын концентратын алу үшін Төртінші тазалаудың қажетті уақыты анықталды.

Түйінді сөздер: химиялық құрам, фазалық құрам, флотациялық байыту әдісі, қорғасын-мырыш кені, тікелей селективті сұлба, ашық цикл, түйік цикл, шығым, бағалы зат үлесі, бөліп алу дәрежесі.

Отработка свинцового цикла селективной флотации свинцово-цинковой руды

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по детальной отработке свинцового цикла флотации в технологической схеме обогащения свинцово-цинковой руды месторождения Шалкья. Исследованиями по изучению минералогического, вещественного и фазового состава руды установлено, что рудообразующие элементы представлены свинцом (0,8%), цинком (3,50%) и железом (2,24%). Минералы свинца и цинка представлены преимущественно в сульфидной форме. Доля свинца в сульфидах составляет 90,15% от общей массы элемента, а доля цинка – 96,76%. Учитывая невысокое содержание свинца (0,8%), проведена отработка свинцового цикла с целью определения числа перечистных операций для получения свинцового концентрата с содержанием свинца не менее 40%. Исследованиями установлено, что необходимо проводить четыре перечистки. Опытами по флотации в закрытом цикле определено необходимое время четвертой перечистки для получения свинцового концентрата.

Ключевые слова: химический состав, фазовый состав, флотационный метод обогащения, свинцово-цинковая руда, прямая селективная схема, открытый цикл, закрытый цикл, выход, содержание, извлечение.

Development of the lead cycle of selective flotation of lead-zinc ore

Abstract. This article presents the results of research on the detailed development of the lead flotation cycle in the technological scheme for the enrichment of lead-zinc ore of the Shalkiia deposit. Studies on the mineralogical, material and phase composition of the ore found that the ore-forming elements are represented by lead content of 0,8%, zinc 3,50% and iron 2,24%. Lead and zinc minerals are mainly represented in the sulfide form. The proportion of lead in sulfides is 90,15% of the total weight of the element, and the proportion of zinc is 96,76% of the total weight of the element. Taking into account the low lead content of 0,8%, the lead cycle was tested to determine the number of cleaning operations to produce lead concentrate with a lead content of at least 40%. Research on flotation in an open cycle has found that when the ore contains 0,8% lead, it is necessary to conduct four purifications to achieve a lead content of at least 40% in the concentrate. Experiments on flotation in a closed cycle determined the necessary time for the fourth purification to produce lead concentrate.

Key words: chemical composition, phase composition, flotation processing method, lead-zinc ore, direct selective scheme, open circuit, closed circuit, yield, assay, extraction.

Кіріспе

Қорғасын-мырыш сульфидті кендерді байыту технологиясы сепкілдік ірілігімен, минералдардың біркелкі таралуымен және флотациялық белсенділігімен анықталады.

Негізгі массасы ауыр суспензиялардың немесе отсадканың көмегімен үрдістің басында бөлінуі мүмкін минералдардың ірі сепкілдігі бар кендерді байыту үшін қиыстырылған гравитациялық-флотациялық технологиялар қолданылады.

Қорғасын сульфидінің ірі сепкілді кендері, галенит флотациясының цикл аралық ұнтақтау мен одан кейінгі қорғасын мен мырыштың таңдамалы флотациялауы кіретін сұлбаларға сәйкес байытылған¹⁻⁴ [1].

Құрамында мырыш пен мыс жоқ сульфидті қорғасын кендері

табиғатта сирек кездеседі, сондықтан оларды байыту қарапайым технологиялық сұлбаларға сәйкес жүзеге асырылады, олардың кезеңдері таралуының ірілігіне және галениттің ірілік классына сәйкес таралуына байланысты болады.

Зерттеу нысаны – Шалқия кен орнының қиын байытылатын қорғасын-мырыш кені.

Зерттеудің мақсаты-құрамында 40%-дан кем емес қорғасыны бар қорғасын концентратын алумен қорғасын циклін өңдеу.

Орындалған зерттеулер нәтижелері бойынша, Шалқия кен орнының кендерін өңдеу үшін өнеркәсіптік жағдайларда пайдалануға қорғасын және мырыш концентраттарын ала отырып, флотациялық байытудың таңдамалы сұлбасы ұсынылады [2-5].

Алайда, кеннің заттық құрамының ерекшелігіне байланысты, ұсынылған тікелей таңдамалы флотация сұлбасы бойынша, қорғасын мен мырыштың жоғары сапалы концентраттарын, металды шығарып алу арқылы жасау мүмкін емес.

Кеннің минералогиясы және Шалқия кен орнының заттық құрамы салыстырмалы қарапайым. Кенқұрағыш элементтер негізінен темір, қорғасын және мырыштан тұрады. Сынамадағы темірдің үлесі 2,24% деңгейінде тұрады. Сульфид түрінде темір басым. Зерттелетін сынамадағы қорғасынның орташа мөлшері 0,8%, ал, мырыш – 3,50% құрайды.

Сынамадағы қорғасын мен мырыш минералдары көбіне сульфидті қалыпта ұсынылған:

¹Абрамов А.А. Флотациялық байыту әдістері: оқулық жоғары оқу орындары үшін. – Мәскеу: Мәскеу мемлекеттік тау-кен университетінің, Тау-кен кітабы, Тау-кен кітабы элементі, 2008. – 710 с. (орыс тілінде)

²Тихонов О.Н., Назаров Ю.П. Азия, Африка және Латын Америкасы елдерінде пайдалы қазбаларды кешенді өңдеу теориясы мен тәжірибесі: Жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы. – Мәскеу: Недра, 1989. – 300 с. (орыс тілінде)

³Абрамов А.А. Қатты пайдалы қазбаларды өңдеу, байыту және кешенді пайдалану. – Мәскеу: Мәскеу мемлекеттік техникалық университеті, 2004. – Т. 2. «Пайдалы қазбаларды байыту технологиясы». – 510 с. (орыс тілінде)

⁴Абрамов А.А. Қатты пайдалы қазбаларды өңдеу, байыту және кешенді пайдалану. – Мәскеу: Мәскеу мемлекеттік техникалық университеті, 2005. – Том 3. «Түсті металл кендерін өңдеу және байыту технологиясы». – 575 с. (орыс тілінде)

Шалқия кен орнының сынамаларының химиялық құрамы

Кесте 1

Химический состав проб руды месторождения Шалқия

Таблица 1

Chemical composition of ore samples from the Shalkiya Deposit

Table 1

Элементтер, компоненттер	Массалық үлес, %	Элементтер, компоненттер	Массалық үлес, %
SiO_2	49,7	As	0,0055
Al_2O_3	1,36	$Pb_{жсалпы}$	0,8
CaO	10,1	$Zn_{жсалпы}$	3,50
K_2O	0,58	Cu	0,0087
Na_2O	<	Ni	0,0018
MgO	9,4	Sb	<
MnO	0,067	Cd	0,0067
P_2O_5	0,044	Cr	0,0015
TiO_2	0,048	Co	0,0007
$C_{жсалпы}$	5,90	Mo	0,0011
CO_2	16,4	Ba	0,0036
$C_{орг}$	1,41	Sn	<
$Fe_{жсалпы}$	2,24	Sr	0,0065
$Fe_{окисл}$	0,1	W	<
$Fe_{сульфид}$	2,14	Bi	<
$S_{жсалпы}$	4,66	Hg	<
$S_{сульфат}$	<	$Ag, z/m$	4,13

Кесте 2

Қорғасын циклінің реагенттік режим флотациясы

Таблица 2

Реагентный режим флотации свинцового цикла

Table 2

Reagent mode of lead cycle flotation

Операция аты	Реагенттердің шығыны, г/т (1 тәжірибе / 2 тәжірибе / 3 тәжірибе)						
	CaO	Na_2SiO_3	Na_2S	$NaCN$	$ZnSO_4$	БКК	T-92
Ұнтақтау 87% кл. – 0,074 мм	150	–	200	–	150	–	–
Негізгі Pb 10 мин	30	150	400	90	500	150	30
Бақылау Pb 7 мин	10	50	200	10	60	5	5
I тазалау Pb 5 мин	10	–	–	12	180	25	–
II тазалау Pb 4 мин	10	–	–	10	50	–	–
III тазалау Pb 3 мин	10	–	–	–	50	–	–
IV тазалау Pb 3 мин	–	–	–	–	–	–	–

■ сульфидтердегі қорғасын үлесі элементтің жалпы массасының 90,15% құрайды;

■ мырыштың үлесі элементтің жалпы массасының 96,76%.

Кен сынамаларының кендік минерализациясы темір сульфидтері (пирит, пирротин), сфалерит және галенит түрінде ұсынылған. Аз мөлшерде қорғасын мен мырыштың

тотыққан минералдары, сондай-ақ мыс сульфидтері байқалады.

Кеннің химиялық құрамы 1-ші кестеде келтірілген. Көрсетіліп тұрғандай, кеннің негізгі компоненттері болып, кеннің құрамында 49,7% және 10,1%, қалыптастыратын, SiO_2 және CaO табылады.

Қорғасын мөлшерінің 0,8% болғандығын ескере отырып, қорғасын құрамы 40%-дан кем емес қорғасын концентратын алу үшін, тазарту жұмыстарының санын анықтау мақсатында, қорғасын циклін нақтылау қажет болды.

Әдістемелер және қолданылатын материалдар

Бастапқы кенді ұнтақталғыштығы бойынша зерттеулер, айналу осі 13,42 л болатын, зертханалық диірменде жүргізілді. Ара қатыстығы Қ:С:Ш болғанда = 1:0,55:9 (қаттылық бір килограмм болғанда қаттылығы 65%).

Флотациялық байыту бойынша зерттеулер камераларының көлемі 3 л; 1,0 л; 0,7 л; 0,5 л және 0,25 л «Механобр» типті стандартты зертханалық флотациялық машиналарда орындалды⁵. Флотация бойынша зерттеулер жүргізу кезінде келесі реагенттерді қолдана отырып реагенттік режим пайдаланылды:

- рН ортаны реттегіш - әктас;
- басқыш – күкіртті натрий;
- басқыш – мырыш купоросы;
- басқыш – натрий цианиді;
- жинағыш – бутил ксантогенаты;
- жинағыш – аэрофлот;
- активтендіргіш мыс купоросы;
- көбіктендіргіш – оксаль.

Жоғарыда аталған реактивтерден, қайта есептеу арқылы, қажетті концентрация беретін 100% белсенділікке айналдыру арқылы ерітінділер дайындалды.

Флотациялық байыту бойынша тәжірибелер ашық, сонымен бірге, жабық түрде де жасалды.

2-кестеде келтірілген реагенттік режимдегі тікелей таңдамалы флотацияның жобалық сұлбасы (1-сурет) бастапқы кенде қорғасын циклін флотациялау режимін өңдеу үшін негіз ретінде қабылданды.

Қорғасын циклінің флотациясын бастапқы кенде өңдеу кезінде,

⁵Леонов С.Б., Белькова О.Н. Пайдалы қазбаларды байытуға зерттеу. – Мәскеу: Интермет инжижинг, 2001. (орыс тілінде)

қорғасынның құрамы кемінде 40% болатын, қорғасын концентратын алу қажетті шарт болды. Ол үшін концентраттағы қорғасынның берілген құрамына жету үшін тазалау операциялардың санын анықтау қажет болды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

0,074 мм классты алудың бастапқы кенде ұнтақтау ұзақтығына тәуелділігін анықтау бойынша тәжірибе нәтижелері 2-суретте келтірілген.

Ірілігі 87% класы 0,074 мм ұнтақталған өнімді алуда ұнтақтау уақыты 26 минутты құрайды, бұл бастапқы кеннің ұсақталғыштығының ұсақтау уақытына тәуелділігін көрсетеді.

Қорғасынның флотациялау циклін өңдеу құрамында қорғасын 40%-дан кем емес қорғасын концентратын алу үшін, қажетті тазалау санын анықтау арқылы, ашық циклде жүргізілді.

Ашық циклдегі тәжірибелер арқылы, құрамында қорғасын мөлшері кемінде 40% болатын қорғасын концентратын алу үшін, төртінші тазалау операциясының шығымын, тәжірибе жабық циклде жүргізілген кезде жүргізілген флотация уақытын өзгерту арқылы реттеу қажет.

Қорғасынның флотациялау режимін өңдеу үшін, тазалаудың саны мен уақытын өзгерту арқылы, 6 сынама бойынша жабық циклді тәжірибелер жүргізілді.

Бірінші тәжірибе 1 суретте көрсетілген сұлба бойынша орындалған. Төрт тазалаудың орнына, үш тазалау эксперименті жасалған, реагенттік режим мен флотация уақыты 2 кестеде келтірілген режимге сәйкес келеді. Флотация нәтижелері 3 кестеге жинақталған.

Тәжірибе нәтижелерінен концентратты қайта өңдеудің үш әдісі бар сұлбасына сәйкес, қорғасынның құрамында 40%-дан кем емес қорғасын концентратын алу үшін төрт тазалауды қолдану қажет екендігі байқалады, өйткені құрамында қорғасын мөлшері 25,12% болатын қорғасын концентраты алынды.

Қорғасын құрамын жоғарылату үшін, тұйық циклде 1 суретте көрсетілген сұлба бойынша қорғасын концентратының төрт тазалау жүргізу арқылы флотация жасалды, реагент режимі мен флотация уақыты

Қорғасын концентратының III тазалаумен тұйық циклдегі флотация нәтижелері

Кесте 3

Таблица 3
Результаты флотации в замкнутом цикле с III перерасчетками свинцового концентрата

Table 3
Results of flotation in a closed loop with the third re-purifications lead concentrate

Өнім аты	Шығым, %	Бағалы зат үлесі, %		Бөліп алу дәрежесі, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
III тазалаудың Pb концентраты	1,91	25,12	5,82	57,81	2,96
Қалдық	98,09	0,36	3,72	42,19	97,04
Кен	100,0	0,83	3,76	100,0	100,0

Кесте 4

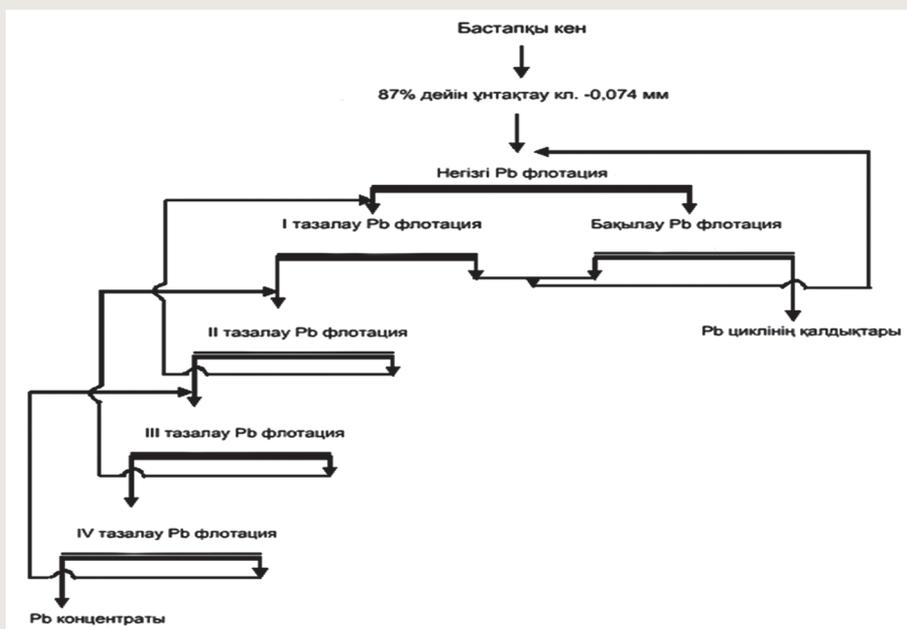
Тұйық циклде қорғасын концентратының төрт қайта тазалау жүргізу арқылы жасалған флотациясының нәтижелері

Таблица 4

Таблица 4
Результаты флотации в замкнутом цикле с четырьмя перерасчетками свинцового концентрата

Table 4
Results of flotation in a closed cycle with four lead concentrate purges

Өнім аты	Шығым, %	Бағалы зат үлесі, %		Бөліп алу дәрежесі, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
IV тазалаудың Pb концентраты	1,33	32,60	5,26	52,88	1,87
Қалдық	98,67	0,39	3,73	47,12	98,13
Кен	100,0	0,82	3,75	100,0	100,0



Сурет 1. Шалкия кен орнындағы қорғасын-мырыш кенін тікелей таңдамалы флотациялаудың қорғасын-мырыш циклінің жобалық сұлбасы.

Рис. 1. Проектная схема свинцового цикла прямой селективной флотации свинцово-цинковой руды месторождения Шалкия.
Figure 1. Design diagram of the lead cycle of direct selective flotation of lead-zinc ore from the Shalkiya Deposit.

2-кестеде көрсетілген режимге сәйкес келді. Алынған нәтижелер 4 кестеге жинақталған.

Қорғасын концентратының төрт тазалау тұйық циклда орындалған тәжірибенің нәтижелері бойынша, қорғасын мөлшері кемінде 40% болатын концентратты алу үшін төртінші тазалауда флотация уақытын қысқарту қажет екендігі айқын болды.

Соған байланысты қорғасын концентратын тұйық циклда төрт қайта тазалау тәжірибесі тағы да жүргізілді. Тәжірибе 1 суретте ұсынылған сұлба бойынша орындалған, бірақ, төртінші тазалауда уақыт 2 минутқа төмендетілді. Алынған нәтижелер 5 кестеге жинақталды.

Талдау нәтижелері көрсеткендей, қорғасынның құрамы кемінде 40% болатын қорғасын концентратын алу үшін, төртінші тазалау уақытын екі минутқа қысқарта отырып, негізгі флотацияның қорғасын концентратын төрт рет тазарту қажет.

Қорытынды

Бастапқы кеннің ұнтақталуы бойынша зерттеулермен дайын кластағы – 0,074 мм 87% құрайтын өнімді алу үшін, қажетті ұнтақтау уақытын анықтады. Ұнтақтау уақыты 26 минутты құрады.

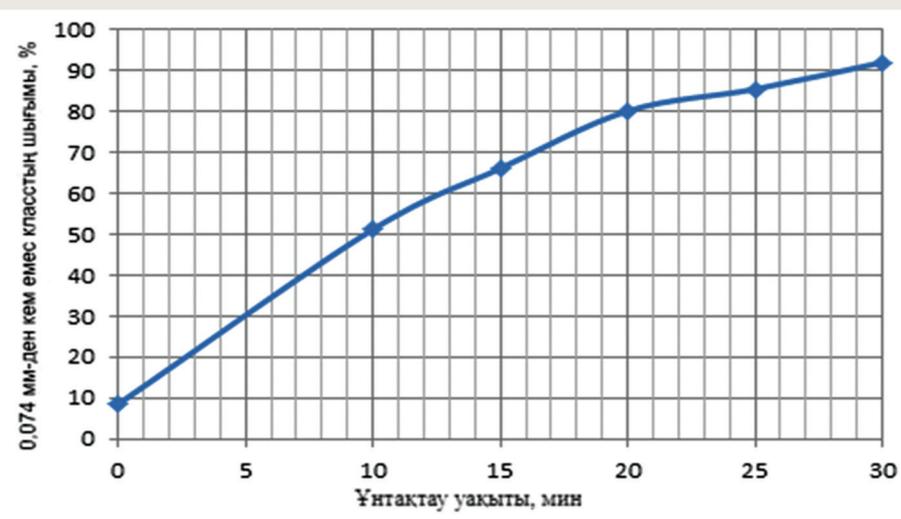
Ашық циклдегі флотациялық тәжірибелерде қорғасын мөлшері кемінде 40% болатын қорғасын концентратын алу үшін, флотация уақытын өзгерту арқылы, төртінші тазалау концентратының шығымдылығын реттеу қажет екендігі анықталды. Флотациялық тәжірибелер, қорғасынның төртінші тазартылуына қорғасынның құрамы

Кесте 5
Қорғасын концентратын төртінші тазалаудағы уақытты төмендету арқылы тұйық циклда жасалған флотацияның нәтижесі

Таблица 5
Результаты флотации в замкнутом цикле со снижением времени четвертой перемешки свинцового концентрата

Table 5
Results of flotation in a closed cycle with a decrease in the time of the fourth cleaning of lead concentrate

Өнім аты	Шығым, %	Бағалы зат үлесі, %		Бөліп алу дәрежесі, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
IV тазалаудың Pb концентраты	1,02	40,52	4,82	50,46	1,31
Қалдық	98,98	0,41	3,75	49,54	98,69
Кен	100,0	0,82	3,76	100,0	100,0



Сурет 2. Ірілігі 0,074 мм-ден кем емес класстың шығымының ұнтақтау уақытына тәуелділігі.

Рис. 2. Зависимость выхода класса крупностью менее 0,074 мм от времени измельчения.

Figure 2. Dependence of the output of a class with a fineness less than 0,074 mm on the grinding time.

кемінде 40% болатын, бастапқы кенде 0,82% қорғасыны бар концентрат алу үшін, қажетті уақыт 2 минутты құрайтындығын анықтады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Прокопьев И.В., Алгебраистова Н.К., Марков А.А., Развязная А.В. Дайындау ұжымдық концентраттарды кәсіпорындар түрлі-түсті металлургия циклы селекция. // VII Халықаралық Конгрестің «Сібірдің түсті металдары 2015» баяндамалар жинағы». – 2015. – Б. 136-138 (орыс тілінде)
2. Лазич П., Станоев И., Микович Б. «Подвинови» кен орнының полиметалл кенінен қорғасын, мыс және мырыш минералдарын тікелей селективті флотациялау. // Пайдалы қазбаларды игерудің физикалық-техникалық мәселелері. – 2010. – №6. – Б. 116-120. (орыс тілінде)
3. Семушкина Л.П., Тұрысбеков Д.П., Тусупбаев Н.К., Бектұрғанов Н.С., Мұханова А.А. Шалқия кен орнының жіңішке балқытылған қорғасын-мырыш кенін байыту технологиясын жетілдіру. // Кен байыту. – 2015. – №2. – Б. 8-14. (орыс тілінде)
4. Шалқия кен орнының кен байыту сұлбасы мен көрсеткіштерін анықтау бойынша зерттеулер. // Кен байыту. – 2009. – №3. – Б. 5-8. (орыс тілінде)
5. Избасханов К.С., Жакселеков М.М., Ниязов А.А., Шалғымбаев С.Б., Ли Э.М. Шалқия кен орны полиметалды шикізатты байытудың бірлескен сызбасына жартылай өндірістік сынақтар жүргізу. // ҚазҰТУ хабаршысы. – 2015. – № 5. – Б. 311-320. (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прокопьев И.В., Алгебраистова Н.К., Маркова А.С., Развязная А.В. Подготовка коллективных концентратов предприятий цветной металлургии к циклу селекции. // Сборник докладов VII Международного Конгресса «Цветные металлы Сибири 2015». – 2015. – С. 136-138 (на русском языке)
2. Лазич П., Станоев И., Микович Б. Прямое селективное флотирование минералов свинца, меди и цинка из полиметаллической руды месторождения «Подвирови». // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – №6. – С. 116-120. (на русском языке)
3. Семушкина Л.П., Турысбеков Д.П., Тусупбаев Н.К., Бектурганов Н.С., Муханова А.А. Совершенствование технологии обогащения тонковкрапленной свинцово-цинковой руды месторождения Шалкия. // Обогащение руд. – 2015. – №2. – С. 8-14. (на русском языке)
4. Асончик К.М., Жакселеков М.М. Исследования по уточнению схемы и показателей обогащения руды месторождения Шалкия. // Обогащение руд. – 2009. – №3. – С. 5-8. (на русском языке)
5. Избасханов К.С., Жакселеков М.М., Ниязов А.А., Шалгымбаев С.Б., Ли Э.М. Полупромышленные испытания коллективной схемы обогащения полиметаллической руды месторождения Шалкия. // Вестник КазНТУ. – 2015. – №5. – С. 311-320. (на русском языке)

REFERENCE

1. Prokopiev I.V., Algebraistova N.K., Markov A.S., Razvyaznaya A.V. Preparation of collective concentrates of non-ferrous metallurgy enterprises for the selection cycle. // Collection of reports of the VII International Congress of Non-Ferrous Metals of Siberia. – 2015. – P. 136-138 (in Russian)
2. Lazich P., Stanoev I., Mikovich B. Direct selective flotation of lead, copper and zinc minerals from the polymetallic ore of the Podvirovi deposit. // Physical and technical problems of mineral development. – 2010. – №6. – P. 116-120. (in Russian)
3. Semushkina L.P., Turysbekov D.P., Tusupbaev N.K., Bekturganov N.S., Mukhanova A. The Shalkiya deposit finely disseminated lead-zinc ore processing technology improvement // Ore enrichment. – 2015. – №2. – P. 8-14. (Russian)
4. Asonchik K.M., Zhakselekov M.M. Research on refining the scheme and indicators of ore dressing of the Shalkia deposit. // Ore dressing. – 2009. – №3. – P. 5-8. (Russian)
5. Izbaskhanov K.S., Zhakselekov M.M., Niyazov A.A. Shalgymbaev S.B., Lee E.M. Pilot test of collective enrichment schemes of complex ore in Shalkiya deposit. // Bulletin KazNTU. – 2015. – №5. – P. 311-320. (Russian)

Авторлар туралы мәлімет:

Телков Ш.А., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан), s.telkov@satbayev.university

Мотовилов И.Ю., PhD докторы, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының ассистент-профессоры (Алматы қ., Қазақстан), i.motovilov88@satbayev.university

Барменишинова М.Б., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан), M.Barmenshinova@satbayev.university

Нурманова А.Н., техника ғылымдарының магистрі, Satbayev University, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының ассистенті (Алматы қ., Қазақстан), a.nurmanova@satbayev.university

Сведения об авторах:

Телков Ш.А., кандидат технических наук, профессор, кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), s.telkov@satbayev.university

Мотовилов И.Ю., доктор PhD, ассистент-профессор, кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), i.motovilov88@satbayev.university

Барменишинова М.Б., канд. техн. наук, заведующая кафедрой «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), M.Barmenshinova@satbayev.university

Нурманова А.Н., магистр технических наук, ассистент кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), a.nurmanova@satbayev.university

Information about the authors:

Shamil A. Telkov, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), s.telkov@satbayev.university

Igor Yu. Motovilov, Doctor PhD, Assistant-Professor at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), motovilov88@inbox.ru

Madina B. Barmenshinova, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), m.barmenshinova@satbayev.university

Assel N. Nurmanova, Master of Technical Sciences, Assistant at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), a.nurmanova@satbayev.university

Жұмыс №AP05133980 гранттың қолдауымен орындалған.

Код МРНТИ 52.13.17

Ш.Р. Уринов¹, Л.Ш. Саидова²¹Навоийский государственный горный институт (г. Ташкент, Узбекистан),²Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан)

ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМОВ ИЗВЛЕКАЕМОЙ ИЗ КАРЬЕРА ГОРНОЙ МАССЫ НА ВЫБОР ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В статье обосновано влияние извлекаемых объемов горной массы из глубокого карьера на выбор горно-транспортного оборудования работающих в глубоких карьерах. Учитывая расчетные технические и технологические параметры глубокого карьера с техническими возможностями большегрузного автосамосвала установлено влияние типоразмера автосамосвала на такие параметры как ширина транспортной бермы, угол борта карьера и др. Анализ увеличения глубины карьеров показал, что по мере их развития увеличивается расстояние транспортирования и высота подъема горной массы. При этом ситуация осложняется тем, что в разработку вовлекаются сложные по своему качественному составу и геологическому строению месторождения полезных ископаемых. Следует отметить, что рост объемов добычи руды и падение объемов вынимаемой горной массы привели к усложнению горнотехнических условий в карьере.

Ключевые слова: карьер, глубина, разработка, автосамосвал, транспорт, транспортировка, объем, горные работы, параметр, горная масса.

Тау-кен-көлік жабдығын таңдауға алынатын тау-кен массасы карьері көлемінің әсерін негіздеу

Аңдатпа. Мақалада терең карьерлерден алынатын тау-кен массасының терең карьерлерде жұмыс істейтін тау-кен жабдықтарын таңдауға әсері негізделген. Үлкен жүк таситын автосамосвалдың техникалық мүмкіндіктерімен терең карьердің есептік техникалық және технологиялық параметрлерін ескере отырып, көлік бермасының ені, карьер бортының бұрышы және т. б. сияқты параметрлерге автосамосвалдың үлгі өлшемдерінің әсері анықталды. Карьерлердің тереңдігін арттыру талдауы көрсеткендей, олар дамыған сайын тасымалдау қашықтығы мен тау жыныстарының көтерілу биіктігі артады. Бұл ретте, жағдай өзінің сапалық құрамы мен геологиялық құрылысы жағынан күрделі пайдалы қазбалардың кең орындарын игеруге тартылатындығымен күрделене түседі. Кен өндіру көлемінің өсуі және алынатын тау-кен массасы көлемінің төмендеуі карьердегі тау-кен техникалық жағдайлардың күрделенуіне әкелгенін атап өткен жөн.

Түйінді сөздер: карьер, тереңдік, даму, самосвал, көлік, тасымалдау, көлем, тау-кен жұмыстары, параметр, тау-кен массасы.

Justification of the influence of the volumes of extracted rock mass on the choice of mining and transport equipment

Abstract. The article substantiates the influence of extracted volumes of rock mass from a deep quarry on the choice of mining and transport equipment working in deep quarries. Given the calculated technical and technological parameters of deep career technical features of a heavy dump the influence of the size of the dump on such parameters as the width of the transport berm, the angle of the pit edges etc. The analysis of the increase in the depth of the quarries showed that as they develop, the distance of transportation and the height of lifting the rock mass increases. The situation is complicated by the fact that the development involves complex in its qualitative composition and geological structure of mineral deposits. It should be noted that the increase in ore production and the fall in the volume of extracted rock mass led to a complication of mining conditions in the quarry.

Key words: quarry, depth, development, dump truck, transport, transportation, volume, mining operations, parameter, rock mass.

Введение

Исследованиями^{1,2} [1-3] установлено, что при добыче руды из глубоких карьеров (глубина карьера более 600 м) и максимально больших объемах перемещения горной массы на год отработки значительно возрастают работы по их перевозке. В данных режимах работы глубоких карьеров расходы на транспортирование горной массы составляют 60% и более. В связи с этим нами проведены дополнительные исследования с целью выявления их закономерностей влияния объемов извлекаемой из карьера Мурунтау горной массы горно-транспортным оборудованием.

Рентабельность отработки карьера на его нижних зонах обеспечивается при правильном выборе горно-транспортного оборудования, вскрытия, а также параметров устойчивости бортов карьера. В процессе отработки карьера Мурунтау было осуществлено несколько рациональных нововведений, которые были направлены на оптимизацию ведения горных работ и снижения затрат: применения циклично-поточной технологии; использование для перемещения карьерных грузов автосамосвалов грузоподъемностью от 27 т к 40 т, 75 т,

130 т, 180 т, 220 т; с электрическими экскаваторами с ковшами емкостью от 4 м³ до 12 м³, а также гидравлическими экскаваторами емкостью от 15 м³ до 20 м³, применение крутонаклонных конвейеров (КНК).

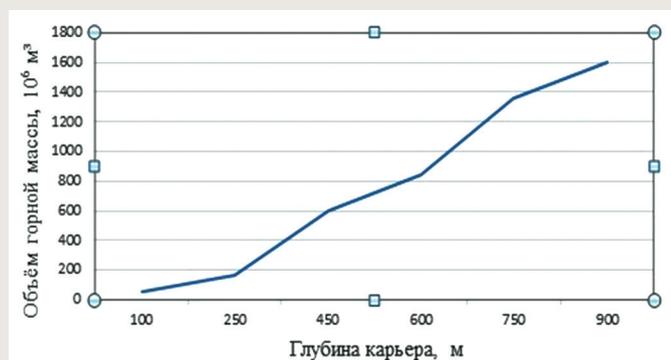


Рис. 1. Зависимость объема горной массы от глубины карьера.

Сурет 1. Тау-кен массасы көлемінің карьердің тереңдігіне тәуелділігі.

Figure 1. Dependence of the volume of rock mass on the depth of the quarry.

¹Кучерский Н.И. и др. Совершенствование процессов открытой разработки сложноструктурных месторождений эндогенного происхождения. – Ташкент: Фан АН РУз, 1998. – 254 с.

²Мальгин О.Н., Лашко В.Т., Шеметов П.А. и др. Совершенствование циклично-поточной технологии горных работ в глубоких карьерах. – Ташкент: Фан АН РУз, 2002. – 144 с.

Таблица 1

Расчетные технические и технологические параметры карьера Мурунтау

Кесте 1

Есептік техникалық және технологиялық параметрлер мансап Мурунтау

Table 1

Design technical and technological parameters Muruntau career

Параметр	Значение				
	Очереди понижения карьера				Перспектива: V очередь – до 2025 г.
Показатели	I 1967-1971 гг.	II 1972-1976 гг.	III 1977-1995 гг.	IV с 1996 г.	
Абсолютные отметки, м	+ 345	+ 200	+ 100	– 75	–
Глубина карьера, м	170	300	490	575	735-1000
Объем горной массы, 10 ⁶ м ³	169	602	845	1362	1600
Производительность по горной массе, млн м ³ /г.	8,0	24,0	4108	50	20-25
Угол откоса борта, град	0	15	15-38	35-40	40-45
Расстояние перевозки автосамосвалами, км	2,6	3,4	3,0-3,2	2,0-2,5	1,0-0,8
Вместимость ковша экскаватора, м ³	4,6	8-15	12-17	12-17	10-10
Грузоподъемность автосамосвала, т	27-40	75-140	140-170	140-170	110-140 30-50
Максимальный уклон технологических дорог в рабочей зоне, %	8-10	8-10	8-10	8-10	15-20
Ширина транспортной бермы, м	38	38	20	20	–
Высота подъема горной массы автосамосвалами, м	55	120-130	80-90	30-50	20-30 70-80

Экспериментальная часть

С использованием полученных результатов нами изучены и исследованы параметры глубокого карьера с техническими возможностями автосамосвалов грузоподъемностью 170-200 т. Для более детального исследования были выбраны основные параметры карьера (табл. 1). Исходными данными являлись технические параметры автосамосвала и его передвижение на различных участках карьера согласно нормам и правилам³⁻⁵ [4, 5]. Выполненные расчеты (табл. 1, рис. 1, 2) позволили установить взаимосвязь технических характеристик, а именно, грузоподъемности автосамосвалов, где прослеживается закономерный рост глубины карьера и объема горной массы. При этом зависимость объема горной массы от грузоподъемности автосамосвала (рис. 2) близка к линейной, это значит, что при росте объема горной массы на 1 т (1 м³) грузоподъемность увеличивается прямо пропорционально.

Известно, что от выбранного автосамосвала напрямую зависит объем карьера, текущий и средний коэффициент вскрыши. В связи этим с целью выбора горнотранспортного оборудования для условий месторождения

произведены исследования и расчеты объемов извлекаемой горной массы, установлены зависимости влияния на определенных участках борта карьера Мурунтау.

Увеличение объема карьера с изменением грузоподъемности применяемых при перемещении горной массы автосамосвалов зависит от угла откоса бортов карьера (рис. 3) [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Выбранные углы рабочего и нерабочего борта карьера должны удовлетворять требованиям безопасности ведения горных работ, устойчивости бортов и условиям размещения на бортах транспортных коммуникаций и площадок^{5, 6} [6]. В таком случае угол откоса борта карьера β может быть определен по эмпирической формуле:

$$tg\beta = H / (\sum B_m + b_n + b_{km} + \sum H_y \times ctg\alpha), \text{ град}$$

где B_m – ширина транспортной бермы, м;

b_n – ширина предохранительной бермы, м;

b_{km} – ширина располагаемой на борту капитальной траншеи, м;

H – высота борта карьера, м;

H_y – высота уступа, м;

α – угол устойчивого откоса уступа, град.

³Мариев П.Л. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.

⁴Ведомственные нормы технологического проектирования ВНТБ 35-86. / Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработки.

⁵Снитка Н.П. Разработка методов и выбор средств формирования рудного потока при совместной разработке месторождений природного и техногенного происхождения. – Навои: Дурдона, 2015. – 142 с.

⁶Правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. / Утверждено Приказом Государственной инспекции «Саноатконттехназорат» №105 от 18.05.2009.

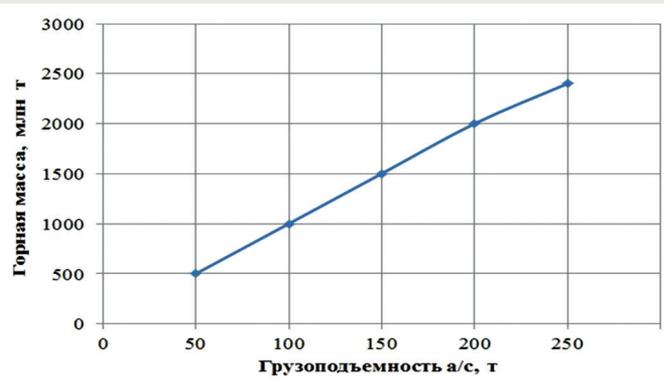


Рис. 2. Зависимость объема горной массы от грузоподъемности автосамосвала.

Сурет 2. Тау-кен массасы көлемінің самосвалдың жүк көтергіштігіне тәуелділігі.

Figure 2. Dependence of the volume of rock mass on the load capacity of the dump truck.

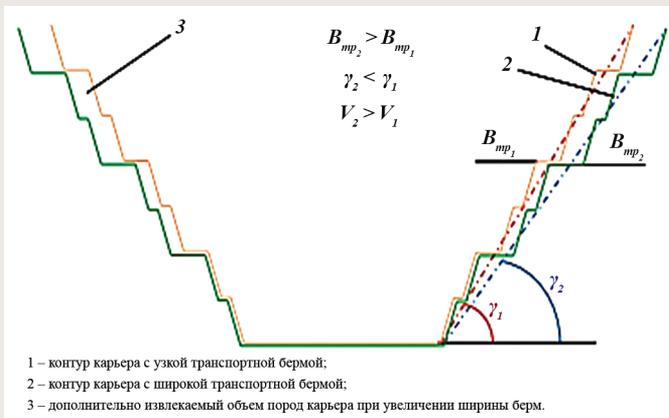


Рис. 3. Контуры карьера с различными по ширине транспортными бермами.

Сурет 3. Ені әртүрлі көлік бермалары бар карьердің контурлары.

Figure 3. Contours of a quarry with different width of transport berms.

Так как угол откоса рабочего борта карьера существенно влияет на текущий коэффициент вскрыши⁷ (рис. 4), на технико-экономические показатели работы глубокого карьера, наиболее экономичным будет понижение горных работ максимальным возвышенным углом откоса рабочего борта карьера и минимальной производительности экскаваторно-автомобильного комплекса.

Полученные зависимости показывают увеличение угла рабочего борта карьера при повышенном текущем коэффициенте вскрыши, что может быть положено в основу выбора большегрузного горнотранспортного оборудования для условий глубокого карьера.

При разработке наклонных и крутых залежей полезных ископаемых на нерабочем борту карьера располагаются предохранительные и транспортные бермы.

Известно, что на извлекаемый объем вскрыши, как и на углы бортов, непосредственно влияет ширина транспортной бермы. Чем больше транспортная

берма, тем больше горной массы необходимо извлечь при ее проходке [2, 4].

Транспортная берма предназначена для размещения транспортных путей, соединяющих рабочие площадки уступов с капитальными траншеями. Ширина ее устанавливается в зависимости от вида транспорта, интенсивности грузопотока по ней и т.д. Транспортная берма, соединяющая несколько уступов, называется соединительной. Часть верхней площадки уступа шириной, равной основанию призмы обрушения, называется бермой безопасности; оборудование, транспортные пути, линии электропередачи размещают за пределами бермы безопасности.

Предохранительная берма служит для повышения устойчивости и уменьшения генерального угла откоса борта карьера, а также для предохранения расположенных ниже уступов от случайного падения кусков породы. Ширина предохранительной бермы – 0,1-0,2 высоты уступа, но не менее величины, достаточной

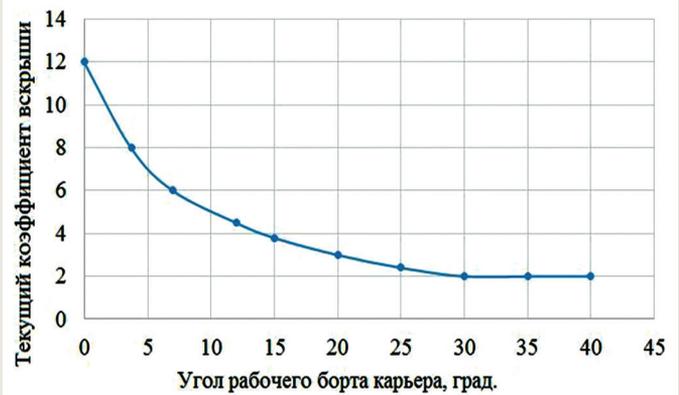


Рис. 4. Зависимость текущего коэффициента вскрыши от угла рабочего борта карьера.

Сурет 4. Ағымдағы аршу коэффициентінің карьердің жұмыс бортының бұрышына тәуелділігі.
Figure 4. Dependence of the current Stripping coefficient on the angle of the working side of the quarry.

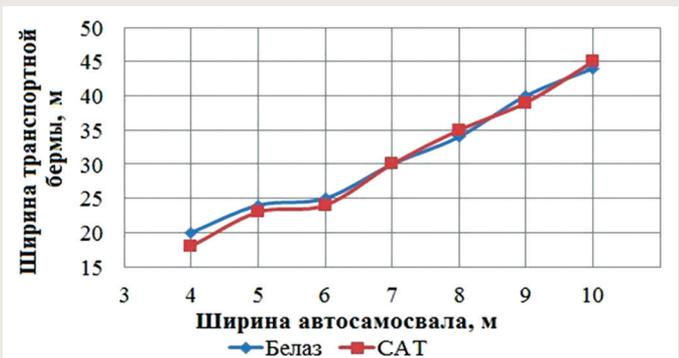


Рис. 5. Зависимость ширины транспортной бермы от ширины карьерного автосамосвала.

Сурет 5. Көлік бермасы енінің карьерлік самосвалдың еніне тәуелділігі.

Figure 5. Dependence of the width of the transport berm on the width of the quarry dump truck.

⁷Мельников К.Н. и др. Открытые горные работы. / Справочник. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

для размещения на берме оборудования для погрузки и перевозки упавших кусков породы.

Исследованиями установлено, что такой фактор, как габаритные размеры автосамосвала, учитывается слабо, но именно он определяет ширину транспортной бермы, которая, в свою очередь, оказывает влияние на конструкцию борта глубокого карьера и, соответственно, на объемы извлекаемой горной массы² [3].

В условиях карьера Мурунтау для транспортировки горной массы используются карьерные автосамосвалы БЕЛАЗ-75131 грузоподъемностью 136 т, БЕЛАЗ-75307 грузоподъемностью 220 т, БЕЛАЗ-75303 грузоподъемностью 200 т, САТ-785В грузоподъемностью 170 т [6]. В исследованиях рассмотрен автосамосвал БЕЛАЗ-75303 грузоподъемностью 200 т, так как расчет расстояния транспортирования горной массы из карьера до поверхности выполняется с учетом уклона автодорог и количества пологих участков, а также автосамосвал САТ-785В.

Заключение

Таким образом, по результатам исследований установлено, что объемы горных работ складываются из двух взаимосвязанных частей – объемов, обеспечивающих текущую добычу для безусловного выполнения установленного выпуска золота и своевременной подготовки участков добычных работ на последующие

периоды отработки. Также установлено, что чем больше типоразмер автосамосвала, тем больше ширина транспортных берм и меньше угол откоса, что приводит к увеличению объема карьера.

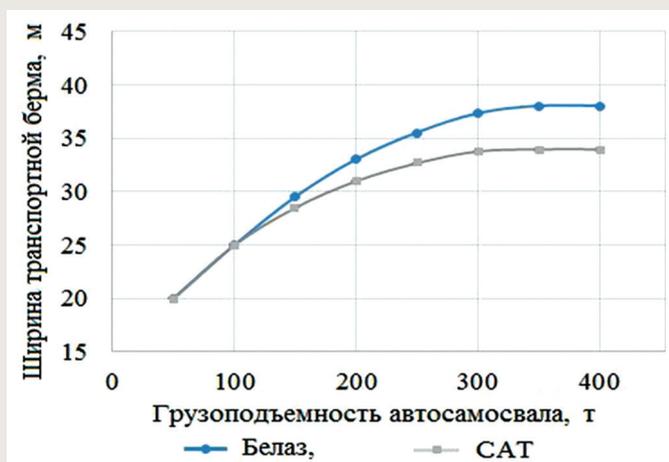


Рис. 6. Зависимость ширины транспортной бермы от грузоподъемности автосамосвала.

Сурет 6. Көлік бермасы енінің автосамосвалдың жүк көтергіштігіне тәуелділігі.

Figure 6. Dependence of the width of the transport berm on the load capacity of the dump truck.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Журавлев А.Г., Буднев А.Б. Влияние типоразмера автосамосвала на разнос бортов карьера. // Проблемы недропользования. – 2018. – №2. – С.20-29. (на русском языке)
2. Лель Ю.И., Глебов И.А., Буднев А.Б. Исследование параметров вскрытия глубоких кимберлитовых карьеров крутонаклонными съездами. // Проблемы недропользования. – 2019 – №3. – С.61-70. (на русском языке)
3. Бурмистров К.В. и др. Влияние ширины транспортной бермы на технико-экономические показатели карьера. // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2014. – №5. – С. 42-45. (на русском языке)
4. Равшанов А.Ф., Силкин А.А., Селезнев А.В. Обоснование парка горнотранспортного оборудования в переходный период развития карьера Мурунтау-Мютенбай от IV к V очереди. // Горный журнал. – 2018. – №9. – С. 90-96. (на русском языке)
5. Ларин О.В, Вуейкова О.Н. Оценка влияния горнотехнических факторов на эксплуатационные параметры карьерных автосамосвалов. // Транспорт, наука, техника, управление. – 2011. – №7. – С. 34-36. (на русском языке)
6. Кустов А.М., Шеметов П.А. Особенности эксплуатации автомобильного транспорта в Глубоком карьере Мурунтау. // Горный вестник Узбекистана. – 2020. – №4. – С. 34-35. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Журавлев А.Г. Буднев А.Б. Автосамосвалдың типтік өлшемдерінің карьердің ернеулеріне әсері. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. – 2018. – №2. – Б. 20-29. (орыс тілінде)
2. Лель Ю.И. Глебов И.А., Буднев А.Б. Тік көлбеу пандустармен терең кимберлит карьерлерің ашу параметрлерін зерттеу. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. – 2019. – №3. – Б. 61-70. (орыс тілінде)
3. Бурмистров К.В. және т.б. Көлік бермасы енінің карьердің техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне әсері. // Ресейдің көлік кешенінің қазіргі мәселелері. – 2014. – №5. – Б. 42-45. (орыс тілінде)

4. *Равшанов А.Ф., Силкин А.А., Селезнев А.В. Мурунтау-Мютенбай карьерін дамытудың өтпелі кезеңіндегі тау-кен көлігі жабдықтары паркін IV-ден V кезекке негіздеу. Тау-кен журналы. – 2018. – №9. – Б. 90-96. (орыс тілінде)*
5. *Ларин О.В., Вуейкова О.Н. Карьерлік автосамосвалдардың пайдалану параметрлеріне тау-кен техникалық факторлардың әсерін бағалау. // Көлік, ғылым, техника, басқару. – 2011. – №7. – Б. 34-36. (орыс тілінде)*
6. *Кустов А.М., Шеметов П.А. Мурунтаудың терең карьерінде автомобиль көлігін пайдалану ерекшеліктері. // Өзбекстанның таулы хабаршысы. – 2020. – №4. – Б. 34-35. (орыс тілінде)*

REFERENCE

1. *Zhuravlev A.G., Budnev A.B. The Influence of the dump truck size on the spacing of the sides of the quarry. // Problems of subsurface use. – 2018. – №2. – P. 20-29. (in Russian)*
2. *Lel Yu.I., Glebov I.A., Budnev A.B. Investigation of parameters of opening of deep kimberlite quarries by steeply inclined ramps.// Problems of subsurface use. – 2019. – №3. – P. 61-70. (in Russian)*
3. *Burmistrov K.V. et al. Influence of the width of the transport berm on the technical and economic indicators of the quarry. // Modern problems of the transport complex of Russia. – 2014. – №5. – P. 42-45. (in Russian)*
4. *Ravshanov A.F., Silkin A.A., Seleznev A.V. Substantiation of the mining transport equipment Park in the transition period of development of the Muruntau-Mutenbai quarry from the IV to the V stage. // Mining journal. – 2018. – №9. – P. 90-96. (in Russian)*
5. *Larin O. V., Vujeikova O. N. Assessment of the impact of mining factors on the operational parameters of dump trucks. // Transport, science, technology, management. – 2011. – №7. – P. 34-36. (in Russian)*
6. *Kustov A.M., Shemetov P.A. Features of automobile transport operation in the deep Muruntau quarry. // Mining Bulletin of Uzbekistan. – 2020. – №4. – P. 34-35. (in Russian)*

Сведения об авторах:

Уринов Ш.Р., канд. техн. наук, доцент, начальник отдела международного сотрудничества Навоийского государственного горного института (г. Ташкент, Узбекистан), karimov20-13@mail.ru

Саидова Л.Ш., докторант Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан), lola.saidova2018@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Уринов Ш.Р., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Науаи мемлекеттік тау-кен институтының Халықаралық ынтымақтастық бөлімінің бастығы (Ташкент қ., Өзбекстан), karimov20-13@mail.ru

Саидова Л.Ш., Өзбекстан Республикасы Ғылым Академиясының Науаи бөлімшесінің докторанты (Ташкент қ., Өзбекстан), lola.saidova2018@mail.ru

Information about authors:

Urinov Sh.R., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of International Cooperation Department of Navoi State Mining Institute (Tashkent, Uzbekistan), karimov20-13@mail.ru

Saidova L.S., Doctoral Student of Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), lola.saidova2018@mail.ru

Код МРНТИ 52.13.00:52.13.25

С.А. Съедина, Н.О. Бердинова, А.А. Алтаева, Г.Б. Абдыкаримова

Институт горного дела им. Д.А. Кунаева – филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан)

СОЗДАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ОБОСНОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

Аннотация. В статье предложено использование современной научной методологии при построении геомеханической модели при открытом способе разработки. Создание трехмерной геомеханической модели массива включает в себя геологическую и структурную составляющие, описывающие литологию, нарушенность массива тектоническими разломами, трещинами. В нее включается породная модель, представляющая распределение прочностных свойств пород и их изменений, а также гидрогеологическая модель, описывающая распределения порового давления подземных вод. Созданные модели позволяют в полной мере оценить состояние прибортового массива горных пород глубоких карьеров и рекомендовать устойчивые параметры их бортов, что обеспечивает безопасность отработки и полноту извлечения полезных ископаемых из недр.

Ключевые слова: геомеханическая модель, массив, этапы создания, инженерно-геологическая модель, качество массива, устойчивость.

Терең карьерлердің борттары мен кертпештерінің орнықтылығын негіздеу кезінде кен орнының геомеханикалық моделін құру

Аңдатпа. Мақалада ашық әдіспен геомеханикалық моделін құру кезінде заманауи ғылыми әдіснаманы қолдану ұсынылады. Массивтің үш өлшемді геомеханикалық моделін құру литологияны сипаттайтын геологиялық және құрылымдық құрамдардан, тектоникалық ақаулық әсерінен массивтің бұзылуын, жарықтарды қамтиды. Оған жыныстардың беріктік қасиеттері мен олардың өзгерістерінің таралуын білдіретін тау жынысы моделі, сондай-ақ жер асты суларының кеуек қысымының таралуын сипаттайтын гидрогеологиялық модель кіреді. Геомеханикалық моделін негізінде шекті тепе-теңдік және сандық модельдеу әдістерімен еңістердің орнықтылығына кинематикалық талдау жүргізіледі. Жасалған модельдер терең карьерлердің тау жыныстарының борт маңы массивінің жағдайын толық көлемде бағалауға және олардың борттарының тұрақты параметрлерін ұсынуға мүмкіндік береді, бұл жер қойнауынан пайдалы қазбаларды өндіру қауіпсіздігі мен толық алуды қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: геомеханикалық модель, массив, құру кезеңдері, инженерлік-геологиялық модель, массив сапасы, тұрақтылық.

Creation of a geomechanical model of a deposit justifying stability of deep pit boards and benches

Abstract. The article proposes the use of the modern scientific methodology in the construction of geomechanical model in the open-cast method of development. The development of a three-dimensional geomechanical model of the massif includes geological and structural components describing the lithology, disturbance of the massif by tectonic faults, joints. It also includes a rock model representing the distribution of the strength properties of rocks and their changes, as well as a hydrogeological model describing the distribution of pore pressure of groundwater. Kinematic analysis of the stability of slopes is carried out by the methods of limiting equilibrium and numerical modeling on the basis of the geomechanical model. The created models allow us to fully assess the state of the near-rock massif of deep open pits and to recommend stable parameters of their sides, which ensures the safety of mining and the completeness of minerals extraction from the depths.

Key words: geomechanical model, mass, stages of creation, engineering-geological model, mass quality, stability, modeling, open-pit, lithology, structural structure.

Введение

Для эффективного и безопасно функционирования горнорудных предприятий необходима достоверная, оперативная и максимально полная информация о недрах. Достижение этой цели возможно путем создания блочной геомеханической модели месторождения. При проектировании бортов карьеров такая практика стала международным стандартом¹.

С развитием открытой добычи в эксплуатацию вводятся месторождения с усложняющимися горно-геологическими условиями, что приводит к необходимости решать новые, все более трудные задачи при оценке устойчивости бортов карьеров [1]. Очевидна острая необходимость разработки и применения современных подходов к оптимизации конструкций бортов карьеров. На сегодняшний

день различные задачи геомеханики решаются на основе применения информационных технологий и компьютерного моделирования геомеханических процессов на различных стадиях освоения месторождений.

В последние годы при проектировании горных работ крупные отечественные недропользователи все чаще пользуются услугами международных горно-геологических консалтинговых компаний, которые работают согласно международным требованиям и стандартам. Международные методики и методы проектирования откосов постоянно совершенствуются, вбирая в себя последние технологические и научные достижения. Как отмечалось ранее, нормативные документы Республики Казахстан в области обоснования устойчивости откосов бортов

карьеров на сегодняшний день расходятся с мировой практикой проектирования и эксплуатации месторождений открытым способом и по отдельным аспектам явно устарели и требуют пересмотра и дополнения. Современные методы подразумевают создание трехмерной геомеханической модели (ГМ) массива, включающей модели геологического и структурного строения, описывающие нарушенность массива складками, тектоническими разломами, трещинами. В нее же включаются распределения прочностных свойств пород, их изменений, а также гидрогеологическая модель распределения порового давления подземных вод. На основе ГМ ведется кинематический анализ устойчивости откосов методами предельного равновесия и численного моделирования^{1,2}.

¹Read J., Stacey P. Guidelines for open pit slope design. – Australia: CSIRO, 2009. – 496 p.

²Рыбин В.В. Развитие теории геомеханического обоснования рациональных конструкций бортов карьеров в скальных тектонически напряженных породах. / Автореф. дисс... д-ра техн. наук. – Алматы: Горный институт КНЦ РАН, 2016. – 41 с.

Методы исследования

В период 2015-2019 гг. ИГД им. Д.А. Кунаева для объектов АО «ССПО» выполнены работы по комплексной геомеханической оценке устойчивости и определению оптимальных параметров бортов карьеров (Сарбайского, Южно-Сарбайского, Качарского, Куржункульского). Методы исследований включали в себя работы по сбору исходных данных с бурением геотехнических скважин, лабораторному определению физико-механических свойств вмещающих пород массива, оценке структурных предпосылок обрушения (кинематический анализ, построение структурной модели), расчету устойчивости бортов карьера методом предельного равновесия (с использованием зарубежного и собственного ПО), численному моделированию напряженно-деформированного состояния массива методом конечных элементов в программном комплексе MIDAS GTS NX, разработке рекомендаций по устойчивым параметрам бортов и уступов карьера по результатам комплексных исследований.

Практический опыт работ по оценке геотехнических условий для будущих разностей и проектов конечного контура карьеров показал, что крайне важно понимать особенности создания ГМ для осуществления дальнейшей работы по оценке поведения массива горных пород. Корректная работа геомеханической модели обеспечивается своевременным внесением изменений и корректировок, отражающих настоящее состояние горного массива месторождения. Полученные геомеханические данные должны давать возможность использовать основные методы классификации породного массива и оценку его прочности.

Создание геомеханической модели месторождения

Для эффективного и безопасного функционирования горнорудных предприятий необходима достоверная, оперативная и максимально полная информация о недрах. Достижение этой цели возможно путем создания блочной геомеханической модели месторождения. Геомеханическая модель, состоящая из четырех

основных компонентов (геологической, структурной, гидрогеологической моделей и модели породного массива), является основой безопасной работы горных предприятий. Создание геомеханической модели включает в себя несколько этапов.

Построение инженерно-геологической модели массива пород. Начальной стадией создания ГМ является построение инженерно-геологической модели массива пород, в котором проводятся горные работы (рис. 1). Инженерно-геологическая модель (каркасная геолого-структурная модель) представляет собой комплекс систематизированных сведений о свойствах, структурных особенностях и естественном напряженном состоянии массива пород еще до проведения каких-либо горных работ, созданный путем сведения воедино всей имеющейся информации (база данных геологического описания ядра разведочных скважин, геологические планы и разрезы, топоповерхность), полученной на различных этапах изучения и разработки месторождения [2, 3].

Исходной информацией для построения инженерно-геологической модели являются:

- физико-механические характеристики выделенных литологических разностей;
- физико-механические характеристики и параметры залегания структурных неоднородностей;
- начальное напряженное состояние ненарушенного массива;
- данные гидрогеологических исследований.

Указанные свойства и параметры могут быть получены традиционными методами инженерно-геологического исследования массивов горных пород (отбор представительных проб горных пород; лабораторные определения физико-механических свойств; картирование структурных неоднородностей с выделением систем и порядков неоднородностей; определение физико-механических характеристик структурных неоднородностей). Большая роль отводится детальным натурным исследованиям трещиноватости и других структурных неоднородностей

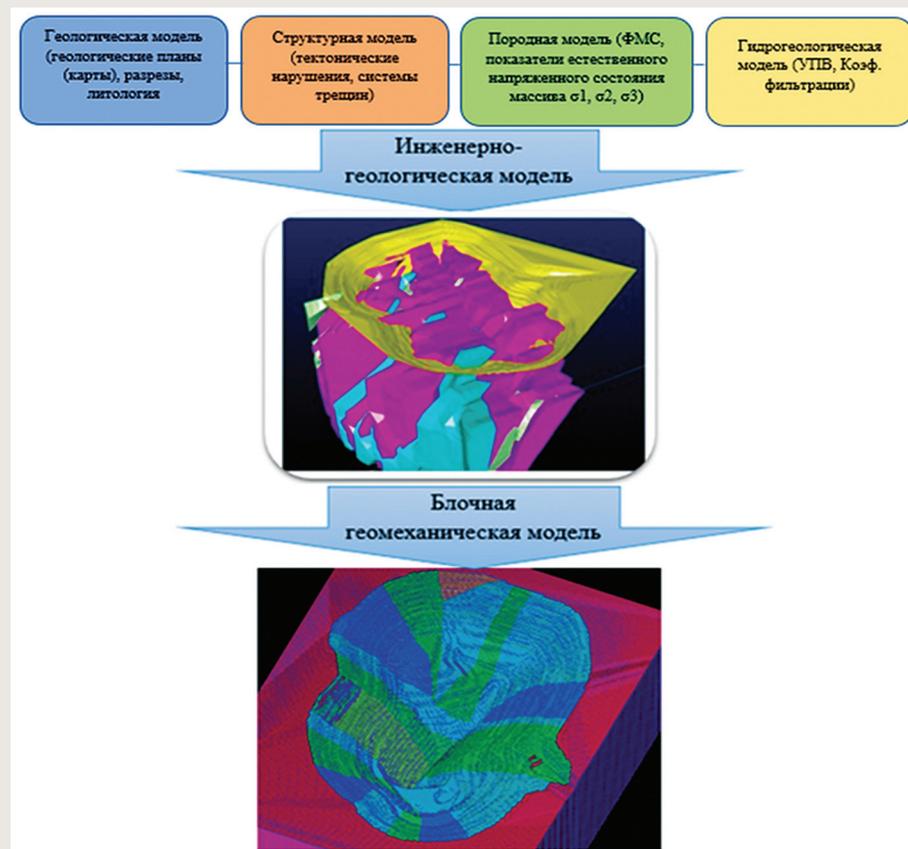


Рис. 1. Этапы создания геомеханической модели.
Сурет 1. Геомеханикалық модельді құру кезеңдері.
Figure 1. Stages of creating a geomechanical model.

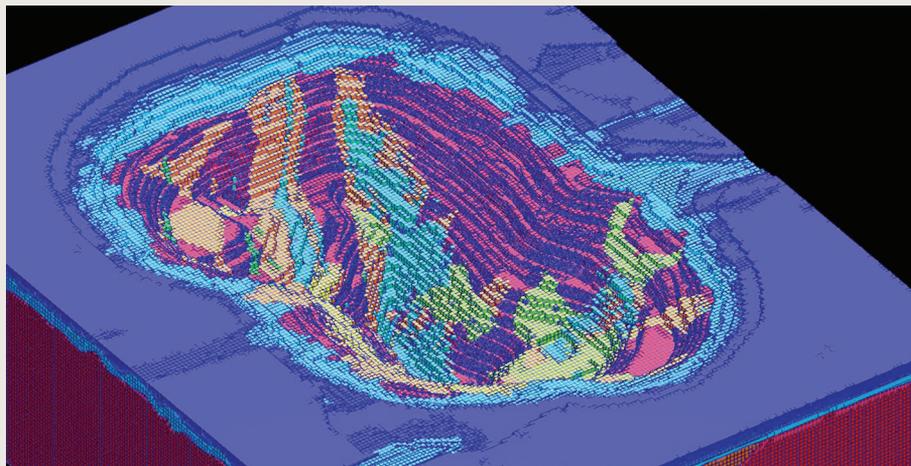


Рис. 2. Фрагмент блочной геомеханической модели Сарбайского месторождения.

**Сурет 2. Сарбай кен орнының блогтық ГМ фрагментті.
Figure 2. Fragment of the block GM of the Sarbay area.**

массива пород непосредственно в уступах карьера, а также обследованию керна инженерно-геологических и других типов скважин. С целью обеспечения максимальной информативности используется методика многопараметрической документации и анализа керна³. Завершающим блоком технологического комплекса работ по получению исходных данных для моделирования с оценкой устойчивости бортов карьеров являются геомеханические исследования. Непосредственно в карьере проводятся инструментальные измерения действующих в массиве пород напряжений методом разгрузки.

Создание каждой компоненты геомеханической модели (структурной, геологической, породной и гидрогеологической) требует предварительной подготовки данных. Для наполнения геомеханической модели рудника характеристиками прочностных и структурных особенностей массива горных пород необходимо предварительно выполнить компьютерную подготовку данных геотехнического документирования керна скважин, которые были сохранены в виде электронных таблиц³ в формате MS Excel.

Качественное отличие инженерно-геологической модели от всех исходных материалов заключается в одновременном комплексном

анализе геологических условий, физико-механических свойств пород и начального напряженного состояния массива. На основе построенной инженерно-геологической модели разрабатывается инженерно-геологическая классификация пород и выполняется первичное инженерно-геологическое районирование массива пород.

Оценка качества массива. Собранные структурные данные используются для расчета рейтинга качества массива MRMR по Лобшеру [4], т. к. данная система наиболее универсальна и берет в расчет наибольшее количество индивидуальных параметров массива горных пород. Анализ собранных данных геомеханического документирования керна с использованием классификации MRMR позволит получить единый показатель, отражающий прочностные характеристики данного массива.

Показатель нарушенности массива трещинами RQD используют во всех рейтингах качества массива и многих современных методиках расчетов. Он характеризует только интенсивность нарушенности массива без определения ориентировок трещин.

Выявление систем трещин Set и определение элементов их залегания выполняются инструментами структурного картирования и статистического анализа структур скважин с применением программы Dips.

Класс пород по Д. Лобширу и угол откоса уступа борта карьера (Slope Angle) оцениваются в соответствии с системой MRMR по данным документирования керна.

Создание 3D блочной геомеханической модели (визуализация показателей качества массива в трехмерном пространстве). На этом этапе выполняется перевод графической документации в цифровую (рис. 2). Разработка 3D блочной геомеханической модели осуществляется с использованием современных горно-геологических информационных систем (Datamine – CAE Mining, Surpac, Gemcom, Minescape, Micromine, Mineframe, Geomix, K-Mine и других). В пустую блочную модель в пределах каждого домена интерполируются все имеющиеся геомеханические параметры. Итоговым продуктом комплексных геотехнических исследований станет блочная ГМ, содержащая в себе данные, необходимые для геотехнических расчетов и численного моделирования (рис. 2) [5].

Районирование карьерного поля по категориям устойчивости. Геомеханические зоны выделяются путем оценки распределения полученных показателей, а также данных структурной документации.

Заключение

Предлагаемый научно-методический подход обоснования устойчивости бортов и уступов карьеров на базе построения геомеханической модели месторождения базируется на международных стандартах и позволяет наиболее достоверно оценивать свойства и состояние массива пород в пределах существующей или проектируемой карьерной выемки, корректировать их (свойства и состояние массива пород) в процессе освоения месторождения и на этой основе рекомендовать производству параметры открытой системы разработки, адекватные существующим природно-техногенным условиям [6, 7]. Для казахстанских научных институтов и предприятий создание и применение геомеханических моделей пока является новым

³Отчет о научно-исследовательской работе «Управление горным массивом для обеспечения безопасной отработки месторождения на основе комплексной геомеханической модели». / Договор на грантовое финансирование №65 от 15.05.20. AP08053358. – 2020. – Этап 1.

направлением. В условиях постоянного усложнения горно-геологических условий и увеличения глубины карьеров при геомеханическом

обосновании устойчивых параметров их бортов и уступов необходимо использовать современные международные подходы и технологии

обеспечения устойчивости откосов, адаптировать их к казахстанским условиям для повышения эффективности горных работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цирель С.В., Павлович А.А. Проблемы и пути развития геомеханического обоснования параметров бортов карьеров. // Горный журнал. – 2017. – № 7. – С. 39-45. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.07. (на русском языке)
2. Козырев А.А., Рыбин В.В., Жиров Д.В., Билин А.Л., Виноградов А.Н., Каспарьян Э.В., Виноградов Ю.А., Семенова И.Э., Жирова А.М. Методические основы технологии эффективного и безопасного освоения глубоких горизонтов месторождений полезных ископаемых открытым способом. // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12. – №4. – С. 644-653. (на русском языке)
3. Бирючев И.В., Макаров А.Б., Усов А.А. Геомеханическая модель рудника: Часть 1. Создание. // Горный журнал, 2020. – №1. – С. 42-48. (на русском языке)
4. Laubscher D.H. Геомеханическая классификационная система для оценки горной массы при проектировании шахт. // Журнал Южно-Африканского института горного дела и металлургии. – 1990. – Вып. 90(10). – С. 257-273. (на английском языке)
5. Съедина С.А., Балтиева А.А., Шамганова Л.С. Разработка 3D геомеханических моделей для подземных рудников и карьеров. // Проблемы недропользования. – 2018. – №1. – С. 60-65. ISSN 2313-1586. (на русском языке)
6. Shatganova L.S., Sedina S.A., Verdinova N.O. Создание геомеханической модели глубокого карьера. // 18-я Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM. – Болгария, 2018. – Т. 18. – Шығ. 1.3. – С. 223-229. ISBN 978-619-7408-37-9. (на английском языке)
7. Козырев А.А., Рыбин В.В., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Фокин В.А., Жиров Д.В., Билин А.Л., Шпаченко А.К. Общая методология оптимизации конструкций бортов карьеров в массивах, скальных тектонически-напряженных пород. – 2006. – С. 161-171. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Цирель С.В., Павлович А.А. Карьерлер ернеулері параметрлерінің геомеханикалық негіздемесін дамыту мәселелері мен жолдары. // Тау-кен журналы. – 2017. – № 7. – С. 39-45. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.07 (орыс тілінде)
2. Козырев А.А., Рыбин В.В., Жиров Д.В., Билин А.Л., Виноградов А.Н., Каспарьян Э.В., Виноградов Ю.А., Семенова И.Э., Жирова А.М. Ашық әдіспен пайдалы қазбалар кен орындарының терең қабаттарын тиімді және қауіпсіз игеру технологиясының әдістемелік негіздері. // ММТУ хабаршысы. 2009. – Т. 12. – №4. – Б. 644-653. (орыс тілінде).
3. Бирючев И.В., Макаров А.Б., Усов А.А. Кеніштің геомеханикалық моделі. I бөлім. Құру. // Тау-кен журналы. – 2020. – №1. – Б. 42-48. (орыс тілінде).
4. Laubscher D.H. Шахталарды жобалау кезінде тау-кен массасын бағалауға арналған геомеханикалық жіктеу жүйесі. // Оңтүстік Африка Тау-кен ісі және металлургия институтының журналы. – 1990. – Шығ. 90(10). – Б. 257-273. (ағылшын тілінде).
5. Съедина С.А., Балтиева А.А., Шамганова Л.С. Жер асты кеніштері мен карьерлерге арналған 3D геомеханикалық модельдерді әзірлеу. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. – 2018. – №1. – Б. 60-65. ISSN 2313-1586. (орыс тілінде)
6. Shatganova L.S., Sedina S.A., Verdinova N.O. Терең карьердің геомеханикалық моделін құру. // 18-ші SGEM Халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференция. – Болгария, 2018. – Т. 18. – Шығ. 1.3. – Б. 223-229. ISBN 978-619-7408-37-9. (ағылшын тілінде).
7. Козырев А.А., Рыбин В.В., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Фокин В.А., Жиров Д.В., Билин А.Л., Шпаченко А.К. Массивтердегі, жартасты тектоникалық-кернеулі жыныстардағы карьерлердің конструкцияларын оңтайландырудың жалпы әдістемесі. – 2006. – Б. 161-171. (орыс тілінде).

REFERENCE

1. Tsirel S.V., Pavlovich A.A. Problems and ways of development of geomechanical substantiation of the parameters of the sides of open pits. // Mining Journal. – 2017. – № 7. – P. 39-45. DOI: 10.17580 / gzh.2017.07.07 (in Russian)

2. *Kozyrev A.A., Rybin V.V., Zhirov D.V., Bilin A.L., Vinogradov A.N., Kasparyan E.V., Vinogradov Yu.A., Semenova I.E., Zhirova A.M. Methodological foundations of technology for effective and safe development of deep horizons of mineral deposits by open cut. // MSTU Bulletin. – 2009. – Vol. 12. – №4. – P. 644-653. (in Russian)*
3. *Biryuchev I.V., Makarov A.B., Usov A.A. Geomechanical model of the mine. Part 1. Creation. // Mining Journal. – №1. – P. 42-48. (in Russian)*
4. *Laubscher D.H. A geomechanics classification system for the rating of rock mass in mine design. // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 1990. – Шығ. 90(10). – P. 257-273. (in English)*
5. *Syedina S.A., Baltieva A.A., Shamganova L.S. Development of 3D geomechanical models for underground mines and open pits. // Subsoil use problems. – 2018. – №1. – P. 60-65. (in Russian)*
6. *Shamganova L.S., Sedina S.A., Berdinova N.O. Creation the geomechanical model for deep open-pit. // 18th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM. – Bulgaria, 2018. – Vol. 18. – Issue 1.3. – P. 223-229. ISBN 978-619-7408-37-9. (in English)*
7. *Kozyrev A.A., Rybin V.V., Reshetnyak S.P., Kasparyan E.V., Fokin V.A., Zhirov D.V., Bilin A.L., Shpachenko A.K. General methodology optimization of the designs of quarry walls in massifs, tectonically stressed rocks. – 2006. – P. 161-171. (in Russian)*

Сведения об авторах:

Сьедина С.А., PhD, научный сотрудник лаборатории «Управление геомеханическими процессами» Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), ssa2704@mail.ru

Бердинова Н.О., научный сотрудник лаборатории горного давления Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), bno0204@mail.ru

Алтаева А.А., младший научный сотрудник лаборатории горного давления Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), a.aselya_92@mail.ru

Абдыкаримова Г.Б., младший научный сотрудник лаборатории горного давления Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), abdykarimovagulnur@gmail.com

Авторлар туралы мәліметтер:

Сьедина С.А., PhD, Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істер институтының – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» «Геомеханикалық процестерді басқару» зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), ssa2704@mail.ru

Бердинова Н.О., Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істер институтының – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» «Тау қысымы» зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), bno0204@mail.ru

Алтаева А.А., Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істер институтының – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» «Тау қысымы» зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), a.aselya_92@mail.ru

Абдыкаримова Г.Б., Д.А. Қонаев атындағы тау-кен істер институтының – Республикалық мемлекеттік мекемесінің филиалы «Минералды шикізатты кешенді қайта өңдеу Қазақстан Республикалық ұлттық орталығы» «Тау қысымы» зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), abdykarimovagulnur@gmail.com

Information about the authors:

S'edina S.A., PhD, Research Assistant at the Laboratory «Control of Geomechanical Processes» of the Institute of Mining after D.A. Kunayev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), ssa2704@mail.ru

Berdinova N.O., Research Assistant at the Rock Pressure Laboratory of the Institute of Mining after D.A. Kunayev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), bno0204@mail.ru

Altayeva A.A., Junior Research Assistant at the Rock Pressure Laboratory of the Institute of Mining after D.A. Kunayev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), a.aselya_92@mail.ru

Abdykarimova G.B., Junior Research Assistant at the Rock Pressure Laboratory of the Institute of Mining after D.A. Kunayev – Branch of the Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), abdykarimovagulnur@gmail.com

Статья публикуется в рамках грантового финансирования по проекту №AP08053358 «Управление горным массивом для обеспечения безопасной отработки месторождения на основе комплексной геомеханической модели».

Светлой памяти моего учителя и наставника в науке посвящается

Код МРНТИ 52.01.09:52.01.79

А.А. Лисенков

Институт горного дела им. Д.А. Кунаева – филиал Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан)

ПРОФЕССОР САМЕН ВИКТОРОВИЧ ЦОЙ И ЕГО НАУЧНАЯ ШКОЛА

Аннотация. Дан краткий очерк истории зарождения, становления и развития научной школы профессора Цоя Самена Викторовича – крупного ученого, внесшего большой вклад в теорию и практику применения кибернетических методов при разработке горных проектов и планов добычи полезных ископаемых, математического моделирования процессов горного производства, создания систем автоматизированного проектирования угольных шахт и подземных рудников, подготовку научных и инженерных кадров для горной промышленности. Освещаются наиболее важные этапы и достижения этой школы при переходе от докомпьютерного к компьютерному периоду мирового развития. Для всех, кто интересуется историей возникновения и развития кибернетических методов исследований в составе горных наук в Казахстане.

Ключевые слова: горные науки и производство, научная школа, математика, кибернетика, моделирование, проектирование, управление, системы, автоматизация, кадры.

Профессор Самен Викторович Цой және оның ғылыми мектебі

Аңдатпа. Профессор Цой Самен Викторовичтің ғылыми мектебінің пайда болуы, қалыптасуы мен дамуы, тау – кен жобалары мен пайдалы қазбаларды өндіру жоспарларын жасауда кибернетикалық әдістерді қолдану теориясы мен практикасына, тау-кен өндірісі процестерін математикалық модельдеуге, көмір шахталары мен жер асты кеніштерін автоматтандырылған жобалау жүйесін құруға, тау-кен өндірісі үшін ғылыми және инженерлік кадрларды даярлауға үлкен үлес қосқан ірі ғалым. Бұл мектептің компьютерге дейінгі кезеңнен дүниежүзілік дамудың компьютерлік кезеңіне өту кезеңіндегі маңызды кезеңдері мен жетістіктері көрсетілген. Қазақстандағы тау-кен ғылымдары құрамындағы кибернетикалық зерттеу әдістерінің пайда болуы мен даму тарихына қызығушылық танытқан.

Түйінді сөздер: тау-кен ғылымдары және өндіріс, ғылыми мектеп, математика, кибернетика, модельдеу, жобалау, басқару, жүйелер, автоматтандыру, кадрлар.

Professor Samen Viktorovich Tsoi and his scientific school

Abstract. A short essay is given on the history of the origin, formation and development of the scientific school of Professor Tsoi Samen Viktorovich, a prominent scientist who made a great contribution to the theory and practice of applying cybernetic methods in the development of mining projects and mining plans, mathematical modeling of mining processes, creation of automated systems design of coal mines and underground mines, training of scientific and engineering personnel for the mining industry. The most important stages and achievements of this school during the transition from the pre-computer to the computer period of the development of world development are highlighted. For everyone who is interested in the history of the emergence and development of cybernetic research methods as part of mining sciences in Kazakhstan.

Key words: mining sciences and production, scientific school, mathematics, cybernetics, modeling, design, management, systems, automation, personnel.

Самен Викторович Цой – ученый, внесший весомый вклад в развитие горной науки и производства, подготовку инженерных кадров, воспитание обширной плеяды своих учеников – кандидатов и докторов наук, которым выпало счастье работать вместе с ним над сложными проблемами обоснования оптимальных параметров проектов рудников и шахт, технологий добычи полезных ископаемых, календарных планов и процессов горного производства с применением самых передовых достижений научно-технического прогресса.

За время своей многолетней и многогранной научной деятельности С.В. Цой выполнил обширный комплекс фундаментальных и прикладных научных исследований в таких областях горной науки, как проветривание горных выработок, технология добычи и переработки минерального сырья, физическое, математическое и экономико-математическое моделирование и оптимизация параметров и процессов горного производства, создание систем автоматизированного проектирования и управления угольными шахтами и рудниками, оптимальное планирование и управление производственными процессами и других.

Давно известно, что «математика – царица наук» (Карл Гаусс) и что «математика – это язык, на котором написана природа» (Галилео Галилей). Казалось бы, где, как не в древнем, как мир, горном деле, представляющем жизненно важную отрасль материального производства, неразрывно связанную с природой, нужно учиться

разговаривать на языке математики? Но, как ни странно, не все понимали важность и необходимость такого разговора, что привело к негативным последствиям для развития в Казахстане перспективного научного направления и, как следствие, к нереализованным возможностям, связанным с повышением безопасности, эффективности и экологичности горного производства в стране.

Научная школа профессора С.В. Цоя зародилась в 50–60-е годы XX века. Ее миссия заключалась в развитии научных основ оптимального проектирования и управления сложными горнотехническими системами, параметрами и процессами горного производства на этапе перехода от традиционных, ручных к более совершенным автоматизированным методам и техническим средствам обоснования принимаемых решений. Объективные предпосылки к появлению этой школы были тесно связаны с появлением аналоговых и электронных цифровых



**Самен Викторович Цой
(10.11.1921–25.07.2020)**

вычислительных машин и их быстрым распространением во все сферы человеческой деятельности.

Не могла оставаться в стороне от этих процессов и чрезвычайно сложная, многогранная горная наука, которая в процессе своего развития превратилась в целое древо горных наук, а также не менее сложное, дорогостоящее, опасное для людей и окружающей среды горное производство. Говоря языком компьютерщиков, «железу», пришедшему в науку, проектную сферу и на производство, нужен был соответствующий «софт». И этот вызов, своего рода заказ со стороны практики, был принят наукой к разработке, чтобы дать на него исчерпывающий ответ.

Для создания качественного, востребованного практики «софта» прежде всего нужно было научиться моделировать (переводить на язык математики) процессы и явления, происходящие в реальной действительности. Поэтому приходилось разрабатывать все более и более совершенные и сложные модели (физические, информационно-аналитические, математические, экономико-математические и другие) – мощный инструментальный, предназначенный для проведения научных исследований, выполнения разного рода экспериментов и расчетов при обосновании решений, принимаемых на практике. Но даже самые совершенные модели не могли бы «работать» и приносить реальный эффект от их применения без специальных методов, алгоритмов и программ их реализации при решении поставленных задач.

Таким образом, результаты абстрактных, на первый взгляд, математических исследований и разработок ученых оказались востребованы в самых разных сферах деятельности, включая базовую для Казахстана горнодобывающую отрасль экономики. Поэтому не удивительно, что первые попытки создания специализированного «софта» в нашей республике были сделаны именно в этой отрасли, причем для такого жизненно важного для горняков процесса, как проветривание горных выработок.

Так уж сложилось, что с изучения именно этого процесса начал делать свои первые шаги в науке Самен Викторович Цой. А до этого была учеба в суровые годы Великой Отечественной войны в Карагандинском горном техникуме, который он окончил в 1942 г., освоение престижной специальности «горный инженер» и защита дипломного проекта в Казахском горно-металлургическом институте в 1948 г., работа в угольной шахте, в должности главного инженера треста угольной промышленности Хакасской автономной области РСФСР, преподавание в своем первом «университете» – Карагандинском горном техникуме, подготовка к профессиональной научной деятельности в очной аспирантуре Института горного дела Академии наук КазССР.

Первая статья С.В. Цоя [1] была опубликована в 1953 г. в общесоюзном отраслевом журнале угольной промышленности. В самом названии этой статьи уже проявился напористый характер молодого ученого, смело вступающего в научную полемику. Затем последовали многолетние глубокие исследования процессов движения воздуха в горных выработках, подготовка и защита кандидатской диссертации на тему «Исследование работы воздушных завес при распределении

воздуха по горным выработкам» (1958) и докторской диссертации «Исследование шахтных вентиляционных сетей и управление их параметрами» (1966). Благодаря настойчивости, трудолюбию, неиссякаемому стремлению к новому, С.В. Цой стал признанным лидером в этой области исследований, опубликовал большое количество статей, монографий, учебников по разным вопросам теории и практики физического и математического моделирования процессов проветривания угольных шахт и рудников, методам расчета сложных вентиляционных сетей, обоснования оптимальных режимов совместной работы шахтных вентиляторов, создания электро-моделирующих приборов и устройств, регулирующих движение воздуха в шахтных сетях, математической обработки данных депрессионной съемки в шахтах.

Постепенно вокруг Самена Викторовича начал формироваться коллектив его учеников и единомышленников, с которыми ему пришлось отстаивать в острых дискуссиях правоту своих взглядов на дальнейшее развитие горной науки и производства. По его инициативе в 1966 г. в Институте горного дела Академии наук КазССР была создана лаборатория оптимизации параметров и процессов, а спустя несколько лет – сектор кибернетики с численностью персонала около 70 человек. Именно здесь в 60-х и 70-х годах прошлого века начинали свой путь в науке будущие академики, доктора и кандидаты наук, трудом которых создавались и развивались научные основы оптимального управления процессами горного производства и автоматизированного проектирования рудников и угольных шахт.

Молодые горные (и не только горные) инженеры, окончившие технические вузы и успевшие поработать по направлению на производстве, стремились реализовать себя в науке – этой чрезвычайно интересной и крайне важной для народного хозяйства сфере деятельности. И, надо сказать, что уровень математической подготовки инженерных кадров в то время был настолько высоким, что они на равных успешно работали «бок о бок» с «чистыми» математиками, создавая общими усилиями физические, математические и экономико-математические модели сложных процессов горного производства.

Объединение в одном коллективе творчески мыслящих молодых инженеров и математиков позволило С.В. Цою взрастить целую плеяду ученых, внесших значительный вклад в решение проблем математизации, информатизации, цифровизации и автоматизации проектирования и управления горным производством. Это Е.И. Рогов, С.И. Петрович, Г.К. Рязанцев, В.Н. Горбенко, Г.П. Данилина, В.Я. Эйдензон, О.Н. Ниязов, А.Х. Цой, Е.Н. Куц, Е.И. Мастяева, А.И. Шерман и многие другие.

В 1969 г. сама судьба привела автора этих строк в этот замечательный коллектив, где царил дух настоящего творчества, новаторства, увлеченности научными идеями молодых людей, которых призвал под свои «знамена» Самен Викторович. Сам он находился в расцвете сил, был полон смелых замыслов, отдавал всего себя науке и требовал такого же отношения от своих учеников и подчиненных.

У нас тогда не было ни компьютеров, ни интернета, ни мобильных телефонов и приложений к ним, всего

того, без чего сегодня невозможно представить работу ученых и специалистов, аспирантов и студентов. Вся нужная информация черпалась из книг и журналов; статьи, диссертации и монографии писали вручную и затем перепечатывали на печатных машинках. Наша лаборатория размещалась вначале в здании Академии наук и нам было удобно работать в читальных залах Центральной научной библиотеки. Небольшое помещение, выделенное для лаборатории, явно не соответствовало штатной численности ее персонала, поэтому мы имели один стол на двоих. Но, по сравнению со всем остальным, это была такая мелочь, на которую можно было не обращать внимания, тем более, что позднее лаборатория переехала в новый многоэтажный комплекс, специально построенный для Института горного дела.

В тот период сложилась исключительно благоприятная обстановка для развития науки как в целом в стране, так и у нас в Казахстане. В системе государственного управления она занимала достойное, подобающее ей место, имела стабильное финансирование, квалифицированные кадры и получала все необходимое для работы. Уже не было тех политических и идеологических барьеров, которые препятствовали развитию «буржуазных лженаук», включая и кибернетику. Идеи одного из основоположников этой науки, выдающегося американского ученого-математика Норберта Винера завоевывали все больше и больше сторонников и последователей. Первое издание его знаменитой книги¹, которую совершенно справедливо назвали «книгой века», вышло в свет в 1948 г. И только спустя десятилетие (!), в основном по идеологическим причинам, она была переведена на русский язык и опубликована в Советском Союзе².

В 1959 г. был образован Научный совет по кибернетике при Президиуме АН СССР, в Академиях наук Азербайджана, Грузии, Украины, Узбекистана, Эстонии созданы Институты кибернетики, а в Академии наук Белорусской ССР – Институт технической кибернетики. Предполагалось, что совсем скоро такой же институт будет создан и в Академии наук Казахской ССР. Мы с нетерпением ждали этого важного события, которое могло открыть новые перспективы и возможности для развития исключительно важного научного направления. Однако этому не суждено было сбыться.

Более того, был расформирован Сектор кибернетики Института горного дела АН КазССР, а его сотрудники были вынуждены искать для себя другое место работы. Разумеется, это не лучшим образом сказалось на дальнейшем развитии этого научного направления в Казахстане и стало одной из причин отставания от бурно развивающихся процессов создания геоинформационных систем в промышленно развитых странах мира. Да и сам термин «кибернетика» как-то незаметно и, на мой взгляд, совершенно незаслуженно начал употребляться все реже и реже.

Несмотря на преграды и трудности в развитии научной школы профессора С.В. Цоя, ее лучшие достижения оказались востребованы отраслевыми проектными институтами, а также передовыми горнодобывающими предприятиями, заинтересованными в продвижении достижений горной науки в производство. Так, в институте «Карагандагипрошахт» была внедрена первая в угольной отрасли страны подсистема автоматизированного проектирования вскрытия шахтных полей, основанная на применении теории и методов синтеза оптимальных сетей горных выработок. Экономический эффект от ее применения при проектировании новых и реконструкции действующих шахт Карагандинского бассейна составил 12,0 млн рублей. Внедрение подсистемы автоматизированного определения производственной мощности новых и реконструируемых угольных шахт Карагандинского бассейна позволило заметно снизить себестоимость добычи угля. В производственных условиях доказывались адекватность и применимость разработанных учениками С.В. Цоя методик, моделей, алгоритмов и программ раскройки шахтных полей и рудных залежей, адаптивного управления совместной работой редкометаллического рудника и обогащательной фабрики, оптимизации контуров разработки рудных залежей и параметров размещения блоков на этаже, календарного планирования горного производства, системной оценки и многоуровневого управления запасами полезных ископаемых, переоценки и вовлечения в промышленную эксплуатацию забалансовых запасов. По этим принципиально новым и прежде мало изученным темам исследований защищались кандидатские и докторские диссертации, а их результаты внедрялись в проектную практику и производство.

В целом, можно сказать, что эти работы принесли народному хозяйству Казахстана значительный экономический эффект и придали мощный импульс развитию горной науки и производства. А результаты деятельности коллектива, возглавляемого С.В. Цоем, получили широкую известность не только у нас в стране, но и за ее пределами, что было отмечено в книге Д.А. Кунаева «Советский Казахстан»³. Более полное представление о достижениях научной школы С.В. Цоя можно найти в монографии профессора И.Т. Пака⁴, посвященной истории развития информатики в Казахстане. Одна из ее глав имеет броское на первый взгляд название «Институт горного дела на острие научно-технического прогресса», однако надо понимать, что столь лестная для института характеристика относится к периоду его расцвета в 70-х и в первой половине 80-х годов. Затем началась пресловутая перестройка, которая привела к распаду СССР и образованию на его территории новых независимых государств. Шоковое воздействие этих событий негативно сказалось на жизни людей. Преподавателям и ученым, как впрочем, и другим слоям населения, нужно было учиться жить и работать

¹Norbert Wiener. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine.* – Paris: Hermann&Cie, Camb. Mass. (MIT Press), 1961. – 2nd revised edition. ISBN 978-0-262-73009-9. (1st edition – 1948 г.)

²Норберт Винер. *Кибернетика или Управление и связь в животном и машине.* – М.: Советское радио, 1958.

³Кунаев Д.А. *Советский Казахстан.* – М.: Изд-во политической литературы, 1978.

⁴Пак И.Т. *Из истории развития информатики в Казахстане.* – Алматы, 2012. – 536 с. ISBN 978-601-7046-39-2

в новых, очень жестких условиях зарождающегося рынка. К сожалению, не у всех это получилось, поэтому многие наши коллеги были вынуждены сменить место работы, профессию и навсегда потеряли себя для науки.

Последним значимым событием в истории нашей лаборатории стало издание в 1990 г. книги «Автоматизация проектирования подземных рудников»⁵, однако резкое сокращение и нестабильность финансирования науки в сочетании с острыми кадровыми проблемами окончательно развеяли надежды на возрождение былой славы Института горного дела и его ведущих лабораторий.

После драматических событий, связанных с закрытием сектора кибернетики в Институте горного дела Академии наук КазССР, начался новый этап в жизни и деятельности Самена Викторовича. Он перешел по приглашению в Казахский политехнический институт имени В.И. Ленина (ныне Satbayev University), где почти сорок лет проработал в должности профессора кафедры подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Здесь он по максимуму использовал открывшиеся перед ним возможности прямой передачи студентам и аспирантам накопленных им знаний и опыта. Преподавание учебных дисциплин сопровождалось разработкой и изданием большого количества учебников, учебных пособий, методических указаний и учебно-методических комплексов для студентов, обучающихся на горном факультете. В этих трудах содержится все то новое, что С.В. Цой и его ученики внесли в горную науку, а это является образцовым примером успешного продвижения в учебный процесс результатов научных исследований.

Несмотря на большую учебную нагрузку, Самен Викторович продолжал активно работать над неисчерпаемыми проблемами горной науки и производства. По его инициативе в КазНТУ им. К.И. Сатпаева был создан научный центр «Рудник будущего», разработаны уникальные технологии добычи руд с управляемой взрывной энергией кумулятивных зарядов ВВ, биохимического выщелачивания отбитых руд в циркуляционном турбулентном потоке с применением пресс-фильтрации продуктивных растворов и другие.

В последние годы жизни С.В. Цой с большим увлечением занимался созданием новой технологии разработки гидрогенных месторождений урана по схеме «Один блок – одна поршневая скважина», не имеющей аналога в мировой практике, искал пути решения проблемы промышленного извлечения метана из угольных пластов, разрабатывал оригинальную технологию добычи газа метана.

Кроме уже отмеченных областей научных интересов профессора С.В. Цоя, он является одним из обладателей патентов на: способ прогнозирования землетрясений, высокоэффективный световой генератор электрической энергии, рентгено-радиометрический сепаратор нового класса для сортировки руды и пустых пород, буровой снаряд для бурения шпуров и скважин переменного сечения, забойки с волновым отражателем взрывных волн, а также многих других оригинальных разработок.

Значительную часть своих творческих усилий он отдавал подготовке высококвалифицированных научных кадров. Под его научным руководством защищены 53 кандидатские и докторские диссертации, а это само по себе является уникальным достижением.

Результаты исследований, которые выполнил профессор С.В. Цой, опубликованы более чем в 400 научных трудах, в том числе в 24 монографиях, 6 учебниках и учебных пособиях, 7 учебно-методических комплексах для студентов, общий объем которых составляет более 800 п. л. Он является автором и соавтором 78 авторских свидетельств, предварительных и инновационных патентов на изобретения.

Структурированный перечень научных трудов профессора С.В. Цоя приведен в библиографическом сборнике⁶, подготовленном и изданном в КазНТУ им. К.И. Сатпаева к его 95-летию юбилею. Однако значительная часть публикаций, вошедших в этот перечень, издана на бумажных носителях и только на русском языке. Поэтому представляется необходимым выполнить оцифровку и профессиональный перевод на государственный и английский языки наиболее важных трудов С.В. Цоя, что могло бы придать новый импульс развитию его научных идей, многие из которых не потеряли свою актуальность и в настоящее время.

Признанием заслуг профессора С.В. Цоя в науке было избрание его академиком и вице-президентом Народной академии Казахстана «Экология», а также академиком Международной академии информатизации, Казахстанской национальной академии естественных наук и Национальной академии горных наук. Его имя занесено в «Золотую Книгу Почета КазССР». Он награжден Орденом «Национальной академии горных наук» III степени, многочисленными медалями, Почетными знаками и грамотами АН КазССР, Министерства высшего образования и науки КазССР и РК, КазПТИ и КазНТУ.

Как и все новое, идеи, которые зарождались и развивались в научной школе С.В. Цоя, не у всех находили понимание и поддержку, особенно на начальном этапе исследований. Однако правота этих идей подтвердилась бурным развитием информационных и цифровых технологий, их распространением буквально во всех отраслях и сферах человеческой деятельности, включая горнодобывающую.

Нет никаких сомнений в том, что кибернетика, как наука о всеобщих законах и закономерностях управления, будет продолжать развиваться и приносить свои плоды прежде всего там, где ей оказывают подобающее внимание и поддержку. В качестве примера можно сослаться на Институт технической кибернетики Академии наук Белорусской ССР (ныне Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси). Благодаря поддержке государства и продуманной политике своего руководства, этот институт не только сохранил себя в тяжелейшие 90-е годы, но и сегодня

⁵ Автоматизация проектирования подземных рудников. – Алма-Ата: Наука, 1990. – 256 с.

⁶ Цой Самен Викторович (Материалы в библиографии ученых Казахстана). / Сост. Шабанбаева Э.Н., Утеулова А.С. – Алматы: КазНТУ, 2016. – 168 с.

продолжает работать над сложными теоретическими и прикладными проблемами кибернетики⁷.

Неординарная, всеохватывающая сущность этой науки привлекает к себе неординарные личности, мышление и поведение которых не совсем укладывается в привычные рамки. Именно такой личностью был профессор Самен Викторович Цой, который, несомненно, обладал «кибернетическим чутьем», а в его лаборатории, причем не только в физически существующей, но и в виртуальной, всегда ощущался «запах, характерный для научных лабораторий в любой точке земного шара»⁸. Сегодня этот «запах» ощущается уже в других, преимущественно зарубежных лабораториях, которые продолжают искать и находить возможности оптимизации параметров и процессов в горном деле с применением методов математического моделирования и программирования, включая методы оценки

минеральных ресурсов⁹, проектирования горных предприятий [2], планирования горных работ¹⁰. Горный бизнес в дальнем и не очень дальнем зарубежье хорошо понимает ценность этих исследований и щедро их финансирует. Это значит, что «невидимая рука (цивилизованного!) рынка» успешно делает свое дело, генерируя и продвигая в практику самые прогрессивные управленческие технологии, начала которых закладывались в трудах научной школы профессора С.В. Цоя.

До конца своих дней он продолжал творить свою собственную «кибернетику жизни», сохранил интерес к работе и людям, был полон творческих замыслов. Вся его жизнь может служить прекрасным примером для воспитания новых поколений студентов, молодых ученых и специалистов, стремящихся к познанию всеобщих законов и закономерностей управления и их успешному применению в своей профессии и личной жизни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цой С.В. Отклик на статью инженера Петросяна А.Э. «К вопросу определения допустимой длины лавы по условиям вентиляции в газовых шахтах Донбасса». // Уголь. – 1953. – №7. – С. 46-47. (на русском языке)
2. Meagher C., Dimitrakopoulos R., Avis D. Оптимизированный проект карьера, пушбэки и проблема разрыва. // Обзор: Журнал горных наук. – COSMO – Лаборатория стохастического горного планирования. – Канада, 2014. – Вып. 50. – №3. – С. 508-526. ISSN 1062-7391. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Цой С.В. Инженер Петросян А.Э. «Донбасс газ шахталарында желдету шарттары бойынша лаваның рұқсат етілген ұзындығын анықтау мәселесіне». // Көмір. – 1953. – №7. – Б. 46-47. (орыс тілінде)
2. Meagher C., Dimitrakopoulos R., Avis D. Карьердің оңтайландырылған дизайны, артта қалушылық және олқылық мәселесі. // Шолу: Тау-кен ғылымдарының журналы. – Стохастикалық шахталарды жоспарлау зертханасы COSMO (Канада). – 2014. – Т. 50. – №3. – Б. 508-526. ISSN 1062-7391. (ағылшын тілінде)

REFERENCE

1. Tsoi S.V. Response to the article by engineer A.E. Petrosyan «On the issue of determining the permissible length of a longwall according to the ventilation conditions in gas mines of Donbass». // Coal, 1953. – №7. – P. 46-47. (in Russian)
2. Meagher C., Dimitrakopoulos R., Avis D. Optimized Open Pit Mine Design, Pushbacks and the Gap Problem. // A Review: Journal of Mining Science. – COSMO Stochastic Mine Planning Laboratory (Canada). – 2014. – Vol. 50. – №3. – P. 508-526. ISSN 1062-7391. (in English)

Сведения об авторе:

Лисенков А.А., д-р техн. наук, профессор, академик Международной академии информатизации, Национальной и Евразийской академий горных наук, заведующий лабораторией проектирования освоения недр Института горного дела им. Д.А. Кунаева – филиала Республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» (г. Алматы, Казахстан), lisenkov45@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Лисенков А.А., техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттандыру академиясының, Ұлттық және Еуразиялық тау-кен ғылымдары академиясының академигі, Д.А. Қонаев атындағы тау-кен ісі Институтының жер қойнауын игеруді жобалау зертханасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан), lisenkov45@mail.ru

Information about the authors:

Lisenkov A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the International Academy of Informatization, National and Eurasian Academies of Mining Sciences, Head of the Subsoil Development Design Laboratory of the Branch of Republican State Enterprise «National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan» of the Mining Institute named after D.A. Kunayev (Almaty, Kazakhstan), lisenkov45@mail.ru

⁷Абламейко С.В. Кибернетика жизни: размышления академика. – Минск: Беларус. навука. – 2011. – 278 с. ISBN 978-985-08-1297-1

⁸Винер Н. Кибернетика и общество (сборник). Серия «Наука: открытия и первооткрыватели». – М.: АСТ, 1982. – 152 с. ISBN 978-5-17-113078-7

⁹Rossi Mario E., Deutsch Clayton V. Mineral Resource Estimation. – New-York – London: Springer Dor-drecht Heidelberg, 2014. – 337p.

¹⁰Dimitrakopoulos R. (Ed.) Advances in Applied Strategic Mine Planning. – Springer, 1st ed. – 2018. – XIII. – 800 p.

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

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском и русском языках;
 - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
 - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
 - полное название организации (-ий), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
 - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
 - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
 - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
 - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

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

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

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

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

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

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

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

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

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. В список литературы не включаются любые материалы, не имеющие конкретного автора, в том числе: законы, стандарты (включая ГОСТ), статьи из словарей и энциклопедий, страницы сайтов, для материалов которых не указан конкретный автор и интервал страниц. Если у Вас возникает необходимость сослаться на подобные материалы, то ссылки на них оформляются как сноски в тексте статьи. Список приводится на русском (казахском) языке, а также в переводном и транслитерированном варианте (транслитерация выполняется по стандарту BSI: <https://translit.net/ru/bsi/>). Оба варианта списка литературы должны быть идентичны по содержанию. Сначала подготавливается русскоязычный (казахскоязычный) список литературы, включающий все источники (даже на иностранных языках), затем он переводится на английский язык и транслитерируется.

К статье прилагаются сведения на английском языке:

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

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метадаанных 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.

СОСТОЯНИЕ ПРОВЕТРИВАНИЯ НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Технический Совет Департамента Комитета индустриального развития и промышленной безопасности МИИР РК по Карагандинской области по онлайн видеосвязи с участием руководителей опасных производственных объектов

20 августа 2020 г. в Департаменте промышленной безопасности по Карагандинской области (Департамент) проведен Технический Совет по онлайн видеосвязи на тему «Состояние проветривания на подземных рудниках горнорудных предприятий Карагандинской области» под председательством заместителя руководителя Департамента **Жунусова Маргулана Алтановича**.

По повестке дня со вступительным словом выступил заместитель руководителя Департамента **М.А. Жунусов**, который указал на основные аспекты и задачи промышленной безопасности в свете выполнения государственных задач по индустриальному развитию Республики Казахстан.

С докладом выступил руководитель отдела государственного надзора в горнорудной и нерудной промышленности **А.Т. Абылкасымов**. В своем докладе он отметил проблемные вопросы состояния проветривания на подземных рудниках горнорудных предприятий Карагандинской области.

За текущий период Департаментом было проведено 5 проверок по особому порядку на подземных рудниках Карагандинской области, выявлено 297 нарушений правил промышленной безопасности. Привлечены к административным штрафам 6 юридических лиц по статьям 464 ч. 1, 298 ч. 1. на сумму свыше 1000000 тг.

ТОО «Корпорация Казахмыс»

1. По руднику Абыз.

1. Схема вентиляции не соответствует «Проекту промышленной разработки месторождения Абыз».
2. Допускается наличие на шахте Абыз двух отдельных выходов (портал 1, портал 2), обеспечивающих выезд (выход) людей с каждого горизонта непосредственно на поверхность, имеющих одинаковое направление вентиляционных струй.
3. Не проводятся замеры содержания кислорода, углекислого газа в атмосфере выработок.
4. Рудник не оснащен пылемерами.

2. По руднику Нурказган.

1. Не введен в эксплуатацию ствол «Вентиляционный», служащий для выдачи загрязненного воздуха и аварийного подъема людей.
2. Ниже горизонта 95 м, для выдачи исходящей струи воздуха не пройден слепой ствол «Вентиляционный 1».
3. Не пройден заезд 2 подэтажа 40 м, служащий для подачи струи свежего воздуха на подэтаж.
4. Не установлен резервный агрегат ВЦД-31,5 м на шурфе «Воздухоподающий» главной вентиляционной установки ГВУ-1.

3. По руднику Саяк-1

1. Не пройдены вентиляционные восстающие 1, 2 и лифтовые восстающие с г. 125 м до г. 260 м для удаления исходящей струи воздуха согласно проектной документации.
2. Не пройден воздухоподающий ствол с г. 570 м до г. 317 м для подачи свежего воздуха в соответствии с проектной документацией.
3. Допускается размещение главной вентиляционной установки в шахте на г. 303 м (согласно проекту устанавливается на портале 1).

ТОО «Nova Цинк»

1. Отсутствует расчет необходимого воздуха для каждого проходческого забоя и выбор вентиляторов для их проветривания.
2. Отсутствуют приборы для определения количества и состава воздуха: на негазовых шахтах – анемометры, секундомеры, пылемеры и экспресс-аппаратура для определения содержания в воздухе углекислого газа, сернистых соединений, окиси углерода и окислов азота.

На совещании с подробным отчетом о состоянии промышленной безопасности были заслушаны руководители предприятий (организаций).

По итогам проведенного Совета по соблюдению требований промышленной безопасности состояния проветривания на подземных рудниках горнорудных предприятий Карагандинской области, был составлен протокол с указанием рекомендаций и сроков исполнения.