

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

Издается с января 2003 г.

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

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

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

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

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

Представители журнала:

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

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

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

Подписано в печать 30.08.2024 г.

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

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



Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

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

Редакционная коллегия:

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

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,
Professor of Mining Engineering

М.Б. Барменшинова, канд. техн. наук

А.А. Бекботаева, PhD

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

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

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

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

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

В.Ф. Демин, д-р техн. наук

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

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

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

Ш.В. Каримов (Узбекистан), PhD

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

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

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

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

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

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

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

Б.Т. Ратов, д-р техн. наук, профессор

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

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

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Ш.Н. Туробов (Узбекистан), PhD

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

Р.А. Хамидов (Узбекистан), PhD

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

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

Ⓜ – информационное сообщение

 – статья публикуется в авторской редакции

- 3** Колонка главного редактора
- 5** Комплексное решение для вашего производства
- 7** *А.Н. Копобаева, А.Б. Қабыкен*
Статистический анализ и визуализация данных по участку «Восточный» месторождения Нурказган с использованием Micromine Origin & Beyond
- Лучшие выбирают лучших**
- 9** Лучшие выбирают лучших: новые веяния промышленного рынка Центральной Азии
- 9** Без ESAB как без сварки: 120 лет развития сварочной индустрии
- 12** Открытость, инновации, качество и клиентоцентричность
- Геотехнология**
- 13** *М.К. Имангазин, *Б.Т. Уахитова, М.Г. Султанов, А.Т. Игисенова*
Гай кен орнында өндірудің тиімділігін арттыру үшін өзіжүргі жабдықтардың жаңа түрлерін енгізу және оңтайландыру
- Буровзрывные работы**
- 20** **Е.Т. Сердалиев, Е.Е. Искаков, Д.Б. Аманжолов, Н.П. Шалдунов*
Оптимизация параметров отбойки рудных тел методом моделирования с применением специальных интегрированных программных продуктов
- Геомеханика**
- 28** **Ы. Жакыпбек, Е.Е. Әбділімов, М. Тоқтар, М.Е. Бектаев*
Кен орындарын игерудегі жер ресурстарының бұзылуын талдау және мониторингтеу
- 34** *M.Zh. Balpanova, *A.E. Kutybayev, D.K. Takhanov, A.B. Zhiembayev*
Conditions of the overlaying stratum collapse with outcrop during remining the Zhaman-Aybat deposit
- 42** *А.Ж. Имашев, *А.А. Мусин, Г.Б. Ескенова, Г.Ж. Жунусбекова*
Исследование возможных зон неупругих деформаций горных пород на глубоких горизонтах
- Геология**
- 48** *Э.Ю. Сейтмуратова, Д.О. Даутбеков, *М.А. Маширапова, А. Даулетулы*
Современное состояние минерально-сырьевой базы Казахстана и металлогенические исследования в Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева
- Геодезия**
- 57** *Е.О. Шаленов, *А. Кенесбаева, Э.О. Орынбасарова, К.А. Жанакулова*
Определение значения гравитационной постоянной
- Металлургия**
- 64** **Г.К. Макашева, Л.М. Каримова, Б.С. Баимбетов, С.В. Мамяченко*
Исследования по обогащению лежалых хвостов с получением черного медного концентрата
- 72** Требования к оформлению и условия предоставления статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат
Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

*Дорогие читатели!
Уважаемые коллеги!*

Продолжаем повествование о наших профессиональных праздниках. Последнее воскресенье августа посвящается чествованию шахтеров, которых по давней традиции было принято считать только угольщиками. Как произошло такое разделение, когда тех, кто добывает металлические, общераспространенные и агрономические руды, называют «горняками», отделяя их от «угольщикова-шахтеров», мы не можем точно объяснить. По крайней мере, объяснения этих понятий относительно вроде бы общего праздника отсутствуют. Но из практики нашей жизни общеизвестен другой факт – это наш общий праздник, поэтому те, кто добывает металлические полезные ископаемые, празднуют подряд в июле и августе два праздника (можно к ним добавить и апрельский День геолога).

Такова предыстория, которая стала возможной благодаря решению государственных органов, и теперь нам нравится праздновать дважды, потому что все-таки есть отличия между важнейшими в экономике и социальном благополучии населения профессиями.

В связи с праздниками наряду с воспоминаниями об истории горного дела, об использовании богатств недр во славу нашего благополучия, в первую очередь в памяти возникают образы людей, которые достойны уважения и почета во все времена, связав свои судьбы с тяжелым и благородным трудом под землей, на фабриках и заводах.

Гигант цветной металлургии бывшего СССР – Жезказганское месторождение, несметные богатства которого продолжают служить и современному Казахстану, славен во всем мире и уважаем сообществом людей, имеющим интерес к горно-металлургическому комплексу, своими неповторимыми достижениями в освоении недр. И конечно же, в памяти встают образы людей, которые героически, беззаветно и творчески трудились в забоях рудников и в цехах фабрик и завода.

О Жезказгане, о всех других месторождениях, которые после открытия их геологами, начиная с безвестных наших предков столетия назад, обрастали вокруг молодыми городами и поселками, я постарался с помощью добровольных помощников из числа специалистов в своем пока единственном в Казахстане научно-производственном издании еще в далеком 2011 г. рассказать о подтвержденной фактами истории всех предприятий цветной металлургии. За этот период увидели свет и прекрасные публикации о том, как создавалась и развивалась черная металлургия, которая в нашей стране имеет свою славную историю, созданную советской властью и представителями рыночной экономики в последние 30 лет.

Из всего того, чем прославили себя и достойно послужили своей стране, становится понятной роль, которую играет горно-металлургический комплекс в нашей жизни. История, к нашему счастью, имеет свое успешное продолжение, поэтому праздник, который мы отмечаем, будет повторяться, так как он строится на двух опорах – месторождениях, созданных природой в подарок человечеству, и людях, которым судьбой суждено осваивать недра этих месторождений.

Из перечня предприятий, ставших основой экономической мощи Казахстана, за последние 20-25 лет пришлось включить такие известные всему сообществу горняцкого братства предприятия, как Ачисайский полиметаллический, Текелийский свинцово-цинковый, часть Иртышского полиметаллического, Карагайлинский горно-обогащительный, Акчатауский горно-обогащительный, Зырянский свинцовый, Белогорский горно-обогащительный комбинаты, Жездинское марганцевое и Торгайское бокситовое рудоуправления, Шымкентский свинцовый, Иртышский медеплавильный, Иртышский химико-металлургический заводы, рудник Коньрат. Причина общеизвестна – истощение минерально-сырьевой базы.

Но природа Казахстана и трудовые династии продолжили свою благородную миссию. Появились новые предприятия и новые поколения специалистов, которые не только восполнили утраченные ресурсы в недрах, но сумели покорить новые вершины.

Горно-обогащительные комплексы на месторождениях Актогай и Бозшаколь, рудники Нурказган, Жомарт, Жыланды, Шатырколь, Жайсан, Малеевский, Артемьевский, Сатпаевский, Абыз, Акбастау, Космурын, Коктасжал, строящиеся гиганты Айдарлы и Коксай, предприятия золотодобывающей отрасли стали основой увеличения производства катодной меди в 2-2,5 раза, золота в 4,5-5 раз, создание нового производства – концентратов титана и редкоземельных металлов придали современный облик нашим степным просторам.

Железородные, хромовые, бокситовые, марганцевые предприятия пока уверенно работают на уровне прежних мощностей, хотя по трем последним металлам надвигаются будущие проблемы, т.к. через 10-15 лет запасы начнут истощаться. Есть о чем думать, но есть и разумные предложения по запасам и новым технологиям.

Железорудные объекты могут развиваться по трем направлениям – магнетито- и гематитовые объекты, бурожелезняковые (запасы которых огромны, условия добычи – эффективные, но помехой является повышенное содержание фосфора) и титано-магнетитовые. Здесь вопрос будет решаться в зависимости от рынка.

В этот праздничный день, поздравляя нынешнее поколение тружеников, вспомним об ушедших и тех, кто еще в наших рядах, ветеранах, создавших крепкий фундамент и образец «хозяина подземелья и металлурга от бога», на кого следует равняться.

Память всегда выдвигает на первый план первооткрывателей, которые были примером и уверенности, что страна и народ, рождающие таких людей, будут всегда преуспевать и будут счастливы.

Пусть я не назову всех, потому что таких людей много, и объема журнала не будет достаточно даже для того, чтобы написать их имена.

Но личности великого *Саптаева К.И.* – закрепившего за Жезказганом славу важнейшего и древнейшего центра металлургии меди в Евразии, обеспечившего в кратчайший срок марганцем военные заводы Урала, производившие броню, создателя Академии наук Казахской ССР, *Байконурова О.А.*, организовавшего постоянное перевыполнение планов производства богатых медных руд, применяя современные по тем временам системы разработки на подземных горных работах Жезказгана, являющегося автором примененной впервые в мире в казахской ССР тиксотропной пастовой закладки и строителем первых корпусов учебного здания, общежитий, столовой, лабораторий и спортзала нынешнего университета имени К.И. Саптаева; *Омарова Г.О.* – Героя Социалистического труда СССР, лауреата Государственной премии СССР, более двадцати лет возглавлявшего Жезказганский шахтопроходческий трест, лучшего в мировой практике строителя «подземных коридоров», открывавших двери в подземные кладовые, наполненные медью, серебром, рением, осмием; *Гурбы В.В.* – директора предприятия, построившего в центре Казахского Сары-Арки не только рудники, фабрики и заводы, но и рабочие поселки и города цивилизованной степи; *Русикова П.М.* – открывшего несметные богатства Конырата в Прибалхашье (может быть, второй раз после Дерова А.И. в 1901 г.) в 1928 г.; Героя Социалистического труда *Победоносцева Ю.К.* – главного инженера Балхашского ГМК и *Ванюкова А.В.* – профессора Московского института стали и сплавов, создавших передовое металлургическое производство; *Кунаева Д.А.* – трижды Героя Социалистического труда и *Гребенюка В.А.* – продолжателя дела Димаша Ахметовича, Героя Социалистического труда, стоявших у истоков освоения сложных по своим горно-геологическим условиям месторождений Лениногорского (Риддерского) района; *Жаксыбаева Н.К.* – Героя Социалистического труда; *Пономарева Л.Ф.*, *Рыберта В.Ф.* – руководителей Зыряновского свинцового комбината, построивших в пустынной жаркой, безводной южноказахстанской степи один из лучших городов Советского Союза Кентау, его соратники и продолжатели славных традиций *Тараканов И.Г.* и *Мауленкулов С.М.*, *Коган И.Ш.* и *Максутов Ж.М.*, *Гринблат А.С.* и *Шабанбаев Э.Х.* и мн. др. продолжают освещать нам дорогу к будущим достижениям горных наук и созданию новых практических геотехнологий и способов минералургии.

В День шахтера бывших мастеров своего дела, нынешних руководителей и организаторов горно-металлургического комплекса, кто своим трудом создает социально-благополучный «Новый Казахстан», поздравляем с праздником, гордимся Вами и уверены, что добрый след, оставленный Вами, и Ваши достижения станут проводником в пути к историческому будущему нашей Родины!

Здоровья, счастья, благополучия, долгих лет жизни!

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ВАШЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Горнодобывающие предприятия должны иметь возможность внедрения эффективных операций измельчения, основанных на использовании самого современного оборудования и технологического ноу-хау.

FLS является поставщиком полной технологической схемы и услуг для мировой горнодобывающей промышленности. Мы даем возможность нашим клиентам повысить производительность и снизить эксплуатационные расходы предприятия, способствовать устойчивому развитию в горнодобывающей промышленности и уменьшить воздействие на окружающую среду. Сегодняшние заказчики футеровки мельниц полагаются на FLS, поскольку таким образом они получают безопасные и эффективные решения по технологии измельчения. Подробнее об этом Вы узнаете из интервью с Антоном Малетиным, Экспертом по решениям для футеровки мельниц в Австралии, Центральной и Восточной Азии.

– Можете ли вы рассказать о портфолио мельничных футеровок FLS?

– Конечно. Начать стоит с бренда ARMOUR™, под которым представлены наши решения по футеровке мельниц. Этот бренд олицетворяет все, что необходимо получить от мельничной футеровки – надежность, безотказность и максимальную эффективность, что способствует повышению производительности процессов измельчения.

Важно отметить, что компания FLS предлагает не только отдельные футеровочные элементы, но и комплексные системы футеровки. Именно поэтому мы используем термин «решение» для описания наших продуктов.

На первый взгляд, футеровка мельниц может показаться простым продуктом. Такое мнение возникает у тех, кто полагает, что ее функция ограничивается лишь защитой корпуса мельницы, а производительность и стоимость зависят только от толщины и веса футеровки. Однако это не

так: мы предлагаем гораздо больше, чем просто защиту корпуса мельницы.

Как уже упоминалось, наша профессиональная команда разрабатывает и поставляет комплексные системы футеровки, представляющие собой совокупность технических решений, направленных на достижение целей наших заказчиков. Наши проекты всегда ориентированы на выполнение поставленных задач и повышение общей производительности.

Являясь производителем мельниц, мы досконально понимаем важность применения эффективных и оптимальных технических решений, будь то геометрия, используемые материалы или крепежные элементы для конкретной системы мельничной футеровки.

– Какие виды футеровки мельниц компания FLS может предложить заказчику?

– Наши системы футеровки мельниц подходят для всех типов мельниц – СИ, ПСИ, шаровых и стержневых.





Мы также предлагаем все необходимые расходные материалы – от самих футеровок до инструментов и сопутствующих компонентов.

Что касается материалов, у нас доступны к заказу литые металлические футеровки из белого чугуна или легированной стали с добавлением хрома или молибдена, а также резиновые и композитные футеровки с вставками из твердых металлов или керамики.

Мы можем использовать различные материалы и их составные комбинации, чтобы адаптировать наш продукт к разнообразным эксплуатационным условиям. Это позволяет эффективно решать возникающие проблемы, оптимизировать срок службы футеровки и достигать новых производственных целей.

– Что отличает ваши футеровки от продукции других поставщиков?

– Наше преимущество заключается в глубоком понимании эффективности работы оборудования и систем футеровки. Например, один из наших продуктов – мельничная футеровка, как концепция комплексного сервисного решения, которая включает в себя:

1. Поддержка оптимизации процесса.

– Оперативные данные для анализа, составления отчетов и рекомендаций;

– Посещение производственной площадки (в зависимости от контракта) с опросом операторов, металлургов и обслуживающего персонала;

– Предоставление отчетов с наблюдениями и рекомендациями на основе инструментов моделирования, которые могут включать скорость вращения мельницы, загрузку мельницы, размер ячеек решетки мельницы, диаметр отверстий грохота и размер ячеек барабанного грохота.

2. Поддержка на протяжении всего жизненного цикла.

– Благодаря постоянной связи с нашими заказчиками, мы можем проводить дистанционную диагностику проблем оборудования, переходя от реактивного к проактивному подходу;

– Компания FLS предлагает цифровые решения, такие как мониторинг износа, 3D-сканирование мельницы, технологию LoadIQ и многое другое, чтобы помочь максимально эффективно использовать футеровку вашей мельницы, оптимизировать графики замены для планирования ППР и повышать производительность мельницы.

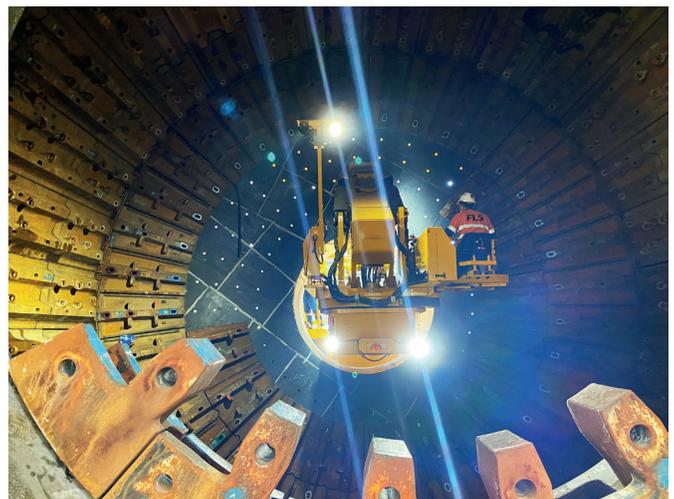
3. В качестве полного цикла поддержки мы предлагаем услугу по монтажу футеровки, отвечая не только за эффективность эксплуатационных параметров системы, но и за качественный монтаж нашего продукта.

– Какие уникальные технические решения может предложить FLS?

– Одним из примеров является инновационная система крепления, которая значительно безопаснее традиционных методов, т.к. позволяет сократить количество персонала, работающего внутри мельницы над монтажом футеровки.

Еще один уникальный продукт – система LoadIQ™. Она поддерживает оптимальное технологическое состояние и уровень загрузки мельницы, обеспечивая непрерывный онлайн-мониторинг и диагностику в режиме реального времени. Это позволяет быстрее принимать решения по сравнению с использованием других датчиков, которые предоставляют информацию только после возникновения события или сбоя.

Компания FLS обладает высочайшими стандартами и уровнем экспертизы в производстве и эксплуатации мельничной футеровки, что сложно выразить количественно. Соединяя это с нашими современными инструментами, высококачественным проектированием и обширной сетью сервисной поддержки, рынок получает непревзойденное решение для футеровки мельниц.



СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ПО УЧАСТКУ «ВОСТОЧНЫЙ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ НУРКАЗГАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MICROMINE ORIGIN & BEYOND

Месторождение Нурказган расположено в Бухар-Жырауском районе Карагандинской области, примерно в 50 км к северу от города Караганда и около 8,5 км к северу от города Темиртау.

На месторождении имеются три промышленных участка: Северный, Западный и Восточный. Геологоразведка этих участков началась в 1935 году, а первые вскрышные и добычные работы на Восточном участке стартовали в сентябре 2003 года.

Для анализа данных по Восточному участку были использованы статистические инструменты австралийского программного обеспечения Micromine Origin & Beyond. Эти инструменты позволяют строить различные графики, проводить сравнительные анализы и создавать гистограммы. Для начинающего ученого такие инструменты оказались крайне полезными в выявлении корреляционных связей между элементами, и являются важными для дальнейшего исследования объекта.

Применение статистических методов помогает выявить парагенетические ассоциации, изучить поведение химических элементов при изменениях, а также понять источники рудного вещества. Связи между элементами могут быть результатом геологических и генетических процессов, а также могут объясняться через сложные цепочки взаимосвязанных процессов и явлений. Некоторые связи могут оказаться случайными и не поддаваться объяснению.

В данной статье представлены результаты анализа данных по Восточному участку месторождения Нурказган. Проведен анализ статистических данных и взаимосвязей между переменными на основе различных методов.

Первоначально, с помощью программного инструмента была построена матрица корреляции для элементов *CU* (медь), *AG* (серебро), *MO* (молибден) и *AU* (золото). Цель анализа заключалась в исследовании взаимосвязей между этими переменными с применением различных статистических методов.

Анализ исторических проб по Восточному участку, без разделения на промышленные кондиции, показал следующие результаты (см. таб. 1):

Таблица 1

Корреляционная таблица между элементами
CU, AG, MO, AU

<i>CU</i>	1			
<i>AG</i>	0.52	1		
<i>MO</i>	0.10	0.04	1	
<i>AU</i>	0.60	0.41	0.04	1

Высокие корреляции между *CU* и *AU*, а также между *AG* и *AU* могут свидетельствовать о схожих трендах и взаимосвязях в поведении этих переменных. Напротив, *MO* демонстрирует низкие корреляции с другими переменными, что указывает на его относительную независимость. Эти результаты могут быть полезны для дальнейшего исследования и понимания взаимосвязей между этими элементами.

Для визуализации данных был использован инструмент «Диаграмма рассеяния» и «Тернарный график» в программе Micromine Origin & Beyond. Диаграмма рассеяния позволяет определить потенциальные взаимосвязи между количественными переменными (см. рис. 1).

Анализ тернарного графика, мощного инструмента для визуализации данных с тремя переменными, продемонстрировал соотношения между *CU*, *AG* и *AU* (см. рис. 2). Тернарный график обеспечивает наглядное представление о пропорциях и взаимодействии переменных. Анализ показал, что заполнение углов графика свидетельствует о преобладании серебра (*AG*). В диапазоне значений, где содержание серебра варьируется от 50% до 85%, золото (*AU*) занимает оставшуюся часть, от 15% до 50%. Это указывает на значительное содержание как серебра, так и золота в составе.

В целом, проведенный анализ предоставил ценные инсайты о распределении и взаимосвязях между переменными. Эти результаты могут служить основой для более детального исследования и практического применения в различных областях. Понимание и интерпретация данных помогут в принятии обоснованных решений и оптимизации процессов на основе анализа состава и свойств переменных.

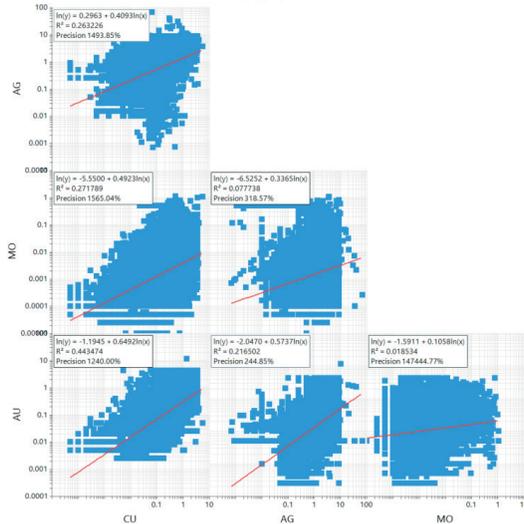


Рис. 1. Диаграмма рассеяния между элементами *Cu, Ag, Mo, Au.*

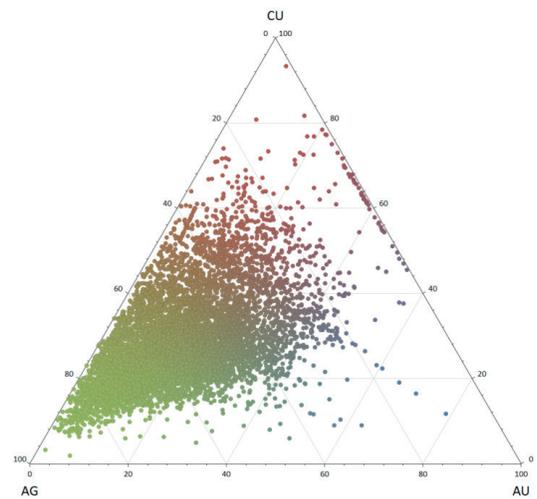


Рис. 2. Тернарный график между элементами *Cu, Ag, Au.*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отчет по поисково-разведочным работам на месторождении «Нурказган» с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.2004. АО Жезказган-геология; Т. 4, ГР № 6-96-41/1. 2005
2. Мягков В.Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд: М. Недра, 1984. С. 126
3. Геологический_мануал_Micromine_Origin_ot_28_12_2022 г. – 344 с.



ТОО “Kazmintech Engineering”

Один из ведущих проектных институтов горно-обогатительных и металлургических производств и объектов гражданского назначения



Предоставление полного спектра услуг от концепции до реализации:

- ✓ Разработка проектно-сметной и конструкторской документации;
- ✓ BIM-моделирование;
- ✓ 3D-сканирование;
- ✓ Геодезическое сопровождение строительства;
- ✓ Поставка технологического оборудования;
- ✓ Технический и авторский надзоры.



070002, Республика Казахстан,
г. Усть-Каменогорск, ул. Промышленная 1/6
тел.: +7 (7232) 50-51-00
моб. тел.: + 7 777 742 10 25
www.kazmintech.com



ЛУЧШИЕ ВЫБИРАЮТ ЛУЧШИХ: НОВЫЕ ВЕЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РЫНКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Реальный сектор экономики Центральной Азии продолжает укреплять свои позиции на глобальной арене. Это обусловлено не только переменами геополитической обстановки в последние годы, но и верно взятому странами региона вектору на развитие и модернизацию стратегически важных отраслей. В частности, растут объемы производства в промышленном секторе, что дает шанс предприятиям разработать масштабные комплексные предложения для партнеров, внедрить в производство новые технологии и в целом внести свой вклад в создание новой картины индустриального мира.

«Год назад на страницах «Горного журнала Казахстана» мы впервые предложили промышленному рынку Центральной Азии новый маркетинговый инструмент – авторский проект «Лучшие выбирают Лучших». Его цель – представить инновационные технологии, продукты и предложения сильнейших игроков, многие из которых являются мировыми лидерами в своем сегменте. Сотрудничество таких предприятий делает возможной реализацию самых сложных и масштабных проектов, задает тренды и строит историю современной промышленности.»

На данный момент Центральная Азия является одним из самых перспективных и динамично развивающихся с точки зрения промышленности регионом. Запускаются крупные логистические центры и предприятия, ведется масштабная модернизация производств, осваиваются инновационные технологии, прокладываются новые транспортные пути. Проект «Лучшие выбирают Лучших» про

те компании, которые принимают непосредственное участие в этой глобальной трансформации, своим примером вдохновляют других на технологические инвестиции в регион», – Генеральный директор ТОО «Маркетинг от Тимченко», Светлана Тимченко.



Согласно данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан за январь-июль 2024 года, рост производства наблюдается в горнодобывающей промышленности и разработке карьеров – на 0,5%, обрабатывающей промышленности – на 5,1% по сравнению с аналогичным периодом 2023 года. Одной из самых перспективных остается машиностроительная отрасль, доля которой в обрабатывающей промышленности страны достигает 13%. Она охватывает 37 подотраслей, обеспечивая оборудованием практически все сферы экономики. По прогнозам Министерства промышленности и инфраструктурного развития, к 2028 году объем производства машиностроительной продукции в Казахстане должен вырасти в 2,2 раза по сравнению с 2021 годом. Свои мощности наращивают и сопутствующие отрасли, в частности технологии в области сварки и резки металлов.

БЕЗ ESAB КАК БЕЗ СВАРКИ: 120 ЛЕТ РАЗВИТИЯ СВАРОЧНОЙ ИНДУСТРИИ

12 сентября 2024 года **ESAB**, ведущий мировой производитель оборудования и материалов для сварки и резки празднует свой 120-й юбилей. Яркими вехами истории, современными достижениями и, конечно, планами на будущее с нами поделилась **Екатерина Татарникова, директор ТОО ЭСАБ Казахстан, руководитель региона ЭСАБ Центральная Азия.**

На самом деле, история компании началась в 1870 году, когда в Швеции на свет появился будущий основатель ESAB – Оскар Келльберг. Мальчик мечтал стать инженером, поэтому в юном возрасте устроился подмастерьем в механическую мастерскую. Позже он отправился в морское плавание, где смог ознакомиться со строением и методами ремонта кораблей. В последние годы XIX века Оскар закончил Мальмскую школу навигации и получил специальность механика. А уже в 1900 году будущий ин-

новатор приступил к исследованиям методов сварки в судостроении.

К тому времени сварка еще не была достаточно эффективной. На смену неплавящегося угольного электрода уже пришел плавящийся металлический вариант, но его дугу было тяжело поддерживать зажженной. Келльберг впервые покрыл электрод изолирующим материалом. Именно с этого открытия начинается история самого известного в мире покрытого электрода компании ESAB, который уже более ста лет выпускается с инициалами создателя – О.К.

В 1904 году методом сварки был проведен ремонт шведского военного корабля (рис. 1), результат которого вызвал интерес промышленных концернов. А 12 сентября 1904 года родилась компания Elektriska Svetsnings Aktiebolaget (рис. 1), с первых дней более известная под сокращенным



Рис. 1

названием – ESAB. В основе бизнес-концепции стояло развитие сварочных технологий и производство оборудования (рис. 2).

К середине XX века компания подарила промышленности сразу несколько инноваций: метод дуговой сварки под флюсом, а также технологию TIG, при которой используется неплавящийся электрод в инертном газе. Еще одной разработкой стал метод дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа (GMAW) или MIG/MAG.

Компания ни на миг не останавливается в развитии, внедряя инновации и задавая стандарты качества в отрасли. На сегодняшний день производство переведено на 100% возобновляемые источники энергии. ESAB развивает свою инфраструктуру по всему миру, открывает новые подразделения, учебные и сервисные центры, стараясь быть ближе к своим клиентам. Кроме этого, предприятие заботится о будущих поколениях специалистов, активно поддерживает движение WorldSkills International (рис. 3).

В 2007 году ESAB начала партнерство с предприятиями Центральной Азии. В Республике Казахстан она сотрудничает с «Шубарколь комир» – одним из крупнейших производителей энергетического угля, входящим в состав ERG. Успешное партнерство ведется и с такими компаниями, как: Карасайский машиностроительный завод, корпорация ERG, PSI Group, «Казахстан Парамант Инжиниринг» (КРЕ), «Локомотив құрастыру зауыты» (ЛКЗ), «Maker (Мэйкер) КЛМЗ», «Казахстан Каспиан Оффшор Индастриз ТОО» (КСОИ), ERSАI, «Алюминий Казахстана», «Электровоз құрастыру зауыты» (ЭКЗ), Политехнический колледж корпорации «Казахмыс». В Кыргызстане реализуется партнерство с крупнейшим золотодобывающим



Рис. 2

предприятием «Кумтор Голд компани». Плодотворная работа также ведется с Государственной нефтяной компанией Азербайджанской Республики SOCAR, строительной компанией нефтегазового и промышленного сектора Узбекистана ENTER Engineering, ведущим предприятием Таджикистана – «ТаджикСГЭМ».

С 17 по 19 сентября 2024 года в Алматы состоится международная выставка «Горное оборудование, добыча и обогащение руд и минералов» Mining and Metals Central Asia 2024. На ней компания ESAB впервые представит обширную экспозицию высокотехнологичного оборудования и материалов для сварки и резки и, конечно, с размахом отметит свой день рождения.

На главном стенде компании будут продемонстрированы сварочные инверторы линейки Warrior, включая модели Edge 500 CX, 750i CC/CV и 500i CC/CV. Данное универсальное оборудование с удобным пользовательским интерфейсом и системой контроля расхода газа TrueFlow предназначено для выполнения широкого спектра работ, включая производство различных сварных конструкций и резервуаров. Наряду с этим вниманию посетителей будет предложен маневренный аппарат Renegade VOLT, с помощью которого сварщик может работать без подключения к электросети до 45 минут. Еще одна модель – полуавтомат Rustler EM 350C PRO Synergic позволяет использовать различные материалы, в том числе порошковую проволоку. Кроме этого, будут представлены механизмы подачи проволоки Robust Feed, блок охлаждения Cool 2, детали, комплектующие и сварочные материалы (рис. 4).

Особое внимание уделено совместным разработкам с партнерами. В частности, компания Drive Industry, произ-



Рис. 3



Рис. 4

водитель и поставщик оборудования для железнодорожной отрасли Казахстана продемонстрирует результаты глобальной работы по наплавке железнодорожных рельсов и крестовин с использованием технологических решений ESAB. Посетители смогут увидеть часть наплавленного рельса прямо на стенде.

В дополнение к выставочной экспозиции на открытой площадке будет работать передвижная сварочная мастерская, где гости смогут на практике оценить возможности и эргономичность аппаратов ESAB.

«12 сентября компания ESAB отпразднует юбилей – 120 лет со дня основания. Для нас эта дата является не только подтверждением качества и востребованности нашего сварочного оборудования, но и новой точкой отсчета. Я рада пригласить всех на наш праздник в рамках такого масштабного отраслевого события, как выставка Mining and Metals Central Asia», – отметила Екатерина Татаринова.



Одним из остро стоящих вопросов современной экономики является глобальная перестройка транспортных коридоров. В последние годы необходимость создания новых маршрутов, которые бы связали страны Евразии, повлекла за собой зарождение масштабных проектов: Транскаспийского международного транспортного маршрута (ТМТМ) и коридора «Север-Юг», проходящих через модернизированный морской порт Акатау. Для Республики Казахстан одной из главных целей является усиление экспортного и транзитного потенциала страны, а также повышение конкурентоспособности альтернативных маршрутов. Страна занимает геостратегически важное положение в Евразии, соединяя ближние и дальние рынки, что требует усиленного развития транспортно-логистической системы. Так, в одну только модернизацию портов Акатау и Курык инвестируют компании Китая, Германии, ОАЭ, Сингапура, Турции, Ирана. В партнерстве с центральноазиатскими предприятиями по предоставлению комплексных предложений по перевозке грузов заинтересованы ведущие мировые игроки.

ОТКРЫТОСТЬ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО И КЛИЕНТОЦЕНТРИЧНОСТЬ

Международная логистическая компания **Logilink** – еще один участник выставки Mining and Metals Central Asia 2024 и та команда, которая помогает решать логистические задачи практически любого масштаба. Организация, чей головной офис находится в Дубае ОАЭ, специализируется на выполнении сложных чартерных рейсов и проектных перевозок. Из предложений компании в Центральной Азии сейчас наиболее востребованы чартерные грузовые перевозки и логистические решения для проектных грузов. Еще одна актуальная задача Logilink – обеспечение рынка грузовыми самолетами

для удовлетворения растущих потребностей. Это связано с тем, что регион активно развивается, и требуется доставка тяжелого оборудования и материалов для реализации инфраструктурных и промышленных проектов.

О перспективах работы в Центральной Азии мы поговорили с руководителем департамента логистики Дмитрием Баукиным.



– Дмитрий, представьте, пожалуйста, компанию **Logilink** нашим читателям.

– Миссия **Logilink** заключается в предоставлении надежных и эффективных логистических решений, которые способствуют развитию бизнеса наших клиентов. Компания специализируется на комплексном управлении логистическими процессами, обеспечивает эффективность и надежность в каждом шаге доставки, предоставляет индивидуальные решения для каждого клиента.

Что касается нашего присутствия в странах Центральной Азии, то на сегодняшний день партнерами уже являются крупные добывающие и строительные предприятия. Так, мы практически еженедельно доставляем грузы для нефтяных компаний и занимаемся отправкой элементов нефтяной промышленности для ремонта в страны Ближнего Востока и Китая.

– Вы впервые принимаете участие в выставке **Metal Mining Central Asia** в Алматы. Какие цели ставите перед собой?

– Мы стремимся познакомиться на выставке с новыми партнерами, укрепить существующие отношения, представить свой бренд. Продемонстрируем свои возможности в области сложных проектных перевозок для горнодобывающей промышленности и других отраслей. Еще одна важная задача – познакомить партнеров с полным спектром наших предложений.

Например, **Logilink** может быстро и эффективно организовать перевозку опасных грузов (DG), а также крупногабаритных грузов по воздуху. У нас есть опыт и знания, необходимые для выполнения таких операций, и мы приглашаем центральноазиатские компании оценить преимущества этого варианта транспортировки.



– Правда ли, что рынок логистических услуг в Центральной Азии сейчас растет?

– Да. Сегодня идет активное развитие инфраструктуры и увеличение объема международной торговли. Мы сами наблюдаем значительное увеличение количества грузоперевозок, особенно оно заметно в горно- и нефтедобывающих отраслях. Это позитивные перемены, но они требуют внедрения новых решений в рабочий процесс, создают как возможности, так и вызовы для логистических компаний.

– Какие вызовы на рынке региона вы можете выделить для себя?

– Это скорее не вызовы, а особенности работы. Одна из них – наличие горного рельефа, которому нужно уделять максимальное внимание при разработке плана транспортировки. Также в регионе ценят гибкий подход, понимание местной специфики работы, учет геополитической ситуации. Есть свои особенности и в процедурах получения разрешений, нормативной базе, некоторые ограничения инфраструктуры. Однако, я бы не сказал, что эти факторы являются для нас серьезными препятствиями.

Мы изначально настроены на управление сложными логистическими операциями, а в решении задач нам помогают тесное сотрудничество и понимание местных игроков, тщательная подготовка и планирование каждого шага. Например, для одного из партнеров – строителя крупных объектов мы организовали своевременную доставку тяжелого оборудования непростым маршрутом. Это позволило им завершить проект в срок и не выйти за рамки бюджета.

– Какие цели ставит перед собой **Logilink** в Центральной Азии?

– В ближайшие годы мы планируем расширять свое присутствие, увеличивать объемы чартерных рейсов и развивать партнерские отношения с локальными игроками. Также планируем внедрение новых технологий для того, чтобы сделать логистические процессы еще более прозрачными и эффективными. Обладая глубоким пониманием региональных особенностей и многолетним опытом работы, эксперты компании могут предложить партнерам решения самых сложных логистических задач, которые помогут бизнесу развиваться и достигать новых высот. Мы действительно видим потенциал рынка Центральной Азии и готовы всестороннее содействовать его развитию.

Код МРНТИ 52.31.29:55.33.33

М.К. Имангазин, *Б.Т. Уахитова, М.Г. Султанов, А.Т. Игисенова
ZHUBANOV UNIVERSITY (Ақтобе қ., Қазақстан)

ГАЙ КЕН ОРНЫНДА ӨНДІРУДІҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ӨЗІЖҮРГІ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ ЖАҢА ТҮРЛЕРІН ЕНГІЗУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аннотация. Бұл мақалада мыс өндірудің өнімділігі мен тиімділігін арттырудың негізгі элементі болып табылатын Гай мысты колчеданды кен орнындағы жабдықты жаңарту үдерісі қарастырылады. Sandvik DL420-15 жаңа бұрғылау қондырғысының енгізілуін және оның өндірістік көрсеткіштерге, соның ішінде өндірістің тәуліктік көлеміне және бұрғылаудың ауысымдық өнімділігіне әсерін талдауға баса назар аударылады. Sandvik DL420-15 бұрғылау қондырғысын математикалық үлгілеу арқылы енгізгеннен кейінгі нәтижелер бұрғылау тиімділігінің айтарлықтай жақсаруына әкеледі. Алынған нәтижелер озық технологияларға инвестиция салуы дәлелі болып табылуы ұқсас кәсіпорындарда кенді өндірудің одан әрі дамуы мен тұрақты өсуі үшін маңызды екенін растайды.

Түйінді сөздер: мысты колчеданды кен орны, жабдықты жетілдіру, Sandvik DL420-15 өзіжүргі бұрғылау қондырғысы, бұрғылау өнімділігі, мыс өндіру, заманауи технологиялар, жаңартпалар.

Introduction and optimization of new types of self-propelled equipment to improve the efficiency of mining at the Gai field

Abstract. This article discusses the process of possible modernization of equipment at the Gaisky copper-crust deposit, which is a key element for increasing productivity and efficiency of copper mining. The main attention is paid to the analysis of the introduction of the new Sandvik DL420-15 drilling rig and its impact on production indicators, including daily production volume and shift drilling productivity. The results after the implementation of the Sandvik DL420-15 drilling rig by mathematical modeling lead to a significant improvement in drilling efficiency. The results confirm that investment in advanced technologies is important for the further development and sustainable growth of ore mining at similar enterprises.

Key words: copper ore deposit, equipment improvement, Sandvik DL420-15 self-propelled drilling rig, drilling performance, copper mining, modern technologies, upgrades.

Внедрение и оптимизация новых видов самоходного оборудования для повышения эффективности добычи на Гайском месторождении

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс возможной модернизации оборудования на Гайском медноколчеданном месторождении, который является ключевым элементом для увеличения производительности и эффективности добычи меди. Основное внимание уделено анализу внедрения новой буровой установки Sandvik DL420-15 и ее влиянию на производственные показатели, включая суточный объем добычи и сменную производительность бурения. После предлагаемого внедрения буровой установки Sandvik DL420-15 путем математического моделирования, результаты дают значительное повышение эффективности бурения. Полученные результаты служат подтверждением того, что инвестиции в передовые технологии критически важны для дальнейшего развития и устойчивого роста добычи руды на аналогичных предприятиях.

Ключевые слова: медноколчеданное месторождение, модернизация оборудования, самоходная буровая установка Sandvik DL420-15, производительность бурения, добыча меди, современные технологии, инновации.

Кіріспе

Оңтүстік Орал аймағында орналасқан Гай кен орны Ресейдің пайдалы қазбаларды өндіру саласында жетекші орын алады. Мыс өндіру кезінде ең жаңа технологиялар мен жаңартылған жабдықты пайдалану, әсіресе күрделі геология мен тау жыныстарында жұмыс істеу кезінде өнімділікті арттыру үшін өте маңызды екенін талдау растайды [1]. Гай кен орнындағы жабдықтың тозуының жоғары деңгейі өндірісте қайталанатын тоқтап қалуға және оны жөндеу мен қызмет көрсету шығындарының артуына әкеледі. Сонымен қатар, қазіргі уақытта қолданылатын жабдық көбінесе тиімділік пен экологиялық қауіпсіздік саласындағы өзекті стандарттарға сәйкес келмейді.

Гай кен орнын жаһандық көшбасшылар мәнмәтінінде талдай отырып, оның одан әрі дамуы үшін негізгі салаларды бөлуге болады. Ең алдымен, автоматтандыру жүйелері мен жаңа жабдықтар сияқты заманауи технологияларды енгізу қажеттілігіне назар аударған жөн, бұл кенді өндіру және өңдеу үдерістерінің тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Материалдар мен әдістер

Қазу жүйесін таңдау кен орнының тау-кен-геологиялық және тау-кен техникалық жағдайларын, жер қойнауынан кенді барынша және мақсатқа сай алуға ұмтылуы, сондай-ақ өндіру құны мен еңбек өнімділігін есепке алады

ескере отырып, бәсекелес нұсқаларды техникалық-экономикалық салыстыру арқылы жүзеге асырылады [2, 3].

Жабдықты жетілдірудің ұсынылған бағыттарының техникалық-экономикалық тиімділігін бағалау үшін еңбек өнімділігінің, өндірудің өзіндік құнының, кеннің жоғалымы мен құнарсыздандырудың көрсеткіштері бойынша есептеулер жүргізілді, олар 1-кестеде келтірілген [4, 5].

Талдау нәтижелері Гай кен орнында мыс өндіруге арналған технологиялық жабдықтың оңтайлы жақсаруы қабатаралықты уату және өндіру кеңістікті толтырмалауды қамтитын қабатты-кенүңгірлік құрылымды қазу жүйесін енгізу болатынын растайды.

Ұсынылған кен орнын қазу жүйесінде БП-100С бұрғылау қондырғысы қолданылады. Өзіжүргі жабдық болып табылатын бұл бұрғылау қондырғылары жоғары икемді дәрежеге ие және тау-кен қазбаларын бұрғылау-жару әдісімен тиімді үңгілеуге қабілетті. Бұрын НКР-100МА бұрғылау білдектері «Гайский ГОК» жерасты кенішінде пайдалы қазбаларды аршу үшін кенүңгірлерді дайындау үшін қолданылған. Өнімділікті арттыру мақсатында шетелде өндірілген өзіжүргі гидроперфоратор білдектері сатып алынды. «Гайский ГОК» ААҚ кәсіпорындарында жүргізілген БП-100С бұрғылау қондырғысының өнеркәсіптік сынақтары [6] барлық сындарлы және техникалық шешімдердің тиімділігін растады, нәтижесінде қондырғы жаппай өндіріске енгізуге мақұлданды. БП-100 білдегімен

Кесте 1

Қазу жүйелері бойынша техникалық-экономикалық көрсеткіштер

Table 1

Technical and economic indicators for excavation systems

Таблица 1

Технико-экономические показатели по системам разработок

Қазу жүйесі	Көрсеткіштері			
	Қазу жүйесі бойынша еңбек өнімділігі, т/адам*тәулік	Өндірудің өзіндік құны 1 т кен, руб*	Жоғалымы, %	Құнарсыздандыру, %
1. Қабатты-кенүңгірлі қазу жүйесімен өндіру кеңістікті толтырмалау	12-25	0,82-1,25	3,0-5,0	3,0-5,0
2. Қабатты-кенүңгірлі қазу жүйесін қабатаралықпен уату және өндіру кеңістікті толтырмалау	60-80	0,40-0,48	3,0-5,0	3,0-5,0

бұрғылаудың орташа тиімділігі 19 метрге жетті, бұл оның жұмыс жағдайлары бірдей болған кезде НКР-100МА білдегінен артықшылығын көрсетті. Алайда, жабдықтың бұл түрі аршу жұмыстарымен байланысты барлық мәселелерді шеше алмайды, сондықтан ең жаңа технологиялық жабдықты енгізу нұсқалары зерттелуде.



Сурет 1. БП-100С бұрғылау білдегі.

Figure 1. Drilling machine BP-100C

Рис. 1. Бурильный станок БП-100С.

БП-100С бұрғылау білдегі проф. М.М. Протождьяконов шкаласына сәйкес 6-дан 18-ге дейінгі беріктігі бар әртүрлі тау жыныстарында диаметрі 110-дан 160 мм-ге дейінгі техникалық ұңғымалардың әртүрлі түрлерін бұрғылауға арналған. 2-кестеде БП-100С бұрғылау білдегінің көрсеткіштері ұсынылған [7].

Нәтижелер

Бұл кен орнында осы қазу жүйесінің тиімділігін арттыру үшін математикалық үлгілеумен келесі жабдық ұсынылады.

Sandvik DL420-15 бұрғылау қондырғысы [8, 9] жер асты жағдайында кең ауқымды аршу жұмыстары жағдайында терең ұңғымаларды бұрғылау үшін арнайы жасалған, 89-127 мм және ұзындығы 54 метрге дейінгі ұңғымаларды бұрғылауға қабілетті (сурет 2).



Сурет 2. Sandvik DL420-15 бұрғылау қондырғысы.

Figure 2. Sandvik DL420-15 drilling rig.

Рис. 2. Буровая установка Sandvik DL420-15.

Қазіргі уақытта «Гайский» кенішінде тау жұмыстары -750 м/-830 м (өндірілуде); -910 м/-990 м және -1150 м/-1230 м қабаттарда жүргізіледі. Жобалау үшін -1070 м/-1310 м горизонттары арасындағы 103835,1 мың т (В+С1+С2) мөлшерінде баланстық сапастар қабылданады:

- мыс кені – 83483,4 мың.т;
- мыс-мырышты кені – 6645,5 мың.т;
- күкіртті-колчеданды – 13706,2 мың.т.

Кен орнының қарқындылығы бойынша кеніштің жылдық өндірістік қуаты, т/жыл.

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6, \quad (1)$$

$$A_i = \frac{1-P}{1-R} \cdot S_i \cdot V_i \cdot \gamma_p \cdot k_{ai} \cdot k_{mi}, \quad (2)$$

мұндағы A_1 – кен денесі бойынша өндірістік қуаты 14/5, т/жыл; A_2 – кен денесі бойынша өндірістік қуаты 35, т/жыл; A_3 – кен денесі бойынша өндірістік қуаты 31/36, т/жыл; A_4 – кен денесі бойынша өндірістік қуаты 19, т/жыл; A_5 – кен денесі бойынша өндірістік қуаты 39, т/жыл; A_6 – кен

БП-100С бұрғылау білдегінің техникалық көрсеткіштері

Кесме 2

Technical parameters of the BP-100C drilling rig

Table 2

Технические показатели бурового станка БП-100С

Таблица 2

Көрсеткіштің атауы	Көрсеткіштің мәні	
	Стандартты жабдық	Жоғары қысымды жабдық
Тау-кен қазбасының өлшемдері (ені Х биіктігі), м		
Минималды	2,7x2,7	3,0 x 3,0
Максималды	4,1x4,1 (4,5*х4,5*)	4,1x4,1 (4,5*х4,5*)
Бұрғылау диаметрі, мм	85**, 105, 110, 130, 160	110, 130, 160
Бұрғылау тереңдігі, м дейін	100	150
Бұрғылау қоймасының диаметрі, мм	76, 89	76, 89
Бұрғылау бағыты		
тік және көлбеу жазықтықтардағы дөңгелек желдеткіш және параллель ұңғымалар (-20°...+20°), бұрыш	0...360	0...360
Станоктың максималды қозғалыс жылдамдығы, км / сағ	4	4
Ең жоғары көтерілу бұрышы, бұрыш	12	12
Сығылған ауаның жұмыс қысымы, МПа (кгс/см ²)	0,4...0,5 (4...5)	1,5...2,5 (15...25)
Су магистраліндегі жұмыс қысымы, МПа(кгс / см2)	0,6...1,2 (6...12)	2,5...3,0 (25...30)
Су шығыны, л/мин	10-18	20-30
Жұмыс жағдайындағы жалпы өлшемдер, мм		
Ұзындығы	4900	4900
ені (максималды)	1812	1812
биіктігі минималды (ұзартылған ұяшықтар жоқ)	2650/3100*	2950/3100*
(с максималды биіктік (ұзартылған ұялармен)	4100/4550*	4100/4550*
білдектің салмағы (штангалар мен қосалқы бөлшектер жиынтығынсыз), кг	3800	3900
Көліктік жағдайдағы габариттік өлшемдер, артық емес, мм		
ұзындығы (жетекші жеңді орау кронштейні жоқ)	4100	4400
ені минималды (штангалық дүкендер жоқ)	1611	1611
биіктігі	2000	2000

денесі бойынша өндірістік қуаты 17, т/жыл; **Π** – кеннің жоғаламы, бірлік үлесі; **R** – кеннің құнарсыздандыруы, бірлік үлесі; **S_i** – кен денелерінің орташа көлденең ауданы; м²; **V_i** – тау-кен жұмыстарының жылдық төмендеуі, м/жыл; **γ_p** – кеннің тығыздығы, т/м³; **k_{mi}** – кен денесінің түсу бұрышы, бірлік үлесін ескеретін коэффициент; **k_{mi}** – кен денесінің қуатын, бірлік үлесін ескеретін коэффициент.

$$A_1 = \frac{1-0,03}{1-0,05} \cdot 91960 \cdot 11 \cdot 4,2 \cdot 0,95 \cdot 0,6 = 2415177 \text{ т/жыл.}$$

$$A_2 = \frac{1-0,03}{1-0,05} \cdot 67855 \cdot 10 \cdot 4,2 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 1745944 \text{ т/жыл.}$$

$$A_3 = \frac{1-0,03}{1-0,05} \cdot 26400 \cdot 10 \cdot 4,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 905714 \text{ т/жыл.}$$

$$A_4 = \frac{1-0,03}{1-0,05} \cdot 11245 \cdot 20 \cdot 4,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 964465 \text{ т/жыл.}$$

$$A_5 = \frac{1-0,03}{1-0,05} \cdot 3740 \cdot 33 \cdot 4,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 529276 \text{ т/жыл.}$$

$$A_6 = \frac{1-0,03}{1-0,05} \cdot 3105 \cdot 33 \cdot 4,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 439413 \text{ т/жыл.}$$

$$A = 2415177 + 1745944 + 905714 + 964465 + 529276 + 439413 = 699998 \text{ т/жыл.}$$

A = 7,000 млн. т/жыл деп қабылданады.
Қорларды қазу мерзімі – 1070/1310 м, жыл.

$$T = \frac{(1-\Pi) \cdot Q_{ж}}{(1-R) \cdot A} + t_d + t_{ы}, \tag{3}$$

мұндағы **t_d** + **t_{ыдырау}** – тау-кен жұмыстарының дамуы мен ыдырау уақыты, жылдар.

$$T = \frac{(1 - 0,03) \cdot 103,8351 \cdot 10^6}{(1 - 0,05) \cdot 7,000 \cdot 10^6} + 2 + 3 = 20 \text{ жыл.}$$

Ұсынылған бұрғылау жабдықтарын пайдалану кезінде нақты болжалды қуат: шахта жұмысының тәртіптемесі аптасына 6 күн деп қабылданады. Жылдағы жұмыс күндерінің саны 305. Жұмыс ауысымның ұзақтығы 7,0 сағ. Жұмыстағы ауысым саны тәулігіне 3, кен беру бойынша саны 3.

Жер үсті қызметтері үшін аптасына 5 күн жұмыс тәртіптемесі қабылданады. Жылдағы жұмыс күндерінің саны 251. Жұмыс ауысымның ұзақтығы 8,0 сағ. Тәулігіне жұмыс ауысымның саны 1.

Кеніштің жөндеу қызметі үшін 5 күндік жұмыс тәртіптемесі қабылданады. Жылдағы жұмыс күндерінің саны 251. Ауысым ұзақтығы 7,0 сағ. Тәулігіне ауысым саны 2.

Кеннің тәуліктік көлемі, т/тәулік

$$A_T = \frac{A}{N_K} \quad (4)$$

мұндағы N_K – жылдағы жұмыс күндерінің саны, күндер;

$$A_T = \frac{7000000}{305} = 22951 \text{ т/т.}$$

Ауысымдық кен көлемі, т / ауысым

$$A_{\text{ауысым}} = \frac{A_T}{N_{\text{ауысым}}} \quad (5)$$

мұндағы $N_{\text{ауысым}}$ – тәуліктегі жұмыс ауысымдарының саны, ауысымдар.

$$A_{\text{ауысым}} = \frac{22951}{3} = 7651 \text{ т/ауысым.}$$

Жыныстардың ауысымдық көлемі, м³/ауысым

$$A_{\text{ауысым.ж.}} = \frac{0,3 \cdot A_{\text{ауысым}} \cdot k_K}{\gamma_{\text{ж}}}$$

мұндағы $\gamma_{\text{ж}}$ – жыныстың тығыздығы, т/м³; k_K – копсыту коэффициенті, бірлік үлесі.

$$\text{Асмен.п} = \frac{0,3 \cdot 7651 \cdot 1,5}{2,8} = 1230 \text{ м}^3/\text{смен.}$$

Ресей мен Қазақстандағы шахталарда шетелдік бұрғылау машиналарының қалай қолданылатынын талдай отырып, олардың жақсы жұмыс істейтіні және әртүрлі тау жағдайларында бұрғылауға жарамды екендігі байқалды. 3-кестеден есептеулерді және бұл машиналардың басқа-

Кесте 3

Гай кен орнындағы БП-100С бұрғылау қондырғысының нақты өнімділігі мен сипаттамасы туралы деректер және Нұрқазган кенішіндегі жұмысын ескере отырып, сол кен орнындағы Sandvik DL420-15 бұрғылау машинасының болжалды есептік өнімділігі мен сипаттамасы.

Table 3

Data on the actual performance and characteristics of the BP-100S drilling rig at the Gai field and the estimated performance and characteristics of the Sandvik DL420-15 drilling machine at the same field, taking into account work at the Nurkazgan mine

Таблица 3

Данные о фактической производительности и характеристике буровой установки БП-100С на месторождении Гай и расчетная производительность и характеристика буровой машины Sandvik DL420-15 на том же месторождении с учетом работы на руднике Нурказган

Көрсеткіштер	«Қыштым машина жасау бірлестігі» АҚ (ҚМО)	«Sandvik-Tamrock» (Финляндия)
Бұрғылау машинасының түрі	БП-100С	SANDVIK DL 420-15
Қолдану тәжірибесі	ПР «Гайский ГОК»	Месторождение Нурказган
Ауысымдық өнімділік (м/ауысым)	20-30	150
Диаметр (мм)	105-160	89-127
Ұңғыманың тереңдігі (м)	≤100	≤54
Беріктігі	6-20	6-20
Қ.Қ.С. (м)	2,5	2,5
ЖЗ меншікті шығыны, (кг/т)	0,385	1
Кеннің шығымы 1 п. м., (т/п. м.)	15,96	16,5
Кенжар ауданы, (м ³)	595,3	415
ЖЗ шығыны, (кг)	2120	2106,15
Қуаты, (кВт)	18	110
Қозғалыс жылдамдығы, (км/сағ)	4	6,5
Ені, (мм)	1812	2240
Ұзындығы, (мм)	4900	10240
Биіктігі, (мм)	2650	3100-3700
Салмағы, (кг)	3800	22000-23000

лармен салыстырғанда қалай жұмыс істейтінін көруге болады.

Гай мысты колчеданды кен орнының тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттері Нұрқазған кен орнының тау жыныстары мен кендерінің ұқсас параметрлеріне айтарлықтай ұқсас [10, 11].

Сондықтан Гай кен орны жағдайында Sandvik DL420-15 жұмысының болжалды өнімділігімен салыстыру үшін Нұрқазған кен орнында Sandvik DL420-15 бұрғылау қондырғысының жұмыс тәжірибесін пайдалануға болады.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, негізгі тәжірибелік нәтижелер келесідей:

1. Sandvik DL420-15 бұрғылау қондырғысын енгізу ескі БП-100С жабдығын пайдалану кезінде қол жеткізілген

8000 тоннамен салыстырғанда кен өндірудің тәуліктік көлемін 22951 тоннаға дейін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік берді.

2. Бұрғылаудың ауысымдық өнімділігі Sandvik DL420-15 үшін БП-100С машинасын пайдалану кезінде 20-30 метрден 150 метрге дейін өсті, бұл алдыңғы көрсеткіштерден 5 есе көп.

3. Бұрғылау жабдықтарын жаңарту өндірістің жалпы көлемін 2,5-3 есе арттыруға мүмкіндік береді, өндірістік көрсеткіштерді жақсарту үшін технологиялық жаңартудың маңызды артықшылықтарын пайдалану.

4. Зерттеулер өндірістегі жоғары тиімділік пен қауіпсіздік көрсеткіштерін сақтау үшін үздіксіз технологиялық жаңарту мен жаңартпалардың маңыздылығын растады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аллабердин А.Б. Мыс кен орындарының пайда болуының тау-кен геологиялық жағдайларын талдау. / А.Б. Аллабердин, А.С. Валеев, А.А. Зубков. // Қазіргі жаратылыстану ғылымдарының жетістіктері. 2021. №4. Б. 44-51 (орыс тілінде)
2. Зубков А.В. Гай жерасты кенішіндегі тау қысымын басқару әдістерін таңдау. / А.В. Зубков, С.В. Сентябов. // ГИАБ. 2021. №5-2. Б. 64-79 (орыс тілінде)
3. Хук Э. Хук-Браунды жою критерийі және GSI – 2018 басылымы. / Э. Хук, Э.Т. Браун. // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. 2019. №11. Б. 445-463 (ағылшын тілінде)
4. Имашев А.Ж. Табиғи кернеу өрісін және жарылыс күшінің тау жыныстарының массасына әсерін зерттеу арқылы жарылыс көрсеткіштерінің сапасын жақсарту. / А.Ж. Имашев, А.Е. Судариков, А.А. Мусин, А.М. Сүйімбаева, С.Ю. Сунь. // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым Академиясының Жаңалықтары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы. 2021. Т. 4. №448. Б. 30-35 (ағылшын тілінде)
5. Тоштемуров У.Т. Тау-кен қазбаларын дәнекерлеуге көшіру кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының ұтымды параметрлерін есептеу әдістерін талдау. // Academicia халықаралық пәнаралық зерттеу журналы, Оңтүстік Азия баспасы шығарған Academic Research Journals of CDL College of Education. 2020. Т. 10. Шығ. 11. Б. 1923-1930 (ағылшын тілінде)
6. Люханов В.В. «Машина жасау холдингі» ЖАҚ: «Гайский ГОК» бұрғылау білдегін жаңғырту. / В.В. Люханов, С.Б. Алферов. // Тау-кен өнеркәсібі. 2013. №3 (109). Б. 36 (орыс тілінде)
7. Люханов В.В. «Гайский ГОК» ЖАҚ жағдайында БП-100С бұрғылау білдегін жаңарту. / В.В. Люханов, С.Б. Алферов. // Тау-кен өнеркәсібі. 2013. №3. Б. 36-36 (орыс тілінде)
8. Sandvik DL-421 бұрғылау қондырғысының паспорты (орыс тілінде)
9. 10 жылдық сервистік келісімшарт: Sandvik пен Қазақмыс арасындағы табысты ынтымақтастықтың мерейтойы. // Тау-кен өнеркәсібі. 2023. №2. Б. 56-57 (орыс тілінде)
10. Ермек Е.Е. Нұрқазған жерасты кеніші жағдайындағы Sandvik DL-421 бұрғылау қондырғысының қашықтан басқару жүйесі. / Е.Е. Ермек, О.К. Олжатаев, Н.Ә. Байзулла. // Ғылыми-практикалық зерттеулер. 2020. №5-2. Б. 100-105 (орыс тілінде)
11. Ермек Е.Е. Нұрқазған жерасты кеніші жағдайында DL-421 сериялы Sandvik сериялы бұрғылау бұрғыларын жаңғыртуды талдау. // Технологиялар мен білім берудегі инновациялар. 2020. Б. 72-74 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Allaberdin A.B. Analiz gorno-geologicheskikh uslovii zaleganiya mednokolchedannykh mestorozhdenii. / A.B. Allaberdin, A.S. Valeev, A.A. Zubkov. // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2021. №4. S. 44-51 [Allaberdin A.B. Analysis of mining and geological conditions of occurrence of copper-cruste deposits. / A.B. Allaberdin, A.S. Valeev, A.A. Zubkov. // Successes of modern natural science. 2021. №4. P. 44-51] (in Russian)
2. Zubkov A.V. Vybor metodov upravleniya gornym davleniem na gaiskom podzemnom rudnike. / A.V. Zubkov, S.V. Sentyabov. // GIAB. 2021. №5-2. S. 64-79 [Zubkov A.V. The choice of methods for controlling rock pressure at the Gaisky underground mine. / A.V. Zubkov, S.V. Sentyabov. // GIAB. 2021. №5-2. P. 64-79] (in Russian)
3. Hoek E. The Hoek-Brown failure criterion and GSI – 2018 edition. / Hoek E., Brown E.T. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2019. №11. P. 445-463 (in English)

4. *Imashev A.Zh. Improving the quality of blasting indicators by studying the natural stress field and the impact of the blast force on the rock mass. / A.Zh. Imashev, A.E. Sudarikov, A.A. Musin, A.M. Suimbayeva, S.Yu. Asan. // News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2021. Vol. 4. №448. P. 30-35 (in English)*
5. *Toshtemirov U.T. Analysis of methods for calculating the rational parameters of drilling-blasting operations in the transition of mining sorder. // ACADEMICIA International Multidisciplinary Research Journal Published by South Asian Academic Research Journals Publication of CDL College of Education. 2020. Vol. 10. Issue 11. P. 1923-1930 (in English)*
6. *Lyukhanov V.V. ZAO «Mashinostroitel'nyi Kholding»: Modernizatsiya burovogo stanka BP-100S v usloviyakh OAO «Gaiskii GOK». / V.V. Lyukhanov, S.B. Alferov. // Gornaya promyshlennost'. 2013. №3 (109). S. 36. [Lyukhanov V.V. CJSC «Machine-Building Holding»: Modernization of the BP-100S drilling rig in the conditions of JSC Gaiskiy GOK. / V.V. Lyukhanov, S.B. Alferov. // Mining industry. 2013. №3 (109). P. 36] (in Russian)*
7. *Lyukhanov V.V. Modernizatsiya burovogo stanka BP-100S v usloviyakh OAO Gaiskii GOK. / V.V. Lyukhanov, S.B. Alferov. // Gornaya promyshlennost'. 2013. №3. S. 36-36 [Lyukhanov V.V. Modernization of the BP-100S drilling rig in the conditions of JSC Gaiskiy GOK. / V.V. Lyukhanov, S.B. Alferov. // Mining Industry. 2013. №3. P. 36-36 (in Russian)*
8. *Pasport burovoy ustanovki Sandvik DL-421 [Passport of the Sandvik DL-421 drilling rig] (in Russian)*
9. *Servisnyi kontrakt dlinoi v 10 let: Yubilei uspehnogo sotrudnichestva Sandvik i Kazakhmys. // Gornaya promyshlennost'. 2023. №2. S. 56-57 [A 10-year service contract: The anniversary of the successful cooperation between Sandvik and Kazakhmys. // Mining Industry. 2023. №2. P. 56-57] (in Russian)*
10. *Ermekek E.E. Sistema distantsionnogo upravleniya burovoy ustanovki Sandvik DL-421 v usloviyakh podzemnogo rudnika Nurkazgan. / E.E. Ermekek, O.K. Olzhataev, N.A. Baizulla. // Nauchno-prakticheskie issledovaniya. 2020. №5-2. S. 100-105 [Ermekek E. E. Remote control system of the Sandvik DL-421 drilling rig in the conditions of the Nurkazgan underground mine. / E.E. Ermekek, O.K. Olzhataev, N.A. Baizulla. // Scientific and practical research. 2020. №5-2. P. 100-105] (in Russian)*
11. *Ermekek E.E. Analiz modernizatsii seriinykh burovyykh sverl Sandvik serii DL-421 v usloviyakh podzemnogo rudnika Nurkazgan. // Innovatsii v tekhnologiyakh i obrazovanii. 2020. S. 72-74 [Ermekek E. E. Analysis of the modernization of serial Sandvik DL-421 series drilling drills in the conditions of the Nurkazgan underground mine. // Innovations in Technology and Education. 2020. P. 72-74] (in Russian)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Аллабердин А.Б. Анализ горно-геологических условий залегания медноколчеданных месторождений. / А.Б. Аллабердин, А.С. Валеев, А.А. Зубков. // Успехи современного естествознания. 2021. №4. С. 44-51 (на русском языке)*
2. *Зубков А.В. Выбор методов управления горным давлением на гайском подземном руднике. / А.В. Зубков, С.В. Сентябов. // ГИАБ. 2021. №5-2. С. 64-79 (на русском языке)*
3. *Хук Э. Критерий разрушения Хука-Брауна и издание GSI – 2018. / Хук Э., Браун Э.Т. // Журнал механики горных пород и геотехнической инженерии. 2019. №11. С. 445-463 (на английском языке)*
4. *Имашев А.Ж. Повышение показателей качества взрывных работ путем изучения естественного поля напряжений и воздействия силы взрыва на горный массив. / А.Ж. Имашев, А.Е. Сударики, А.А. Мусин, А.М. Суимбаева, С.Ю. Сун. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геолого-технических наук. 2021. Т. 4. №448. С. 30-35 (на английском языке)*
5. *Тоштемиров У.Т. Анализ методов расчета рациональных параметров буровзрывных работ при переходе горных выработок на припой. // Международный междисциплинарный исследовательский журнал ACADEMICIA, издаваемый южноазиатским издательством Academic Research Journals of CDL College of Education. 2020. Т. 10. Вып. 11. С. 1923-1930 (на английском языке)*
6. *Ляханов В.В. ЗАО «Машиностроительный Холдинг»: Модернизация бурового станка БП-100С в условиях ОАО «Гайский ГОК». / В.В. Ляханов, С.Б. Алферов. // Горная промышленность. 2013. №3 (109). С. 36. (на русском языке)*
7. *Ляханов В.В. Модернизация бурового станка БП-100С в условиях ОАО Гайский ГОК. / В.В. Ляханов, С.Б. Алферов. // Горная промышленность. 2013. №3. С. 36-36 (на русском языке)*
8. *Паспорт буровой установки Sandvik DL-421 (на русском языке)*
9. *Сервисный контракт длиной в 10 лет: Юбилей успешного сотрудничества Sandvik и Казахмыс. // Горная промышленность. 2023. №2. С. 56-57 (на русском языке)*
10. *Ермекек Е.Е. Система дистанционного управления буровой установки Sandvik DL-421 в условиях подземного рудника Нурказган. / Е.Е. Ермекек, О.К. Олжатаев, Н.А. Байзулла. // Научно-практические исследования. 2020. №5-2. С. 100-105 (на русском языке)*
11. *Ермекек Е.Е. Анализ модернизации серийных буровых сверл Sandvik серии DL-421 в условиях подземного рудника Нурказган. // Инновации в технологиях и образовании. 2020. С. 72-74 (на русском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:

Имангазин М.К., техника ғылымдарының кандидаты, Қ. Жубанов ат. Ақтөбе өңірлік университеті «Металлургия және тау-кен ісі» кафедра профессоры (Ақтөбе қ., Қазақстан), m.imangazy@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4228-6380>

Уахитова Б.Т., Қ. Жубанов ат. Ақтөбе өңірлік университетінің «Металлургия және тау-кен ісі» кафедрасының меңгерушісі, PhD-доктор (Ақтөбе қ., Қазақстан), Uakhitova_bt@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1156-8809>

Сұлтанов М.Г., Қ. Жубанов ат. Ақтөбе өңірлік университетінің «Металлургия және тау-кен ісі» кафедрасының аға оқытушысы (Ақтөбе қ., Қазақстан), tushkaadai@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2431-1343>

Игисенова А.Т., Қ. Жубанов ат. Ақтөбе өңірлік университетінің «Металлургия және тау-кен ісі» кафедрасының магистранты (Ақтөбе қ., Қазақстан) aneligisenova2706@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-1955-0624>

Information about the authors:

Imangazin M.K., Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Metallurgy and Mining of the Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Uakhitova B.T., PhD, Head of the Department of Metallurgy and Mining of the Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Sultanov M.G., Senior lecturer of the Department of Metallurgy and Mining of the Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Igisenova A.T., Master's student of the Department of Metallurgy and Mining of the Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Информация об авторах:

Имангазин М.К., канд. техн. наук, профессор кафедры «Металлургия и горное дело» НАО Актюбинского Регионального университета им. К. Жубанова (г. Ақтөбе, Қазақстан)

Уахитова Б.Т., доктор PhD, заведующий кафедрой «Металлургия и горное дело» НАО Актюбинского Регионального университета им. К. Жубанова (г. Ақтөбе, Қазақстан)

Сұлтанов М.Г., ст. преподаватель кафедры «Металлургия и горное дело» НАО Актюбинского Регионального университета им. К. Жубанова (г. Ақтөбе, Қазақстан)

Игисенова А.Т., магистрант кафедры «Металлургия и горное дело» НАО Актюбинского Регионального университета им. К. Жубанова (г. Ақтөбе, Қазақстан)

Smartgopro

GO DIGITAL EURASIA

Конференция + выставка в
формате живого общения
16-17 октября 2024

Код МРНТИ 52.13.21:52.13.15

*Е.Т. Сердалиев¹, Е.Е. Исаков¹, Д.Б. Аманжолов², Н.П. Шалдунов¹¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТБОЙКИ РУДНЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по повышению эффективности отбойки наклонных рудных тел рудника «Акжал» с помощью создания пространственной модели взрывных процессов, обеспечивающей оптимизацию гранулометрического состава отбитой горной массы, снижение выхода негабарита и однородность распределения фракций отбитой горной массы. Обоснованы оптимальные параметры скважинной отбойки на специальном программном продукте SHOTPLUS™ UNDERGROUND из условий процесса взрывания и упруго-прочностных характеристик массива горных пород. Определены рациональный порядок инициирования зарядов в веере скважин и временные интервалы замедления, улучшающие условия управления энергией взрыва, с учетом действия взрыва в сторону открывающихся поверхностей после взрыва зарядов первой очереди.

Ключевые слова: руда, добыча, массив, отбойка, скважинный заряд, энергия взрыва, моделирование, интервал замедления.

Арнайы интегралданған бағдарламалық өнімдермен модельдеу әдісін қолдану арқылы кен шоғырларын қопару параметрлерін оңтайландыру

Аңдатпа. Мақалада «Акжал» кенішінің еніс кен шоғырларын қопарудың тиімділігін арттыру үшін жарылыс процесінің кеңістіктегі моделін құру арқылы қопарылған тау-кен массасының кесектілік құрамын жақсартуды, үлкен кесектер шығымын төмендетуді және қопарылған тау-кен кесектерінің біркелкі бөлінуін қамтамасыз ететін зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. Жарылыс процесінің шарттары мен таужыныстарының серпімді-беріктік сипаттамалары негізінде SHOTPLUS™ UNDERGROUND арнайы бағдарламалық өнімінің көмегімен ұңғымалық қопарылыстың тиімді параметрлері негізделген. Бірінші кезектегі жарылыстан кейінгі ашылатын бос кеңістіктерді ескере отырып, ұңғымалық тарамдағы зарядтардың атылу тәртібі мен кідіру уақыттарының оңтайлы мәндері анықталған.

Түйінді сөздер: кен, игеру, массив, қопару, ұңғымалық заряд, жарылыс қуаты, модельдеу, кідіру уақыты.

Optimization of ore body picking parameters by simulation method using special integrated software products

Abstract. The article presents the results of research on increasing the efficiency of breaking inclined ore bodies of the Akzhal mine by creating a spatial model of explosive processes, which ensures optimization of the granulometric composition of the broken rock mass, reducing the yield of oversized rocks and the uniformity of the distribution of fractions of the broken rock mass. The optimal parameters of well blasting were substantiated using a special software product SHOTPLUS™ UNDERGROUND based on the conditions of the blasting process and the elastic-strength characteristics of the rock mass. A rational order for initiating charges in a fan of wells and deceleration time intervals that improve the conditions for managing the explosion energy, taking into account the action of the explosion towards opening surfaces after the explosion of the first stage charges, have been determined.

Key words: ore, mining, massif, breaking, borehole charge, explosion energy, modeling, deceleration interval.

Введение

Известно, что эффективность взрывных работ при отбойке рудных тел скважинными зарядами в значительной степени зависит от корректного определения параметров буровзрывных работ, схем взрывания, физико-механических свойств пород и руд, а также от их трещиноватости. Оценка эффективности обычно осуществляется по выходу негабарита, который непосредственно зависит от установленного кондиционного размера куска [1, 2, 3].

В связи с этим, в современных условиях буровзрывные работы должны соответствовать строгим требованиям, включая необходимость дробления горных пород до определенной степени, обеспечивающей высокую эффективность погрузочно-транспортного оборудования, а также достижение заданного гранулометрического состава с минимальным выходом некондиционных фракций.

На отечественных рудниках кондиционный размер отбитых горных пород варьируется от 200 мм до 1000 мм в зависимости от рабочих характеристик горного оборудования и горно-геологических условий месторождения [4, 5]. На исследуемом нами объекте, на руднике «Акжал» установленный размер кондиционного куска составляет 300×300 мм. При этом на данном участке рудные тела представлены наклонными залежами с углом падения <math><50^\circ</math> и средней мощностью 10 м, и разрабатываются они системой поэтажного принудительного обрушения с

торцевым выпуском руды и доставкой руды силой взрыва [6, 7].

В процессе мониторинга добычи наклонных рудных залежей на Восточном участке рудника «Акжал» была выявлена неравномерность дробления взорванной рудной массы, что привело к формированию фракций, не соответствующих проектным размерам кондиционного куска руды в 300 мм. Кроме того, наблюдалось образование навала взорванной рудной массы в отработанной камере, особенно близко к выпускной выработке, и повышенный выход негабаритных фракций (рис. 1).

На горных предприятиях страны в последние годы наблюдается значительное расширение ассортимента как промышленных ВВ, так и средств взрывания с короткозамедленным действием. Этот тренд обусловлен тем, что применение данных методов позволяет добиться более эффективного дробления породы, снизить сейсмический эффект и уменьшить ширину развала.

Большинство исследователей [8, 9] ассоциируют механизм короткозамедленного взрывания и расчет интервалов замедления с волновой гипотезой. Предполагается, что при короткозамедленном взрывании взрыв первой группы зарядов разрушает массив, образуя поверхности обнажения, от которых отражается волна напряжений следующей группы, что приводит к дополнительному дроблению массива.



Рис. 1. Отработка наклонных рудных тел Восточного участка рудника «Акжал».

Сурет 1. «Акжал» кенішінің Шығыс аймағының еңіс кен шоғырларын игеру.

Figure 1. Mining of inclined ore bodies in the Eastern section of the Akzhal mine.

По мнению некоторых ученых [10], порода в первом веере должна переместиться перед взрывом зарядов следующего веера на расстояние, равное $1/3$ от линии наименьшего сопротивления. При этом рекомендуется устанавливать время замедления между скважинами в диапазоне от 10 мс/м в крепких породах до 30 мс/м в слабых.

В связи с этим, в настоящее время вопрос оптимизации параметров буровзрывных работ остается актуальным, поскольку отсутствует связь с задачей повышения коэффициента полезного действия взрывного дробления руды. Расчетные методы интервалов замедления, применяемые в практике взрывного разрушения горных пород, не позволяют эффективно оптимизировать или прогнозировать результаты взрыва, они лишь объясняют природу явления. Это обстоятельство подчеркивает необходимость проведения исследований, направленных на изучение оценки эффективности использования энергии взрыва с помощью рационально заданных интервалов замедления с использованием специальных интегрированных пакетов и программ для качественной отбойки рудных тел.

Методы исследования

На мировом рынке программного обеспечения для горной промышленности, включая буровзрывные работы, представлен широкий выбор горно-интегрированных пакетов и программных продуктов, предназначенных для решения узкоспециализированных задач [11]. Анализ организации работ в зарубежных горных компаниях по-

казывает, что эти программные продукты часто используются для совместной обработки данных на этапах геологоразведки, проектирования и планирования горных работ.

Изучение возможностей различных программных продуктов выявило, что одним из эффективных пакетов для создания численной модели процесса взрыва и определения оптимальных интервалов замедления между взрывами скважинных зарядов является программный продукт SHOTPlus™ UNDERGROUND, разработанный австралийской корпорацией Orica. Особенностью этого пакета является возможность трехмерного моделирования взрывных работ, а также анализа и оптимизации каждого взрыва в условиях подземных очистных работ.

Учитывая уникальные характеристики быстропротекающего процесса, программа SHOTPlus™ UNDERGROUND разработана с учетом специализированных сеточных областей для моделирования с осевой симметрией и плоской модели (рис. 2).

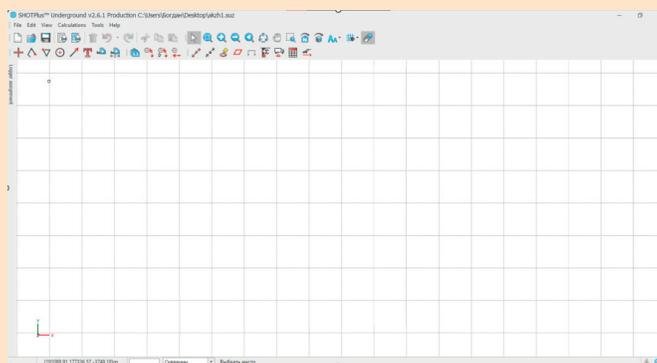


Рис. 2. Сеточная область плоской модели.

Сурет 2. Тегіс модельдің тор аймағы.

Figure 2. Mesh area of a flat model.

Разделение модельной области на сетки обусловлено тем, что взрыв цилиндрического заряда обладает ярко выраженной осевой симметрией в зоне близкой к взрывной полости. Для модели с осевой симметрией выделяются три зоны: ближняя, где направления максимальных деформаций приближены к цилиндрической симметрии; дальняя, предназначенная для адаптации модели к различным граничным условиям; и переходная, обеспечивающая плавное соединение ближней и дальней зон [12].

На основе указанных выше данных была создана численная модель для исследования проблемного участка отбойки наклонных рудных тел на Восточном участке рудника «Акжал». Рудные тела участка имеет мощность $m = 10,0$ м, угол залегания $\alpha = 14^\circ$ и высоту блока $H = 12,5$ м, и разрабатывается системой поэтажного принудительного обрушения с торцевым выпуском руды (рис. 3).

В процессе исследования была применена симуляция взрыва подземных скважинных зарядов, расположенных согласно принятым паспортам ББП предприятия. Инструменты программы SHOTPlus™ UNDERGROUND позволили настроить оптимальный интервал между зарядами

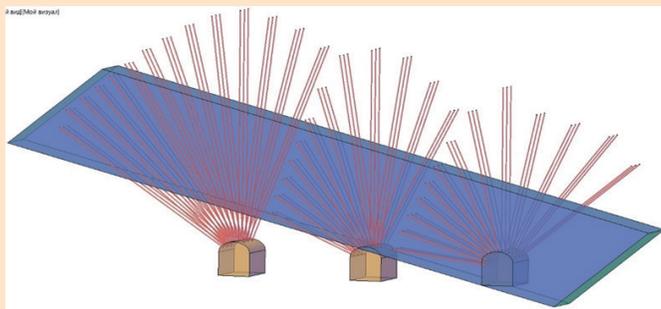


Рис. 3. Исходные данные блока и скважинного заряда для моделирования.

Сурет 3. Модельдеу үшін берілген блок пен ұңғымалық зарядтардың бастапқы деректері.

Figure 3. Initial block and borehole charge data for modeling.

в скважинах, указать тип взрывчатого вещества, тип патрона-боевика, а также взаимное расположение и количество зарядов и забойки в каждой скважине. Для большей наглядности исследований были созданы фото и видео-анимации, иллюстрирующие наглядно последовательность инициирования зарядов в скважинах.

Результаты

При проведении моделирования последовательно применяется система конечно-разностных уравнений для вычисления значений скоростей во всех узлах координатной сетки и напряжений в ее ячейках. Эти значения определяются для каждого интервала времени. Переходя последовательно от одного интервала времени к следующему, мы находим решение (моделируем процесс) при заданных начальных и граничных условиях. Интерфейс и рабочее пространство программы SHOTPlus™ UNDERGROUND по блоку показаны на рис. 4.

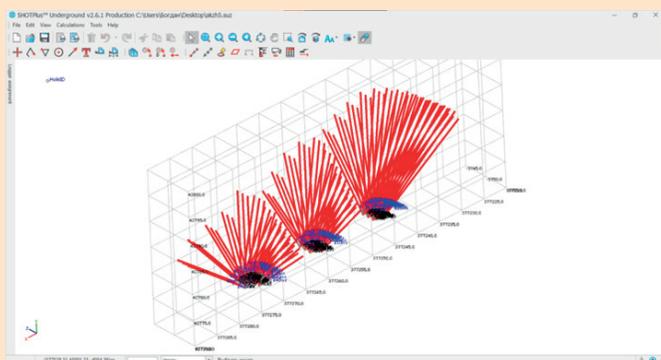


Рис. 4. Интерфейс и рабочее пространство рассматриваемого блока.

Сурет 4. Қарастырылатын блоктың интерфейсі мен жұмыс алаңы.

Figure 4. Interface and workspace of the block in question.

Известно, что при системе поэтажного обрушения массив руды разрушается в плоскости, где расположены скважины в веере, что обеспечивает равномерное

распределение нагрузки на каждый веер и стабильность отбойки по всему блоку. Однако такая отбойка возможна лишь при малом коэффициенте сближения скважин (0,8-1,0). Отбиваемый массив руды начинает движение только после некоторого времени. За это время фронт волн сжатия от удлиненных зарядов достигает поверхности блока и отражается в виде плоской волны растяжения. Обратная идущая волна растяжения создает параллельные трещины, формируя одну основную трещину на линии скважин. Увеличение давления газов способствует этому процессу, поскольку газы направляются в трещины, снижая общее давление в среде и уменьшая скорости и напряжения в ней. Дробление руды происходит только вдоль заранее сформированных трещин и плоскостей ослабления, что определяет образование негабаритных фракций.

С учетом вышеизложенного, для рассматриваемого блока рекомендуется использовать порядок инициирования скважинных зарядов, начиная с центра и двигаясь к флангам, отдельно для каждого веера (рис. 5 и 6).

При проведении моделирования были установлены следующие параметры: объемная плотность зарядов составляет от 900 до 1100 кг/м³, время моделирования составляет $250 r_0/c_l$ (где r_0 – радиус заряда, м; c_l – скорость продольной волны, м/с). Сжимающее напряжение, действующее вдоль линии заложения зарядов, принято равным 300 МПа, а вдоль оси зарядов и перпендикулярно свободной поверхности – 3 МПа. Диапазон изменения ЛНС составлял $W = (36 \div 84)r_0$.

Результаты численных экспериментов представлены на рис. 7, из которого следует, что объемная плотность заряда ВВ и площадь производимого им разрушения связаны нелинейной зависимостью.

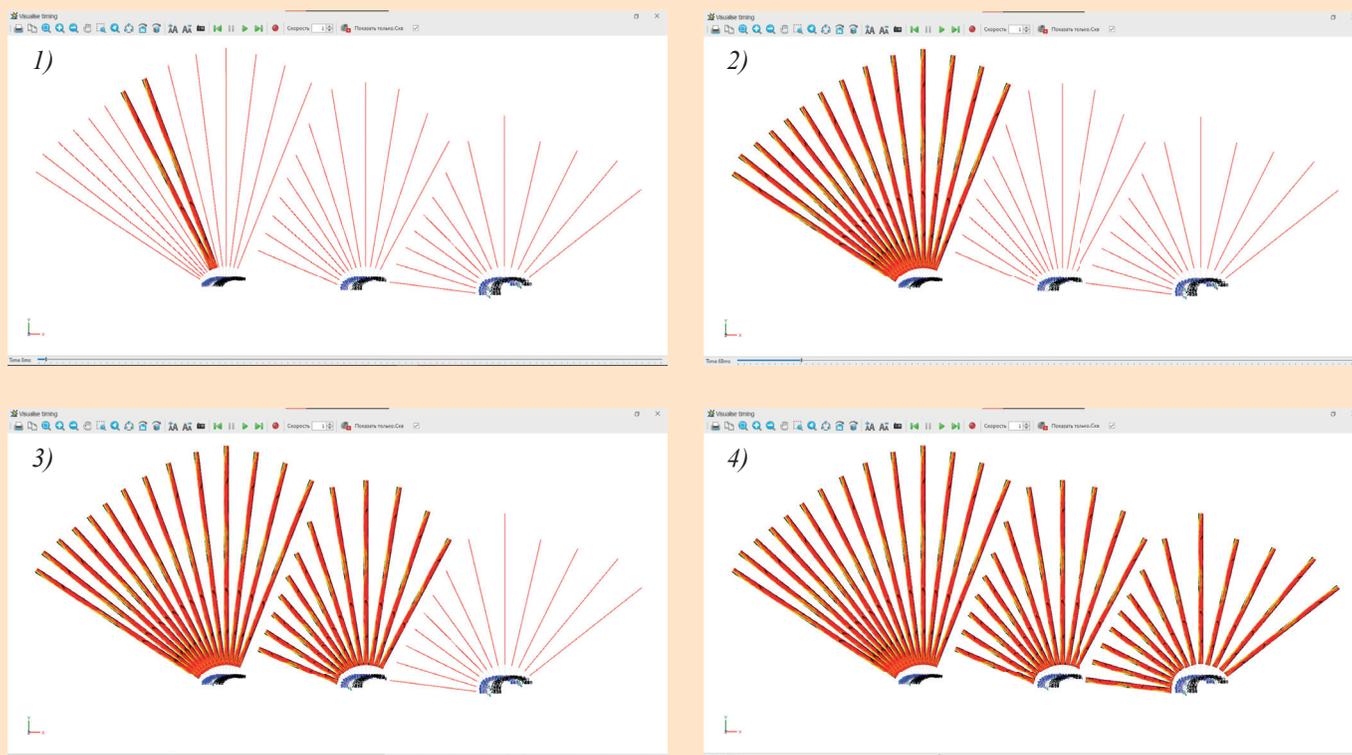
В результате анализа моделирования отбойки наклонных рудных тел восточного участка рудника «Ақжал» было установлено, что увеличение плотности заряда до 1100 кг/м³ приводит к увеличению доли энергии, передаваемой в массив, и повышению площади разрушения. Из графика видно, что удельный расход ВВ на разрушение снижается при увеличении плотности заряда, что соответствует наблюдаемой тенденции перехода к ВВ с более высокой объемной энергией.

Обсуждение результатов

Итак, объемная энергия заряда ВВ и площадь разрушения демонстрируют нелинейную зависимость, увеличение плотности заряда приводит к уменьшению удельного расхода энергии на разрушение.

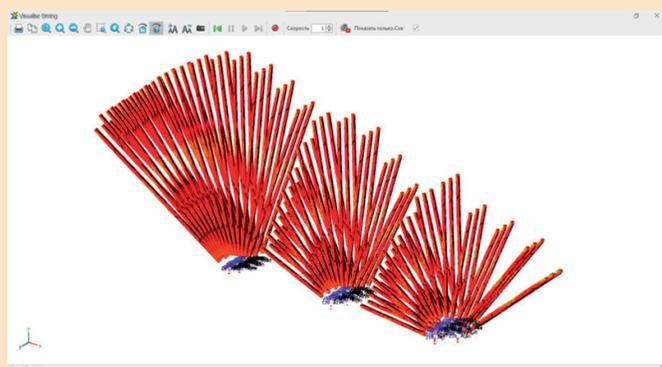
При взрыве первого ряда скважинных зарядов в веере образуется зона разрушения, состоящая из трещин различной ориентации, длина которых зависит от сжимающих напряжений, действующих перпендикулярно их плоскости.

При взрыве зарядов с интервалом замедления в веере к свободной поверхности оптимальный коэффициент сближения, обеспечивающий качественное дробление кусков до 300×300 мм и максимальную площадь разрушения при определенной степени разрушения, является функцией ЛНС и зависит от статических напряжений.



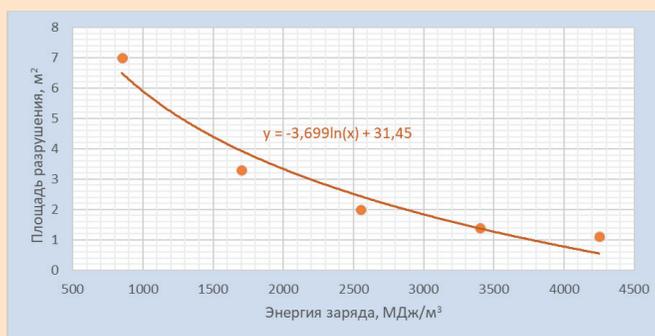
1, 2, 3, 4 – очередность инициирования зарядов.

**Рис. 5. Порядок инициирования скважинных зарядов по блоку.
Сурет 5. Блок бойынша ұңғымалық зарядтардың атылу тәртібі.
Figure 5. The procedure for initiating borehole charges on a block.**



**Рис. 6. Порядок взрыва вееров скважин по блоку.
Сурет 6. Блок бойынша ұңғыма тарамдарының атылу тәртібі.
Figure 6. The order of explosion of well fans per block.**

При этом оптимальный интервал замедления между зарядами в веере составляет не более 10 мс, между веерами не более 100 мс. Причем, инициирование скважинных зарядов производится от центра веера к флангам. Кроме того, учитывая критическое сближение устьев скважин, что может привести к повреждению волноводов ранее взрывающимися зарядами ВВ, рекомендуется установить время замедления между зарядами в пределах одного веера не более 10 мс.



**Рис. 7. График зависимости площади разрушения от объемной энергии заряда.
Сурет 7. Қопарылатын ауданның зарядтың көлемді қуатына тәуелділігінің графигі.
Figure 7. Graph of destruction area versus volumetric charge energy.**

Закключение

Применение рекомендуемых выше параметров БВР на практике приводит к экономическим выгодам за счет улучшения качества дробления, то есть достижения оптимального размера кондиционного куска отбитой руды, сокращения затрат на вторичное дробление и увеличения производительности при транспортировке руды.

Переход на рекомендованные параметры БВР при проведении очистных работ в условиях рудника «Акжал»

будет способствовать оптимизации гранулометрического состава отбитой горной массы до размеров 300×300 мм, уменьшению выхода негабарита в 1,5-2 раза, достижению высокой однородности распределения фракций отбитой горной массы. Эти меры позволят увеличить производительность горнотранспортного оборудования в 1,2-1,4 раза и снизить энергозатраты на измельчение рудной массы в процессе обогащения.

Благодарность

Статья опубликована по результатам научно-исследовательских работ, выполняемых в рамках проекта ИРН АР14871266 «Разработка инновационных методов эффективной и безопасной подземной разработки маломощных наклонных рудных залежей», при грантовом финансировании Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч.1. Разрушение горных пород взрывом: М.: Горная книга, 2007, С. 471 (на русском языке)
2. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч.2. Взрывные работы в горном деле и промышленности: М.: Горная книга, 2008, С. 512 (на русском языке)
3. Ракишев Б.Р. Энергоемкость механического разрушения горных пород: Алматы: Баспагер, 1998, С. 210 (на русском языке)
4. Ракишев Б.Р. Прогнозирование технологических параметров взорванных пород на карьерах: Алма-Ата: Наука, 1983, С. 240 (на русском языке)
5. Ломоносов Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений: М.: Горная книга, 2011, С. 517 (на русском языке)
6. План горных работ на разработку месторождения «Акжал» подземным способом (корректировка). Том 1. Книга 1. Пояснительная записка: ТОО «СП ВЕКТОР», 2020, С. 325 (на русском языке)
7. Сердалиев Е.Т. Обоснование рациональных параметров скважинной отбойки руды при выемке залежей с подэтажными штреками рудника «Акжал». / Е.Т. Сердалиев, С.Ю. Асан, Е.Е. Искаков. // Горный журнал Казахстана. 2018. №1. С. 31-35 (на русском языке)
8. Ерофеев И.Е. Повышение эффективности буровзрывных работ на рудниках: М.: Недра, 1988, С. 271 (на русском языке)
9. Zhao M. Индекс энергетической оценки безопасности взрывной детонации. / Zhao M., Huang D., Cao M., Chi E., Liu J., Kang Q. // Удар и детонация. 2015. Т. 2015. С. 9 (на английском языке)
10. Кутузов Б.Н., Белин В.А. Проектирование и организация взрывных работ: М.: Горная книга, 2012, С. 416 (на русском языке)
11. Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Проколова М.В. Информационные технологии в горном деле: Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007, С. 202 (на русском языке)
12. Serdaliyev Y. Контроль параметров взрыва для качественной отбойки маломощных наклонных рудных тел. / Serdaliyev Y., Iskakov Y., Alibayev A. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2024. №18 (2). С. 49-59 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кутузов Б.Н. Жарылыс жұмыстарын орындау әдістері. Бөлім 1. Таужыныстарын жарылыспен қопару: М.: Тау-кен кітабы, 2007, Б. 471 (орыс тілінде)
2. Кутузов Б.Н. Жарылыс жұмыстарын орындау әдістері. Бөлім 2. Тау-кен ісіндегі және өнеркәсіптегі жарылыс жұмыстары: М.: Тау-кен кітабы, 2008, Б. 512 (орыс тілінде)
3. Ракишев Б.Р. Таужыныстарының механикалы қопарылысының қуат сыйымдылығы: Алматы: Баспагер, 1998, Б. 210 (орыс тілінде)
4. Ракишев Б.Р. Карьердегі қопарылған таужыныстарының технологиялық параметрлерін болжау: Алма-Ата: Ғылым, 1983, Б. 240 (орыс тілінде)
5. Ломоносов Г.Г. Кенорындарын жерасты игерудің өндірістік процестері: М.: Тау-кен кітабы, 2011. Б. 517 (орыс тілінде)
6. «Акжал» кен орнын жерасты әдісімен игерудегі тау-кен жұмыстарының жоспары (түзетілген). Том 1. Кітап 1. Түсіндірме жазбасы: «СП ВЕКТОР» ЖШС, 2020, Б. 325 (орыс тілінде)
7. Сердалиев Е.Т. Акжал кенішінің кен шоғырларын қабат аралық штректермен игеру кезіндегі кенді ұңғымалармен қопарудың оңтайлы параметрлерін негіздеу. / Е.Т. Сердалиев, С.Ю. Асан, Е.Е. Искаков. // Қазақстанның кен журналы. 2018. №1. Б. 31-35 (орыс тілінде)
8. Ерофеев И.Е. Кеніштердегі бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру: М.: Недра, 1988, Б. 271 (орыс тілінде)
9. Zhao M. Жарылыс дүмпуі қауіпсіздігінің энергетикалық бағасының индексі. / Zhao M., Huang D., Cao M., Chi E., Liu J., Kang Q. // Соққы және дүмпу. 2015. Т. 2015. Б. 9 (ағылшын тілінде)
10. Кутузов Б.Н., Белин В.А. Жарылыс жұмыстарын жобалау және ұйымдастыру: М.: Тау-кен кітабы, 2012, Б. 416 (орыс тілінде)
11. Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Проколова М.В. Тау-кен ісіндегі ақпаратты технологиялар: Новочеркасск: ОРМТУ, 2007, Б. 202 (орыс тілінде)
12. Serdaliyev Y. Жұқа еңіс кен шоғырларын сапалы қопару үшін жарылыс параметрлерін бақылау. / Serdaliyev Y., Iskakov Y., Alibayev A. // Пайдалы қазбалы кенорындарын игеру. 2024. №18 (2). Б. 49-59 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Kutuzov B.N. *Metody provedeniya vzryvnykh rabot. Chast' 1. Razrusheniye gornyykh porod vzryvom*: M.: Gornaya kniga, 2007, S. 471 [Kutuzov B.N. *Methods of blasting. Part 1. Destruction of rocks by explosion*: M.: Mining Book, 2007, P. 471] (in Russian)
2. Kutuzov B.N. *Metody provedeniya vzryvnykh rabot. Chast' 2. Vzryvnyye raboty v gornom dele i promyshlennosti*: M.: Gornaya kniga, 2008, S. 512 [Kutuzov B.N. *Methods of blasting. Part 2. Blasting in mining and industry*: M.: Mining Book, 2008, P. 512] (in Russian)
3. Rakishev B.R. *Energoyemkost' mekhanicheskogo razrusheniya gornyykh porod*: Almaty: Baspager, 1998, S. 210 [Rakishev B.R. *Energy intensity of mechanical destruction of rocks*: Almaty: Baspager, 1998, P. 210] (in Russian)
4. Rakishev B.R. *Prognozirovaniye tekhnologicheskikh parametrov vzorvannykh porod na karyerakh*: Alma-Ata: Nauka, 1983, S. 240 [Rakishev B.R. *Forecasting technological parameters of blasted rocks in quarries*: Alma-Ata: Nauka, 1983, P. 240] (in Russian)
5. Lomonosov G.G. *Proizvodstvennyye protsessy podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy*: M.: Gornaya kniga, 2011, S. 517 [Lomonosov G.G. *Production processes of underground mining of ore deposits*: M.: Mining Book, 2011, P. 517] (in Russian)
6. *Plan gornyykh rabot po razrabotke mestorozhdeniya «Akzhal» podzemnym sposobom (korrektirovka). Tom 1. Kniga 1. Poyasnitelnaya zapiska: «SP VEKTOR» LLP*, 2020, S. 325 [Mining plan for the development of the Akzhal deposit by underground method (adjustment). Volume 1. Book 1. Explanatory note: SP VECTOR LLP, 2020, P. 325] (in Russian)
7. Serdaliyev Y.T. *Obosnovaniye ratsionalnykh parametrov skvazhinnoy otboyki rudy pri vyyemke zalezhey s podetazhnymi shtrekami rudnika «Akzhal»*. / Y.T. Serdaliyev, S.Y. Asan, Y.Y. Iskakov. // *Gornyy zhurnal Kazakhstana*. 2018. №1. S. P. 31-35 [Serdaliyev E.T. *Justification of rational parameters for downhole ore mining when extracting deposits with sublevel drifts of the Akzhal mine*. / E.T. Serdaliyev, S.Yu. Asan, E.E. Iskakov. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2018. No. 1. P. 31-35] (in Russian)
8. Yerofeyev I.Y. *Povysheniye effektivnosti burovzryvnykh rabot na rudnikakh*: M.: Nedra, 1988, S. 271 [Erofeev I.E. *Increasing the efficiency of drilling and blasting operations in mines*: M.: Nedra, 1988, P. 271] (in Russian)
9. Zhao M. *An Energy-Based Safety Evaluation Index of Blast Vibration*. / Zhao M., Huang D., Cao M., Chi E., Liu J., Kang Q. // *Shock and Vibration*. 2015. Vol. 2015. P. 9 (in English)
10. Kutuzov B.N., Belin V.A. *Proyektirovaniye i organizatsiya vzryvnykh rabot*: M.: Gornaya kniga, 2012, S. 416 [Kutuzov B.N., Belin V.A. *Design and organization of blasting operations*: M.: Gornaya kniga, 2012, P. 416] (in Russian)
11. Popkov Y.N., Prokopov A.Y., Prokopova M.V. *Informatsionnyye tekhnologii v gornom dele: Novochoerkassk: YURGTU*, 2007, S. 202 [Popkov Yu.N., Prokopov A.Yu., Prokopova M.V. *Information technologies in mining: Novochoerkassk: SRSTU*, 2007, P. 202] (in Russian)
12. Serdaliyev Y. *Control of blast parameters for high-quality breaking of thin slope ore bodies*. / Serdaliyev Y., Iskakov Y., Alibayev A. // *Mining of Mineral Deposits*. 2024. Vol. 18 (2). P. 49-59 (in English)

Сведения об авторах:

Сердалиев Е.Т., канд. техн. наук, доцент, ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), serdaliyev.yerdulla@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5779-8218>
Искаков Е.Е., PhD, ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), iskakov.yerkin@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5269-9018>
Аманжолов Д.Б., PhD, старший преподаватель кафедры «Промышленное гражданское и транспортное строительство» Факультета инженерии Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан), amanzholovdikhana@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5666-9649>
Шалдунов Н.П., магистрант 1-го курса кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), n.shaldunov@nzinc.kz; <https://orcid.org/0009-0006-1061-7890>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сердалиев Е.Т., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)
Искаков Е.Е., PhD, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)
Аманжолов Д.Б., PhD, Toraighyrov University, Инженерия факультетінің «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы (Павлодар қ., Қазақстан)
Шалдунов Н.П., Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының 1-курс магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Serdaliyev Y.T., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the «Mining» Department of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Iskakov Y.Y., PhD, Associate Professor at the «Mining» Department of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Amanzholov D.B., PhD, Senior lecturer of the department «Industrial, Civil and Transport Construction» of the Faculty of Engineering of the Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan)
Shaldunov N.P., 1st year master's student of the Department of Mining, Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

СЕРИЯ AMF

Проверенная технология для процессов перемешивания, смешивания и флотации в промышленности по всему миру

Редукторы, которые эксплуатируются в тяжелых или удаленных условиях при отсутствии внешнего охлаждения, должны отличаться максимальной надежностью. Вертикальные редукторы серии AMF компании David Brown Santasalo имеют двунаправленный осевой вентилятор и оптимизированную конструкцию корпуса, что обеспечивает высокую удельную теплоемкость и исключает необходимость внешнего охлаждения в экстремальных условиях окружающей среды. Редукторы серии AMF компании David Brown Santasalo отличаются надежной конструкцией и спроектированы на основе приводной технологии, проверенной в действии в ходе сотен процессов вертикального смешивания по всему миру.

Преимущества редукторов серии AMF:

- Разработаны и изготовлены для условий вертикальной эксплуатации при высоких внешних нагрузках, обусловленных технологическими процессами заказчика
- Конструкция с прямым приводом с электродвигателем и гибкой муфтой входного вала (HSS) обеспечивает высокую эффективность
- Реверсивное направление вращения
- Отсутствие необходимости во внешнем охлаждении благодаря оптимизированной конструкции
- Легко транспортируются и размещаются без риска повреждения



Технические данные	
Размеры конструкции	4
Число ступеней	2 - 3
Диапазон мощности	до 750 кВт
Передаточное отношение	7 - 90
Номинальный крутящий момент	до 200 кНм

Сферы применения:

Цементная промышленность

Химикаты

Волокно, бумага и бумажные изделия

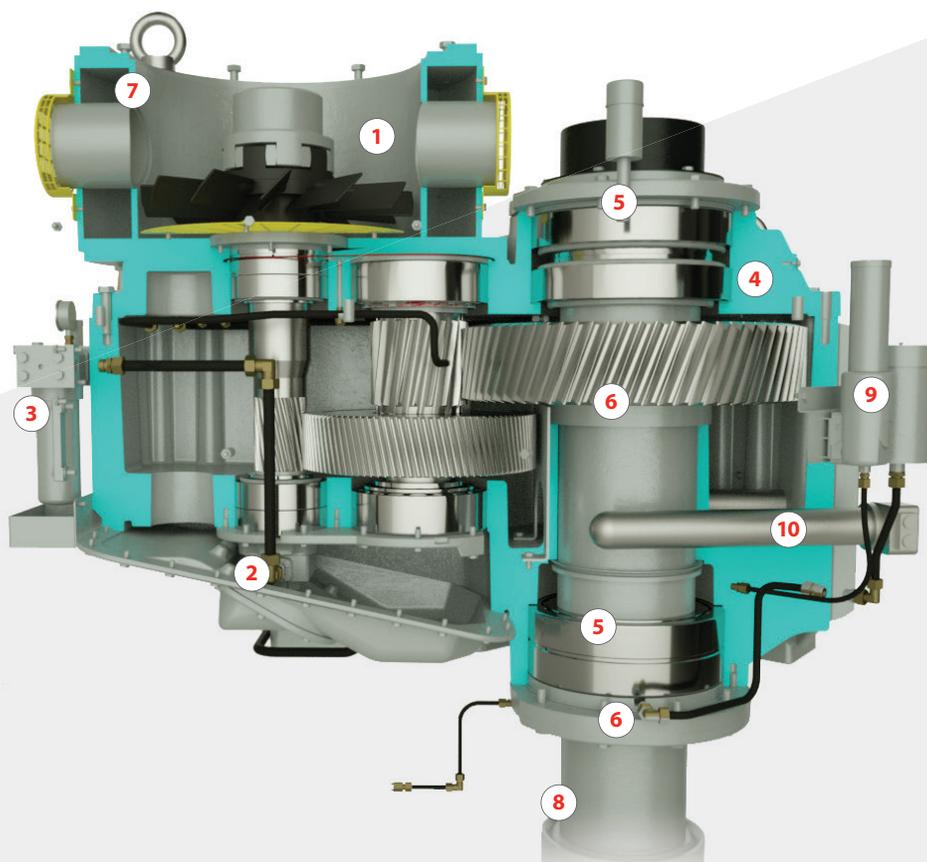
Пищевая промышленность

Горнорудная и горнообогатительная промышленность

Электротехника
Вода и очистка сточных вод

Серия редукторов AMF

1. Двухнаправленный вентилятор, встроенный в гибкую муфту входного вала (HSS)
2. Насос со стороны вала (с электроприводом, в качестве опции)
3. Смазочный узел с фильтром и дополнительным оборудованием
4. Оптимизированная конструкция корпуса для обеспечения высокой теплоемкости и прочности
5. Увеличенное расстояние между подшипниками
6. Система Drywell и консистентная смазка нижнего подшипника для предотвращения утечек
7. Встроенный фланец двигателя
8. Фланец выходного вала (LSS) с термоусаживающимся соединением
9. Автоматическое устройство для нанесения смазки в качестве опции
10. Маслонагреватель в качестве опции



Высокооптимизированная конструкция редукторов означает экономию средств и уменьшение занимаемой площади.

Редукторы изготовлены для вертикальной эксплуатации с высокими внешними нагрузками без необходимости внешнего охлаждения.

Посетите
наш веб-сайт



Узнать больше

E: Finland@dbsantasalo.com
www.dbsantasalo.com

Код МРНТИ 30.19.31

*Ы. Жакыпбек¹, Е.Е. Әбделімов¹, М. Тоқтар², М.Е. Бектаев¹¹Satbayev university (Алматы қ., Қазақстан),²Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты (Алматы қ., Қазақстан)

КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУДЕГІ ЖЕР РЕСУРСТАРЫНЫҢ БҰЗЫЛУЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТЕУ

Аннотация. Мақалада пайдалы қазбалар кенорындарын жаппай игерудің мемлекет пен халықтың экономикалық – әлеуметтік жағдайына және экологиясына тигізетін пайдасы мен зияны талданды. Аталмыш жұмыстың қарқынды жүргізілуіне байланысты жер ресурстарының бұзылуын мониторингтеу мақсатында статистикалық мәліметтері негізінде ArcGIS бағдарламасында Республикамыз бойынша бұзылған және қайта қалпына келтірілген жерлердің салыстырмалы картасы құрастырылып ұсынылды. Сонымен қатар, соңғы жылдарда тау-кен өндіру өнеркәсібінде пайда болған қалдықтар көлемі жылдам артып, 78,16%-ға жеткендігі және техногендік үйінділерден алынған топырақтар құрамында көптеген металдардың бары дәлелденіп отыр. Бұл бұзылулар елімізде апатты жағдайлардың артуына, аурулардың көбеюіне және экологиялық жағдайлардың күрделенуіне әкеліп соғады.

Түйінді сөздер: кен орны, игеру, бұзылу, ашық, мониторинг, қоршаған орта, пайдалы қазба.

Analysis and monitoring of violations of land resources in field development

Abstract. The article analyzed the benefits and harms of mass development of mineral deposits to the economic and social situation and ecology of the state and the population. To monitor the destruction of land resources in connection with the intensive implementation of this work, a comparative map of destroyed and reconstructed land in the Republic was compiled and presented in the ArcGIS program based on statistical data. At the same time, it is proved that in recent years the volume of waste generated in the mining industry has increased rapidly, reaching 78.16%, and soils obtained from man-made dumps contain a lot of metals. These disruptions lead to an increase in catastrophic situations in the country, an increase in diseases, and a complication of environmental conditions.

Key words: field, development, destruction, open, monitoring, environment, mineral resources.

Анализ и мониторинг нарушений земельных ресурсов при разработке месторождений

Аннотация. В статье проанализированы преимущества и вред массового освоения месторождений полезных ископаемых экономико-социальному положению и экологии государства и населения. В связи с интенсивным проведением данной работы в целях мониторинга нарушений земельных ресурсов на основании статистических данных в программе ArcGIS составлена и представлена сравнительная карта нарушенных и восстановленных земель по Республике. Кроме того, доказано, что за последние годы объемы отходов, образующихся в горнодобывающей промышленности, быстро увеличились, достигнув 78,16%, и что почвы, полученные из техногенных отвалов, содержат большое количество металлов. Эти нарушения приводят к увеличению аварийных ситуаций в стране, увеличению заболеваемости и усложнению экологических условий.

Ключевые слова: месторождение, разработка, нарушенных, открытый, мониторинг, окружающая среда, полезные ископаемые.

Кіріспе

Дүние жүзіндегі халық санының өскен сайын, индустрияландырумен бірге пайдалы қазбаларды барлауға деген сұраныс күн санап артып келеді, яғни алтын, алмаз, боксит және шикі мұнай сияқты пайдалы қазбалар көптеген елдердің экономикасын көтеруге зор үлесін қосуда [1]. Ал пайдалы қазбаларды игерудің екі түрлі әдісі бар, жерасты және жерүсті. Жерасты игеру жұмыстары өте қауыпті, қымбат, көп еңбек ресурстарын қажет етеді және жоғары деңгейдегі техниканың пайдалануымен ерекшеленеді. Ал ашық әдіспен игеру экономикалық тұрғыда тиімді, қауіпсіз, игеру технологиялары жетілген және оңтайлы болып табылады. Бұл әдіс көбінесе дамушы елдерде кең көлемде қолданылады [1]. Бірақ ашық әдіспен игеру барсында мыңдаған және миллиондаған тонна қалдықтар шығарылады, үйінділеу үшін үлкен қоқыс алаңын қажет етеді, жер асты суларының шамадан тыс жойылуына байланысты шұңқырлардың пайда болды және маңайдағы адамдар мен жабайы жануарлардың өмір сүруіне теріс әсер ететін шамадан тыс шу мен жарықтың ластануын тудырады. Сонымен қатар қоршаған ортаға, су объектілеріне, ауаның ластануына, жердің деградациясына және биоәртүрліліктің бұзылуына тікелей ісер етеді. Сондай – ақ халықтың жаппай көшуіне, АИТВ/ЖИТС сияқты аурулардың таралуына және жер сілкінісін тудырады [2-4].

Пайдалы қазбаларды жаппай игеру ауылшаруашылық жерлері мен қоршаған ортаға зиянын тигізіп, азық-түлік, өмір сүру және су сияқты көптеген қажеттіліктердің бағасы көтеріледі де адамдардың өмірінде көптеген қиындықтар тудырады [5-6]. Сондай – ақ бүкіл экожүйені өзгертеді,

жалпы әлемдік экономикаға әсер етіп, жерді пайдалануда елеулі өзгерістерге әкеледі. Зерттеулерге сәйкес [7-8], пайдалы қазбаны игеруде Қытайда шамамен 40 000 км² жері эрозияға ұшырады және тек қараусыз қалған кеніш жерлері жыл сайын шамамен 330 км² артқан. Ал Африкадағы 700 миллион гектардан астам жер деградацияға ұшыраған. Аталмаш қараусыз қалған кеніш жерлері әдетте өсімдік қоректік заттары (*N, P, K*), улы химикаттардан, нашар физикалық құрылымынан және топырақтың рН-ның шектен тыс артуына әкеліп соғады. Сонымен қатар, адам өміріне түрлі ауруларды тудыруы мүмкін. Мысалы, гипертонияның, өкпенің қатерлі ісігінің, өкпе ауруларының және бүйрек ауруларының жоғары жиілігі [9].

Зерттеу әдістері және материалдары

Республикада өнеркәсіптік объектілерді, желілік құрылыстарды және басқа да кәсіпорындарды салу кезінде, пайдалы қазбалар кен орындарын игеру, оларды өңдеу және геологиялық барлау кезінде 245,2 мың га жер бұзылған. Бұзылған аумақтарда түрлі деңгейде қоршаған ортаға, флора мен фаунаға және жер бедеріне айтарлықтай кері әсер етуде. Соның салдары өткен ғасырдың 30-жылдарынан бастап игерілген Павлодар облысы Баянауыл ауданы Майқайың кенорның 2024 жылдың 4-ші қаңтарында «Майкаинзолото» акционерлік қоғамының жерасты кеніші аумағында жердің опырылуы салдарынан 4 адамның қайтыс болуы мен жақын орналасқан тұрғын үйлердің тұрғындарының өміріне қауіп төнуіне байланысты Павлодар облысы Баянауыл ауданы Майқайың кентінің аумағында жергілікті ауқымдағы техногендік сипаттағы



а) б) в)

Сурет 1. Қазақстан кен орындарын игерудегі келтірген апатты жағдайлар.
Figure 1. Emergency situations during the development of deposits in Kazakhstan.
Рис. 1. Аварийные ситуации при разработке месторождений Казахстана.

төтенше жағдай жариялануы (1-сурет, а), сонымен қатар Қазақстандағы ең ірі мұнай кен орындарының бірі елде өндірілетін барлық газдың 45% және мұнайдың 16% құрайтын Қарашығанақ мұнай-газ кен орны аумағының жерлерінің мұнаймен ластануы (1-сурет, ә) және Соколов-Сарыбай темір кен орны жылдар бойы үлкен аумақты алып жатуы (1-сурет, б) нақты дәлел болады.

Минералды шикізат кенорындарын ашық әдіспен игеру ауқымының жылдан-жылға қарқынды өсуіне байланысты қоршаған табиғи орта шаң-тозаңдармен, газдармен және зиянды химиялық заттермен ластанады да, экологиялық тепе-теңдіктің өзгереді. Осыған байланысты, аймақтық мағынада жергілікті атқарушы органдар қолданыстағы заңнамаға сәйкес тау-кен өндіру кәсіпорнындағы бар бұзылған жерлерді қалпына келтіру бойынша қажетті шараларды қабылдауға міндетті және оны жауапкершілікпен атқаруға тиісті болып табылады.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Тау-кен жұмыстары әртүрлі әлеуметтік, экономикалық және экологиялық жағынан оң және теріс әсерлермен сыйпатталады [10]. Экономикалық жағынан олар мемлекет кірісіне үлес қосып, айтарлықтай адамдарды жұмыспен қамтамасыз етіп, жұмыс орындарын құруға, жергілікті экономиканы көтеруге және шалғай аудандарда аса қажетті инфрақұрылымды дамытуға мүмкіндік береді. Бірақта бұл жұмыс игерілуі қысқа экологиялық және әлеуметтік зардаптары ұзақ болып табылады. Сондықтан зерттеу нәтижесіне сәйкес пайдалы қазбаларды игерудегі әсерлерін экономикалық, экологиялық және әлеуметтік үш категорияға бөліп жіктеу арқылы тиімділігі талданды. Пайдалы қазбаны игеруде уақытша экономикалық өсу көрсеткішімен 2-суретте келтірілгендей қоршаған ортаға және әлеуметтік жағдайға кері әсерінің басым екендігін көруге болады. Сонымен – қатар пайдалы қазбаларды игеруде ауамен ингаляцияланған ұсақ шаң бөлшектері өкпе ауруын – пневмокониозды (тау жынысы – силикоз) тудырады. Мұрын-жұтқыншақ пен тыныс алу жолдарының қалыпты жағдайында ингаляциялық шаңның 90%-ы сақталады, бірақ үлкен шаң бөлшектері шырышты қабыққа

қатты зақым келтіреді. Шаңның әсерінен өкпе тінінің деградациясы пайда болады. Құрамында SiO_2 бар тау жыныстарының шаңы өкпеге енгенде, ыдырауды тездететін H_2SiO_3 кремний қышқылы түзіледі.

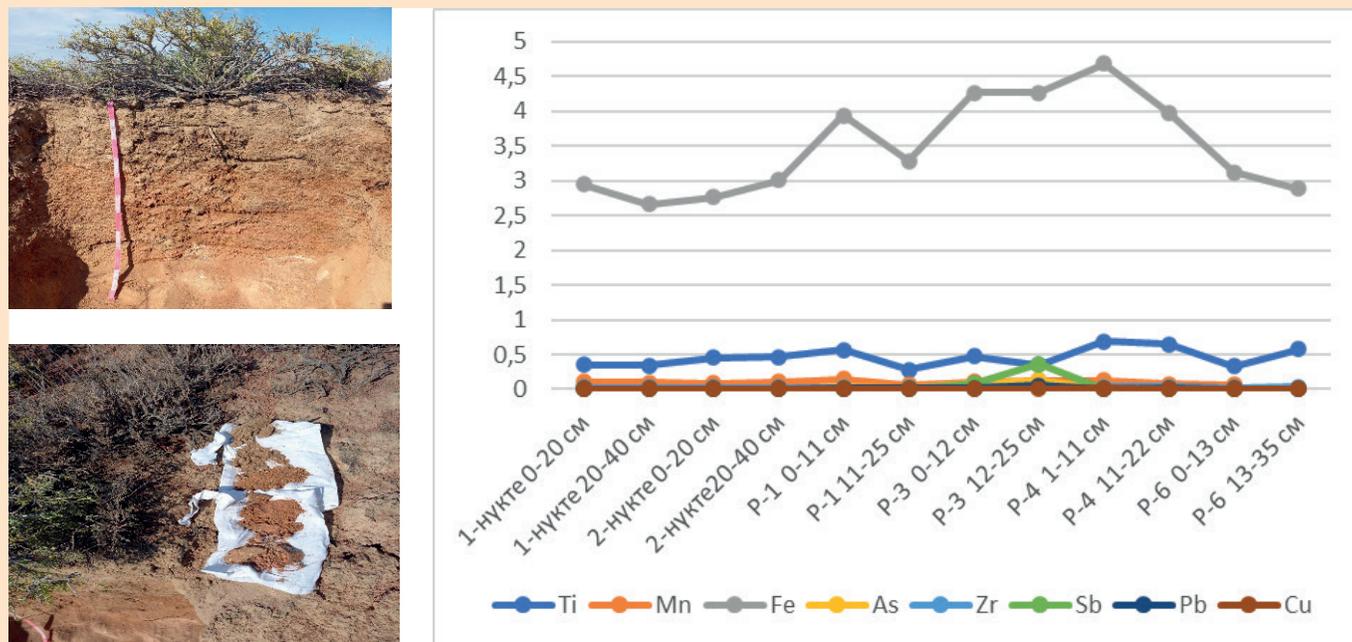


Сурет 2. Тау-кен өндірісінің нақты әсерін бейнелейтін тұжырымдамалық құрылым сұлбасы.

Figure 2. A conceptual framework diagram illustrating the real impact of mining.

Рис. 2. Схема концептуальной структуры, иллюстрирующая реальное влияние добычи полезных ископаемых.

РФА Tguxh анализатор арқылы Жамбыл облысы Ақбақай кенорнының техногендік үйіндісінен 6 жерден алынған топырақтарға сынама жасау барысында, Ti , Mn , Fe , As , Zr , Sb , Pb және Cu сияқты металлдардың кездесетінін 3-суретте көруге болады. Сондықтан осындай техногендік үйінділерді кен байыту фабрикаларында өңдеу немесе экологияға зиянды қалдықтар бар-жоқтығын қадағалау маңызды болып табылады.



Сурет 3. Техногендік үйіндіден алынған топырақтардағы металлдар көрсеткіші.

Figure 3. Indicator of metals in soils extracted from man-made rubble.

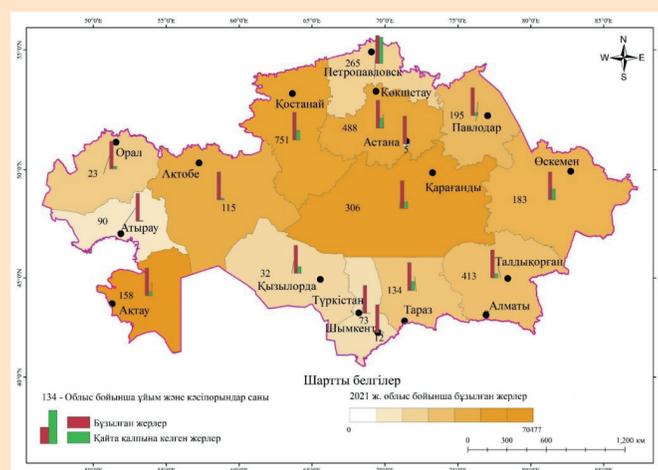
Рис. 3. Показатель металлов в почвах, взятых из техногенных отвалов.

Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі 2022 жылғы қоршаған ортаның жайкүйі және Қазақстан Республикасының табиғи ресурстарын пайдалану туралы бойынша жауапты органдардың берген мәліметтерін зерттеу жүргізу арқылы ArcGIS бағдарламасында Республикамыз бойынша бұзылған және қайта қалпына келтірілген жерлердің салыстырмалы картасы құрастырылды (4-сурет). Картада облыс бойынша ең көп техногендік бұзылған жерлер қоңыр қою түспен, ал аз бұзылған жерлер ашық қоңыр түспен көрсетілген. Ең қатты бұзылған жер Маңғыстау және Қарағанды облыстарында тіркелген, ал сәйкесінше қайта қалпына келген жерлердің салыстырмалы көрсеткіші диаграмма бойынша қайта қалпына келтіру жұмыстарыда жүргізілеуде. Бірақ бұл көрсеткіш өте төмен. Ең аз бұзылған жер Атырау, Түркістан мен Оңтүстік Қазақстан облыстарында анықталған. Бірақ диаграммаға қарасақ рекультивациялау жұмыстары жүргізілмеген. Картадағы сандар облыстағы жерлерді ластап жатқан ұйымдар мен кәсіпорындар санын көрсетеді.

Картада көрсетілген салыстырмалы көрсеткішті диаграмманы құрастыру арқылы Қазақстан Республикасы бойынша жерлерді пайдалану жағдайын тиімді мониторингтеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, қордаланған өндіріс қалдықтарының мәселесін шешу еліміздегі экологиялық концепцияның басты бағытына айналууда. Қоршаған ортаны қорғаудың ақпараттық-талдау орталығы деректері бойынша Республикамызда 2022 жылы тау-кен өндіру өнеркәсібінде пайдаланған қалдықтардың жалпы көлемі 712 197,5 мың тонна, жалпы қалдықтардың 78,16 %-ын құрап отыр [11]. Бұл көрсеткіш 2021 жылмен салыстырғанда 242 298,6 мың тоннаға немесе 51,5%-ға артық (5-сурет). Ал 2021 жылдың қорытындысы бойынша республикада өнеркәсіптік

объектілерді, желілік құрылыстарды және басқа да кәсіпорындарды салу кезінде, пайдалы қазбалар кен орындарын игеру, оларды өңдеу және геологиялық барлау кезінде бұзылған 245,2 мың га жер бар, оның ішінде 55,8 мың га жер игерілген және рекультивацияға жатады.



Сурет 4. 2021 ж. Қазақстан бойынша бұзылған және қайта қалпына келген жерлердің салыстырмалы картасы.

Figure 4. Comparative map of destroyed and reconstructed lands in Kazakhstan in 2021.

Рис. 4. Сравнительная карта нарушенных и восстановленных земель по Казахстану на 2021 год.

Республикада аумағындағы жерлерді ластаған барлығы 2888 кәсіпорын мен ұйым бар. Ал еліміз бойынша бұзылған жерлердің ең көп мөлшері үш облыста басым болып табылады. Маңғыстауда – 70,5 мың га, қайта қалпына

келтірілген 9,4 мың га, Қарағандыда – 45,9 мың га, қайта қалпына келтірілген 10,7 мың га, ал Қостанайда – 40,1 мың га бұзылған және тиісінше 13,8 мың га қайта қалпына келтірілген [11].



Сурет 5. 2022 жылғы мәлімет бойынша республикада жиналған қатты қалдықтардың көрсеткіштері.
Figure 5. Indicators of solid waste collected in the Republic as of 2022.

Рис. 5. Показатели твердых отходов, накопленных в республике по состоянию на 2022 год.

Сондықтан пайдалы қазбалар кенорындарын ашық әдіспен игеруде халық шаруашылығында пайдаланылатын едәуір мөлшердегі жерлерді бөліп алуға тура келеді. Осының нәтижесінде тау-кен жұмыстарымен жер беті жамылғысы бұзылады да, ол халық шаруашылығына, геологиялық ортаға және табиғи ландшафтқа тікелей әсерін тигізеді. Сондықтан техногендік бұзылған жерлерді уақытылы қалпына келтіру өзекті мәселе болып табылады.

Қорытынды

Қорытындылай келе, жер ресурстарының техногендік бұзылуын мониторингтеуде статистикалық мәліметтерді сандық түрінде емес, салыстырмалы карта құрастырып ұсыну тиімді болып табылады. Талдау барысында, соңғы жылдарда тау-кен өндіру өнеркәсібінде пайда болған қалдықтар көлемі жылдам артып, 78,16 %-ға жеткендігі және техногендік үйінділердегі топырақтарда көптеген металдардың бары дәлелденді. Пайдалы қазбалар кенорындарын жаппай игеру мемлекет пен халықтың экономикалық-әлеуметтік жағдайына әкелетін пайдасын негіз етіп қарастырудан тыс экологиялық зардаптарды теңдей қарау ұсынылды.

Зерттеу ҚР ҒЖБМ 2023/АР19576993 гранттық қаржыландыру жобасы бойынша орындалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Баласубраманян А. Тау-кен әдістеріне шолу: техникалық есеп, 2016 (ағылшын тілінде)
2. Лоайза Н. Тау-кен өндірісінің кедейлік пен теңсіздікке жергілікті әсері: Перудағы тауар бумының дәлелі. / Н. Лоайза, Дж. Ригolini. // World Dev. 2016. №84. Б. 219-234 (ағылшын тілінде)
3. Хаддауэй Н.Р. Арктик және агаши аймақтарындағы әлеуметтік-экологиялық жүйелерге ақыл-ой өндірудің және тау-кен жұмыстарын жеңілдету шараларының тиімділігінің әсерін дәлелдеу; жүйелік карта протоколы. / Н.Р. Хаддауэй, С.Дж. Кук, П. Лессер, Б. Макура, Н.Е. Нильсон, Дж.Дж. Тейлор, Кайса Рахега. // Environ. Evid. 2019. мақ. №9 (ағылшын тілінде)
4. Митчелл Си Джей. Шерриф Крик жабайы табиғат қорығы: Онтарионың солтүстігіндегі шахта орнын өзгерту және экономикалық ауысудың қосымша дәлелі. / Митчелл Си Джей, О 'Нил Кей. // Extr. Ind. Soc. 2017. №4. Б. 24-35 (ағылшын тілінде)
5. Джейн Р., Цуй З., Домена Дж. Тау-кен жұмыстарының қоршаған ортаға әсері. Тау-кен және пайдалы қазбаларды өңдеудің қоршаған ортаға әсері: басқару, мониторинг және аудит стратегиялары: Амстердам: Elsevier, 2016, Б. 53-157 (ағылшын тілінде)
6. Фестин С.Е. Африкадағы минадан кейінгі ландшафтты қалпына келтірудегі жетістіктері. / С.Е. Фестин, М. Тигабу, Н.М. Чилеше, С. Шямпунгани, П.С. Оден. // J. For. Res. 2019. №30 (2). Б. 381-396 (ағылшын тілінде)
7. Чжоу Сирек кездесетін кен орындарын қалпына келтіру: органикалық түзетулер және фторемедиация. / Чжоу Л., З. Ли, В. Лю, С. Лю, Л. Чжанд, Л. Чжун, Х. Луо, Х. Лян. // Env. Sci. Pollut. Res. 2015. Б. 1-19 (ағылшын тілінде)
8. Ван Х.К. Магниймен ластанған топырақты химиялық түзетулермен және сілтілендірумен қалпына келтіру. / Х.К. Ван, К. Чжао, Д.Х. Цзэн, Ю.Л. Ху, З.Ю. Ю. // Land Degrad. 2015. №26. Б. 613-619 (ағылшын тілінде)
9. Менса А.К. Ганададағы деградацияланған өндірілген топырақтың құнарлылығын қалпына келтірудегі өсімдіктердің рөлі: шолу. // Int. J. Biodivers. Conserv. 2015. №7 (2). Б. 57-80 (ағылшын тілінде)
10. Адаптер С.В. Кен өндіруден кейінгі жерді қалпына келтіру және жерді пайдалану үшін тау-кен жұмыстарының экологиялық және экономикалық әсерін бағалау: шолу. / С.В. Адаптер, Дж.Ф. Ли. // Journal of Environmental Management. 2020 (ағылшын тілінде)
11. 2022 жылға арналған қоршаған ортаның жай-күйі туралы және Қазақстан Республикасының табиғи ресурстарын пайдалану туралы ұлттық баяндама, Астана, 2023 ж. (қазақ тілінде)

REFERENCES

1. Balasubramanian A. An overview of mining methods: technical report, 2016 (in English)
2. Loayza N. The local impact of mining on poverty and inequality: evidence from the commodity boom in Peru. / Loayza N., Rigolini J. // *World Dev.* 2016. №84. P. 219-34 (in English)
3. Haddaway N.R. Evidence of the impact of mental mining and the effectiveness of mining mitigation measures on social-ecological systems in Arctic and Arboreal regions; a systematic map protocol. / Haddaway N.R., Cooke S.J., Lesser P., Macura B., Nilsson N.E., Taylor J.J., Kaisa R. // *Environ. Evid.* 2019. art. №9 (in English)
4. Mitchell C.J. The Sherriff Creek Wildlife Sanctuary: further evidence of mine-site repurposing and economic transition in northern Ontario. / Mitchell C.J., O'Neill K. // *Extr. Ind. Soc.* 2017. №4. P. 24-35 (in English)
5. Jain R., Cui Z., Domen J. Environmental impacts of mining. *Environmental impact of mining and mineral processing: management, monitoring, and auditing strategies*: Amsterdam: Elsevier, 2016, P. 53-157 (in English)
6. Festin S.E. Progresses in the restoration of the post-mined landscape in Africa. / Festin S.E., Tigabu M., Chileshe N.M., Syampungani S., Oden P.C. // *J. For. Res.* 2019. №30 (2). P. 381-396 (in English)
7. Zhou L. Restoration of rare earth mine areas: organic amendments and phytoremediation. / Zhou L., Li Z., Liu W., Liu S., Zhand L., Zhong L., Luo X., Liang H. // *Env. Sci. Pollut. Res.* 2015. P. 1-19 (in English)
8. Wang H.Q. Remediation of a magnesium contaminated soil by chemical amendments and leaching. / Wang H.Q., Zhao Q., Zeng D.H., Hu Y.L., Yu Z.Y. // *Land Degrad.* 2015. №26. P. 613-619 (in English)
9. Mensah A.K. Role of revegetation in restoring the fertility of degraded mined soils in Ghana: a review. // *Int. J. Biodivers. Conserv.* 2015. №7 (2). P. 57-80 (in English)
10. Adator S.W. Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: a review. / Adator S.W., Li J.F. // *Journal of Environmental Management.* 2020 (in English)
11. National report on the state of the environment and the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2022 y., Astana, 2023 (in Kazakh)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баласубраманян А. Обзор методов добычи полезных ископаемых: технический отчет, 2016 (на английском языке)
2. Лоайза Н. Влияние горнодобывающей промышленности на уровень бедности и неравенства на местном уровне: свидетельства сырьевого бума в Перу. / Н. Лоайза, Дж. Ригolini. // *World Dev.* 2016. №84. С. 219-234 (на английском языке)
3. Хаддауэй Н.Р. Доказательства воздействия ментальной добычи полезных ископаемых и эффективности мер по смягчению последствий добычи полезных ископаемых на социально-экологические системы в арктических и древесных регионах; протокол систематической карты. / Н.Р. Хаддауэй, С.Дж. Кук, П. Лессер, Б. Макура, Н.Е. Нильсон, Дж.Дж. Тейлор, Кайса Рахега. // *Environ. Evid.* 2019. ст. №9 (на английском языке)
4. Митчелл Си Джей. Заповедник дикой природы Шеррифф-Крик: еще одно свидетельство перепрофилирования рудников и экономического перехода в северном Онтарии. / Митчелл Си Джей, О'Нил Кей. // *Extr. Ind. Soc.* 2017. №4. С. 24-35 (на английском языке)
5. Джейн Р., Цуй З., Домена Дж. Воздействие горнодобывающей промышленности на окружающую среду. Воздействие горнодобывающей промышленности и переработки полезных ископаемых на окружающую среду: стратегии управления, мониторинга и аудита: Амстердам: Elsevier, 2016, С. 53-157 (на английском языке)
6. Фестин С.Е. Прогресс в восстановлении после минирования ландшафта в Африке. / С.Е. Фестин, М. Тигабу, Н.М. Чилеше, С. Шямпунгани, П.С. Оден. // *J. For. Res.* 2019. №30 (2). С. 381-396 (на английском языке)
7. Чжоу Л. Восстановление участков добычи редкоземельных элементов: внесение органических удобрений и фиторемедиация. / Л. Чжоу, З. Ли, В. Лю, С. Лю, Л. Чжанд, Л. Чжун, Х. Луо, Х. Лян. // *Env. Sci. Pollut. Res.* 2015. С. 1-19 (на английском языке)
8. Ван Х.К. Восстановление почвы, загрязненной магнием, путем внесения химических удобрений и промывки. / Х.К. Ван, К. Чжао, Д.Х. Цзэн, Ю.Л. Ху, З.Ю. Ю. // *Land Degrad.* 2015. №26. С. 613-619 (на английском языке)
9. Менса А.К. Роль восстановления растительного покрова в восстановлении плодородия деградированных горных почв в Гане: обзор. // *Int. J. Biodivers. Conserv.* 2015. №7 (2). С. 57-80 (на английском языке)

10. Адаптер С.В. Оценка экологических и экономических последствий добычи полезных ископаемых для восстановления земель после разработки и землепользования: обзор. / С.В. Адаптер, Дж.Ф. Ли. // *Journal of Environmental Management*. 2020 (на английском языке)
11. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан на 2022 год, Астана, 2023 (на казахском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Жакыпбек Ы., PhD, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан), y.zhakypbek@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-2474-9927>

Әбдалімов Е.Е., т.ғ.м., Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан), eabdalimov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6219-3723>

Токтар М., PhD, Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), murat-toktar@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0953-7491>

Бектаев М.Е., т.ғ.м., Satbayev University, постдокторант (Алматы қ., Қазақстан), mabekta@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5014-4374>

Information about the authors:

Zhakypbek Y., PhD, Associate Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Abdalimov E., Master of Technical Sciences, doctoral student at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Toktar M., PhD, Researcher of O. Ospanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry (Almaty, Kazakhstan)

Bektaev M., Master of Technical Sciences, Satbayev University, postdoctoral student (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Жакыпбек Ы., PhD, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Абдалимов Е.Е., м.т.н., докторант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Токтар М., PhD, научный сотрудник Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии имени О. Оспанова (г. Алматы, Казахстан)

Бектаев М.Е., м.т.н., Satbayev University, постдокторант (г. Алматы, Казахстан)

межрегиональная специализированная выставка**САХАПРОМЭКСПО****23 – 24 октября 2024 г. ЯКУТСК****НЕДРА ЯКУТИИ. СПЕЦТЕХНИКА.
ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГО.
СВЯЗЬ. БЕЗОПАСНОСТЬ**

Организаторы:

**Выставочная компания
Сибэкспосервис**
г. Новосибирск**Выставочная компания
СахаЭкспоСервис**
г. Якутск**Тел:(383) 3356350, e-mail: vkxes@yandex.ru, www.ses.net.ru**

Код МРНТИ 52.13.15

M.Zh. Balpanova¹, *A.E. Kuttybayev², D.K. Takhanov³, A.B. Zhiembayev³
¹Abylkas Saginov Karaganda Technical University NJSC (Karaganda, Kazakhstan),
²K.I. Satpayev Kazakh National Technical University (Almaty, Kazakhstan),
³Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan)

CONDITIONS OF THE OVERLAYING STRATUM COLLAPSE WITH OUTCROP DURING REMINING THE ZHAMAN-AYBAT DEPOSIT

Abstract. The paper presents the results of studying the stress-strain state of the overlying rock massif in the room-and-pillar mining system with subsequent extraction of inter-chamber pillars at the Zhomart-2 mine. Calculations have been modeled using the RS2 program with the worked-out space width of 100 m, 150 m, 200 m, 300 m, 350 m and 400 m. The obtained data have been compared with the results of seismic exploration. Having compared the results of modeling the collapse of the overlying strata above the areas of remining with the results of seismic exploration, it has been concluded that they have practical similarities, and this model can be used for further modeling to determine the conditions for the complete undermining of the overlying strata of the earth's surface and to identify the pattern of formation of the collapse arch from the equivalent span of undermining.

Key words: rock massif, sliding surface, complete subsidence, mined-out space, deformation, numerical modeling, arch of natural equilibrium, displacement.

Жаман-Айбат кен орнын кен орнын қайта өндіру кезінде жер бетіне шығатын іргелес қалыңдықтың опырылу шарты

Андатпа. Мақалада Жомарт-2 кеніші жағдайында кенді бірінші кезекте камералы бағанды қазу жүйесімен өндіріп, және екінші кезекте кентіректерді қайта қазып алғаннан кейін кеншоғырдан жоғары жатқан таужыныс қабатының кернеуленіп-деформациялану күйін зерттеудің нәтижелері келтірілген. Есептеулер RS2 бағдарламасының көмегімен өндірілген кеңістіктің ені 100 м, 150 м, 200 м, 300 м, 350 м және 400 м жағдайлары модельденді, сонымен бірге алынған деректерді сейсмикалық барлау нәтижелерімен салыстыру жүргізілді. Қайта өндіру учаскелерінің үстіндегі қабаттың құлауын модельдеу нәтижелерін сейсмикалық барлау нәтижелерімен салыстыра отырып, олардың практикалық ұқсастықтары бар деген қорытынды жасауға болады және бұл модельді жер бетінің толық өндірілу шарттарын анықтау және эквивалентті аралықтан опырылу күмбездінің пайда болу заңдылықтарын анықтау мақсатында одан әрі модельдеу үшін пайдалануға болады.

Түйінді сөздер: таужыныстар массиві, сырғу бет, толық отыру, кені алынған кеңістік, деформация, сандық модельдеу, тепе-теңдік шатыры, сырғу.

Условие обрушения налегающей толщи с выходом на поверхность при повторной разработке месторождения Жаман-Айбат

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования напряженно-деформированного состояния налегающей толщи пород при камерно-столбовой системе разработки с последующим извлечением междукамерных целиков на руднике Жомарт-2. Расчеты для горно-геологических условий рудника Жомарт-2 были смоделированы с помощью программы RS2, при ширине выработанного пространства 100 м, 150 м, 200 м, 300 м, 350 м и 400 м и проведено сопоставление полученных данных с результатами сейсморазведки. Сравнив результаты моделирования обрушения налегающей толщи над участками повторных отработок с результатами сейсморазведки, можно сделать вывод, что они имеют практическое сходство, и данная модель может быть использована для дальнейшего моделирования с целью определения условия полной подработки налегающей толщи земной поверхности и выявления закономерности образования свода обрушения от эквивалентного пролета подработки.

Ключевые слова: массив горных пород, поверхность скольжения, полная посадка, выработанное пространство, деформация, численное моделирование, свод естественного равновесия, сдвигание.

Introduction

Since the ore reserves of the Zhomart-1 section of the Zhaman-Aybat deposit are being developed using the old technological parameters of the room-and-pillar mining system, the reserves in the left pillars are currently being re-developed. At the same time, since the Zhomart-1 deposit has very few minable reserves, the main promising area is the Zhomart-2 deposit. Here, deposits 5-III, 4-III, 4-II, 3-IV are being developed; if they are established in geological order, they are called geological calculation block 56-C2 [1]. Geological calculation block 56-C2 is located on the eastern (upper) flank of the Zhomart mine field at elevations of -95...-100 m. The occurrence depth is $H = 460$ m. The thickness of deposits 4-I, 3-VI varies from 2 to 14 m. The occurrence of deposits is almost horizontal. The aim of this work is to provide geomechanical support for the efficient and safe mining of panels 21, 22, 23.

The estimates of the natural stress field at the Zhomart mine are given in [1, 2]. According to them, on the eastern flank of the deposit, the maximum tectonic stresses $\sigma_1 = 1.6\gamma H$ act with the azimuth of $108^\circ \leftrightarrow 288^\circ$. In the perpendicular direction, there act minimum horizontal stresses $\sigma_3 = 0.9\gamma H$.

The work carried out to determine the collapse zones of the overlying strata using seismic exploration technologies helped to understand the idea of the deep structure of the rock massif at the Zhomart mine [3]. This work also provid-

ed all the necessary data on the actual positions of the collapse zones above the pillars worked out by repeated mining to understand the process of collapse of the overlying strata. Summarizing, it can be said that as a result of the analysis of the seismic materials of the CDPM-2D have been used within the Zhomart mine site, structural data have been obtained for the studied depth interval (400-800 m). The information presented in the dynamic interpretation makes it possible to identify tectonic deviations and structural floors that have been identified based on seismic exploration data. As a result of studying the seismic observation data, the information has been obtained of the zones where the collapse occurs that have qualitatively been distinguished [4]. Then, by means of the BABO method, by superimposing the curved lines of the sliding surfaces on the geological sections, deformation zones have been identified in the overlying strata on the worked-out panels 1, 39, 40, 41, 42, 43 of deposit 4 – I [5], and compared with the results of seismic exploration (Table 1) [6]. The width of the required space that ensures complete subsidence of the earth's surface during the caving of the ore at the depth of 430 m, is 394 meters. This means that $H < 1.09L_э$ or $L_э > H/1.09$ [7]. Thus, it turns out that the arch parameters determined by the BABO method and the values obtained from the results of seismic exploration coincide.

Collapse zones identified by the seismic exploration data
Сейсмикалық барлау деректері бойынша бөлінген құлау аймақтары
Зоны обрушений, выделенные по данным сейсморазведки

Table 1
Кесте 1
Таблица 1

No	Panel number	Profile pickets	Absolute elevation mark of the collapse zone, m	Subsidence amplitude, m
Profile II				
1	Panel 49-51	1050-1120	-195	9
2	Panel 47-48	1154-1203	-119	9
3	Panel 47-48	1178-1217	40	10
4	Panel 44-46	1215-1280	-124	8
5	Panel 43-45	1252-1338	-58	14
6	Panel 42-44	1297-1370	-158	7
7	Panel 42-44	1300-1365	41	9
8	Panel 42-43	1376-1450	-250	10
9	Panel 39-40	1376-1452	-249	9
10	Panel 39-41	1400-1470	-122	7
11	Panel 2-39	1480-1532	-123	5
Profile III				
12	Panel 61-64	986-1200	-40	14
13	Panel 64	1150-1237	-113	6
14	Panel 61	1151-1215	108	4

Research methods

In this paper, numerical modeling has been performed to verify the results of seismic exploration and BABO methods, as well as to determine deformation zones in the upper layer of the space from which the ore had been extracted. To make calculations in the mining and geological conditions of the Zhomart mine, modeling has been performed using the RS2 (Rockscience) program. To model the collapse arch, the width of the span of the mined space has been taken with a step of 50 m, i.e. 100, 150, 200, 250, 350, and 400 m until reaching the maximum span (400 m), at which complete undermining of the overlying layer occurs.

The large width of the panels allows calculating the modeling in a planar problem, i.e. in 2D. The natural stress state of the massif according to in-kind measurements is specified by the vertical gravitational pressure γN and horizontal stresses $0.9 \gamma N$ that are perpendicular to the plan $1.6 \gamma N$, where the bulk density of rocks $\gamma = 2.6 \text{ t/m}^3$.

The data have been calculated using the generalized Hoek-Brown criterion with the geological strength index GSI based on the geomechanical description of the massif quality based on the results of studying the fracturing of the massif and laboratory tests of the rock properties that have been carried out using the RocLab program [8-9] (Table 2).

Accepted elastic and strength characteristics of the anisotropic massif for modeling in the program

Table 2

Кесте 2

Бағдарламада модельдеу үшін анизотропты массивтің қабылданған серпімді және беріктік сипаттамалары

Таблица 2

Принятые упругие и прочностные характеристики анизотропного массива для моделирования в программе

Ground surface elevation	354 m
Overburden unit weight	0.026 MN/m ³
Horizontal stress ratio	0.9
Out of plane stress ratio	1.6
Em	4000 MPa
Poisson ratio	0.25
Intact comp. strength	120
GSI	50
mi	17
D	0.8

The modeling results are shown in Figures 1-6.

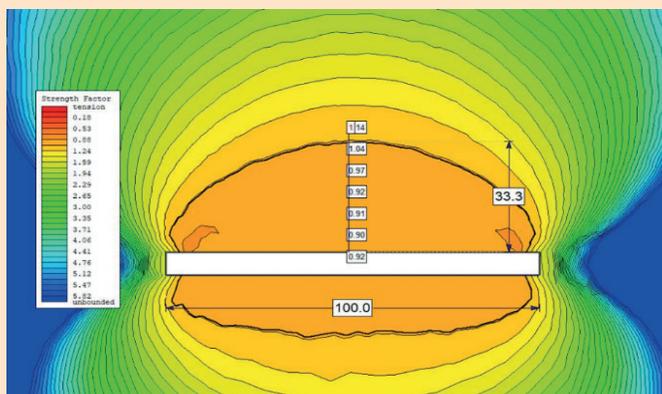


Figure 1. With the worked-out space width of 100 m.
 Сурет 1. Қазылған кеңістіктің ені 100 м болғандағы опырылу күмбезі.
 Рис. 1. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 100 м.

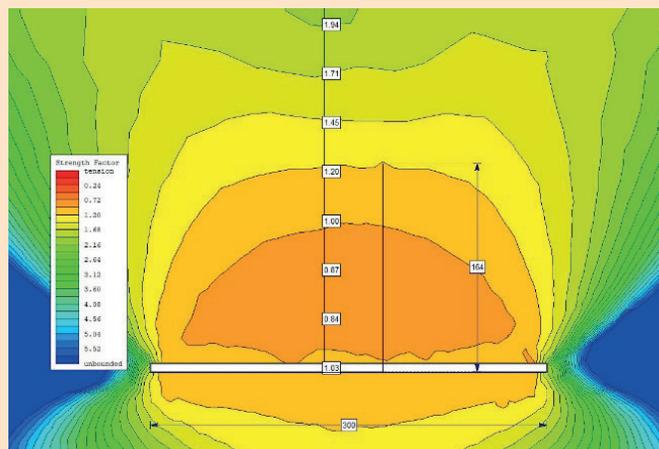


Figure 4. With the worked-out space width of 300 m.
 Сурет 4. Қазылған кеңістіктің ені 300 м болғандағы опырылу күмбезі.
 Рис. 4. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 300 м.

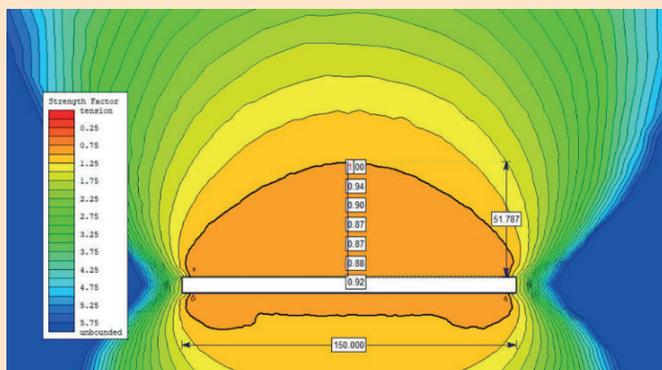


Figure 2. With the worked-out space width of 150 m.
 Сурет 2. Қазылған кеңістіктің ені 150 м болғандағы опырылу күмбезі.
 Рис. 2. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 150 м.

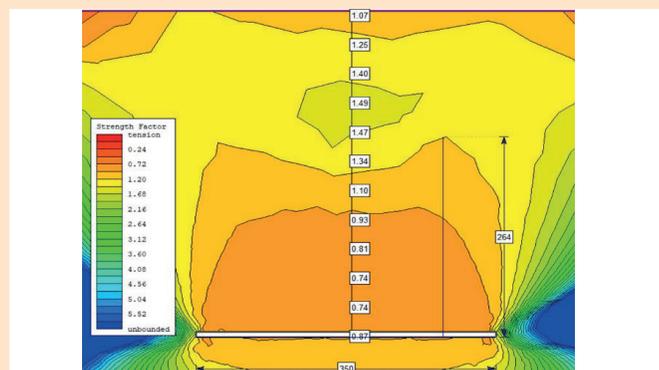


Figure 5. With the worked-out space width of 350 m.
 Сурет 5. Қазылған кеңістіктің ені 350 м болғандағы опырылу күмбезі.
 Рис. 5. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 350 м.

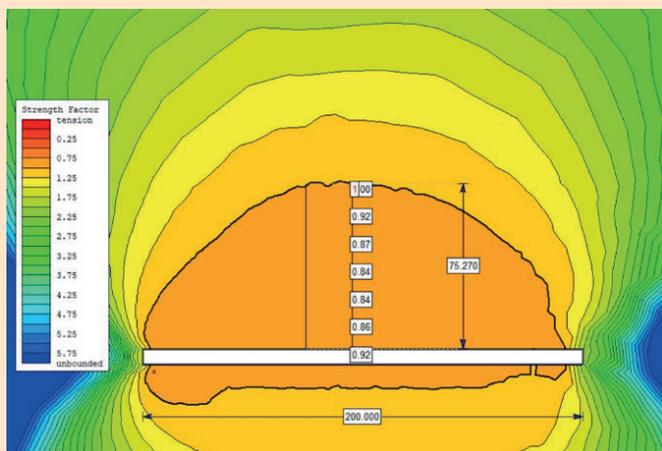


Figure 3. With the worked-out space width of 200 m.
 Сурет 3. Қазылған кеңістіктің ені 200 м болғандағы опырылу күмбезі.
 Рис. 3. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 200 м.

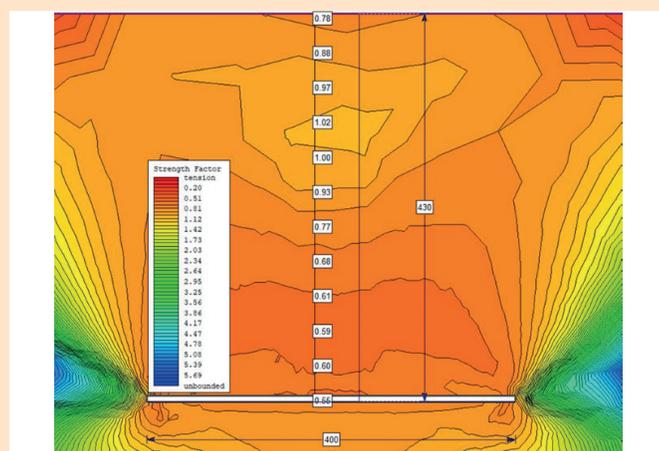


Figure 6. With the worked-out space width of 400 m.
 Сурет 6. Қазылған кеңістіктің ені 400 м болғандағы опырылу күмбезі.
 Рис. 6. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 400 м.

Table 3
Changing the deformation magnitude of the overlying layer depending on the width of the space

Кесте 3
Кеңістіктің еніне байланысты іргелес қалыңдықтың деформация шамасының өзгеруі

Таблица 3
Изменение величины деформации налегающей толщи в зависимости от ширины пространства

Depth H, m	430	430	430	430	430	430	430
Worked-out space width L _э , m	100	150	200	250	300	350	400
Collapse arch height, h _{col} , m	33	51	75	108	164	264	430
Arch factor	0.33	0.34	0.38	0.43	0.45	0.50	1.08

Thus, there have been obtained the following parameters as a result of numerical modeling with the increasing width of the worked-out space (panel) until the collapse arch reaches the ground surface (Table 3). Figure 7 presents it as a graph.

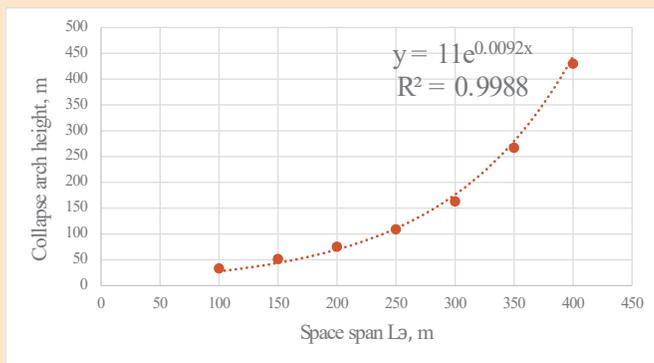


Figure 7. Results of modeling the formation of a collapse arch depending on the outcrop span.

Сурет 7. Әсер ету аралығына байланысты опырылу күмбезінің түзілуін модельдеу нәтижелері.

Рис. 7. Результаты моделирования образования свода обрушения в зависимости от пролета обнажения.

Results and discussion

Thus, the calculations for the mining and geological conditions of the Zhomart mine have been made using the RS2 (Rockscience) program with the worked-out space width of 100 m, 150 m, 200 m, 300 m, 350 m and 400 m. It has become known from the modeling that with the worked-out space width of 400 meters, the collapse arch reaches the ground surface. As a result of analyzing the data shown in Figure 7, it has been found that with increasing the outcrop span, the collapse arch coefficient increases and, reaches the hollow undermin-

ing of the overlying strata. Based on the modeling results, it can be concluded that the results of seismic exploration and the results of numerical modeling of the collapse of the rock massif over worked-out areas subjected to remining, as well as the arch parameters calculated using the BABO method, are practically close. For further study, this model can be used as a source material for modeling to determine the conditions for the complete undermining of the earth’s surface, as well as to identify the pattern of formation of a collapse arch from the equivalent working span.

Conclusion

As a result of a comprehensive study conducted in the conditions of the Zhomart deposit, it has been established that the condition for the subsidence of the entire rock massif to the surface is the excess of the equivalent span of the unsupported mined space section over the depth of its occurrence; in these cases, the lateral clamp is no longer able to prevent the transverse shift of the rock massif into the mined space [10, 11].

To achieve the best results in solving the problems of geomechanical support during the development of ore deposits with open space, it is necessary to conduct studies that are different from those previously performed. In addition to theoretical studies, it is necessary to analyze the statistical data of the mines and the results of seismic exploration [12].

Using the results of the study, it will be possible to design and to implement repeated development of reserves in pillars, as well as to predict the shift of the earth’s surface to exclude the negative impact of underground mining operations on engineering structures located on the surface.

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14972873). The scientific director of the project is M.Zh. Balpanova.

REFERENCES

1. Balpanova M.Zh. Geomechanical justification of the parameters of the development system at the Zhaman-Aybat field. / M.Zh. Balpanova, M.A. Zharaspaev, A. Zhienbaev, D.K. Tazhibayev. // Proceedings of the University, Karaganda: KartU named after Abylkas Saginov. 2022. №4. P. 149-156 (in Kazakh)
2. Asanov V.A. Ocenka naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija netronutogo massiva na mestorozhdenii Zhaman-Ajbat. / Asanov V.A., Toksarov V.N., Samodelkina N.A. i dr. // Vestnik PNIPU. Geologija. Neftegazovoe i gornoe delo. 2014. №12. S. 56-66 [Asanov V.A. Assessment of the stress-strain state of the untouched massif at the Zhaman-Aybat field. / V.A. Asanov, V.N. Toksarov,

- N.A. Samodelkina and others. // *Bulletin of PNIPU. Geology. Oil and gas and mining*. 2014. №12. P. 56-66] (in Russian)
3. Istekova S.A. i dr. *Opređenje granic zon obrushenij nalegajushhej tolshhi nad pogashennymi paneljami rudnika Zhomart: otchet o NIR/TOO «Kazgiprocvetmet», Almaty, 2021. 72 s.* [Istekova S.A. and others. *Determination of the boundaries of collapse zones of the overlying strata above the extinguished panels of the Zhomart mine: research report/Kazgiprotsvetmet LLP, Almaty, 2021. 72 p.*] (in Russian)
 4. Baltiyeva A. *Studying sinkholes of the earth's surface involving radar satellite interferometry in terms of Zhezkazgan field, Kazakhstan.* / Baltiyeva A., Orynassarova E., Zharaspaev M., Akhmetov R. // *Mining of Mineral Deposits*. 2023. Vol. 17. Issue 4. P. 61-74 (in English)
 5. Balpanova M.Zh. *A method for estimating the volume of propagation of physical processes in the natural stressed state of a massif.* / M.Zh. Balpanova, D.K. Takhanov, A.B. Zhienbaev, R.A. Musin. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2023. №11. P. 33-38 (in Kazakh)
 6. Takhanov D.K. *Determining the parameters for the overlying stratum caving zones during repeated mining of pillars.* / Takhanov D.K., Zhienbayev A.B., Zharaspaev M.A. // *Mining of Mineral Deposits*. 2023. Vol. 18. Issue 2. P. 93-103 (in English)
 7. Balpanova M.Zh. *Geomechanical support for the development of flat ore bodies by systems with an open treatment space: dis. ... for the degree of Doctor of Philosophy (PhD).* Karaganda: 2023. 122 p. (in Kazakh)
 8. Imashev A.Zh. *Problema razubozhivaniya rudy pri otrabotke malomoshnykh rudnykh tel sistemoy podjetazhnogo obrusheniya.* / Imashev A.Zh., Tahanov D.K., Musin A.A., Kuttybaev A.E. // *Gornyy zhurnal Kazahstana*. 2019. №8. P. 37-40 [Imashev A.Zh. *The problem of ore dilution when mining thin ore bodies using a sublevel caving system.* / A.Zh. Imashev, D.K. Takhanov, A.A. Musin, A.E. Kuttybaev. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2019. №8. P. 37-40] (in Russian)
 9. Kwasniewski M., Takahashi M. *Deformation-based rock failure criteria. Rock mechanics in civil engineering and environmental protection*, 2010, P. 45-56 (in English)
 10. Kozhagulov K.Ch. *Methods for direct calculation of soil subsidence over mines.* / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balpanova M.Zh. // *Scientific journal «Journal of Mining Sciences»*. 2020. Vol. 56. P. 184-195 (in English)
 11. Nizametdinov N.F. *Analysis of displacements of the earth's surface under the influence of repeated mining in the Zhezkazgan region.* / Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stajková H., Batyrshaeva Z.M. // *Scientific journal «Journal of Mining Sciences»*. 2021. Vol. 57. P. 184-189 (in English)
 12. Zeitinova Sh.B. *Study of the stress-strain state of a rock mass near a vertical shaft.* / Sh.B. Zeitinova, T.K. Isabek, A.Zh. Imashev, A.E. Kuttybaev. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2018. №10. P. 18-22 (in Russian)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Балпанова М.Ж. *Жаман-Айбат кенорында қазу жүйесінің параметрлерін геомеханикалық негіздеу.* / М.Ж. Балпанова, М.А. Жараспаев, А. Жиенбаев, Д.К. Тажибаев. // *Университет еңбектері, Қарағанды: Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ*. 2022. №4. Б. 149-156 (қазақ тілінде)
2. Асанов В.А. *Жаманай-Айбат кен орнындағы бүтін массивтің кернеулі-деформацияланған жайкүйін бағалау.* / В.А. Асанов, В.Н.Токсаров, Самоделкина Н.А. және басқалары. // *ПНИПУ хабаршысы. Геология. Мұнай газ және тау-кен ісі*. 2014. №12. Б. 56-66 (орыс тілінде)
3. *Истекова С.А. және басқалары. Жомарт кенішінің өтелген панельдерінің үстіндегі іргелес қалыңдықтың құлау аймақтарының шекараларын анықтау: ФЗЖ есебі/«Казгипроцветмет» ЖШС, Алматы, 2021. 72 б. (орыс тілінде)*
4. Baltiyeva A. *Жезқазған кен орны бойынша радиолокациялық спутниктік интерферометрияны қолдана отырып, жер бетіндегі шұңқырларды зерттеу, Қазақстан.* / Baltiyeva A., Orynassarova E., Zharaspaev M., Akhmetov R. // *Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру*. 2023. Т. 17. Шығ. 4. Б. 61-74 (ағылшын тілінде)
5. Балпанова М.Ж. *Массивтің табиғи кернеулі күйіндегі физикалық процесстердің таралу аясын бағалаудың әдісі.* / М.Ж. Балпанова, Д.К. Таханов, А.Б. Жиенбаев, Р.А. Мусин. // *Қазақстан тау-кен журналы*. 2023. №11. Б. 33-38 (қазақ тілінде)
6. Takhanov D.K. *Бағаналарды қайталап қазу кезінде қабаттың үстіңгі қабатының шөгю аймақтарының параметрлерін анықтау.* / Takhanov D.K., Zhienbayev A.B., Zharaspaev M.A. // *Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру*. 2023. Т. 18. Шығ. 2. Б. 93-103 (ағылшын тілінде)
7. Балпанова М.Ж. *Ашық тазарту кеңістігі жүйесі арқылы жазық кеншоғырларды қазып өндіруді геомеханикалық қамтамасыз ету: философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертация.* Қарағанды: 2023. 122 б. (қазақ тілінде)

8. Имашев А.Ж. Төмен қуатты кен денелерін едендік құлау жүйесімен өңдеу кезінде кенді ыдырату мәселесі. / А.Ж. Имашев, Д.К. Таханов, А.А. Мусин, А.Е. Қуттыбаев. // Қазақстан тау-кен журналы. 2019. №8. Б. 37-40 (орыс тілінде)
9. Kwasniewski M., Takahashi M. Деформацияға негізделген тау жыныстарын жою критерийлері. Құрылыс және қоршаған ортаны қорғаудағы тау жыныстарының механикасы, 2010, Б. 45-56 (ағылшын тілінде)
10. Kozhagulov K.Ch. Шахталардың үстіндегі жер бетінің шөгуді тікелей есептеу әдістері. / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balrapova M.Zh. // «Тау-кен ғылымдары журналы»: Ғылыми журнал. 2020. Т. 56. Б. 184-195 (ағылшын тілінде)
11. Nizametdinov N.F. Жезқазған ауданындағы қайталама тау кен жұмыстарының әсерінен жер бетінің жылжуын талдау. / Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Staijková H., Baturshaeva, Z.M. // «Тау-кен ғылымдары журналы»: Ғылыми журнал. 2021. №57 (2). Б. 184-189 (ағылшын тілінде)
12. Зейтинова Ш.Б. Тік магистральға жақын тау жыныстары массивінің кернеулі деформацияланған күйін зерттеу. / Ш.Б. Зейтинова, Т.К. Исабек, А.Ж. Имашев, А.Е. Қуттыбаев. // Қазақстан тау-кен журналы. 2018. №10. Б. 18-22 (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балпанова М.Ж. Геомеханическое обоснование параметров системы разработки на месторождении Жаман-Айбат. / М.Ж. Балпанова, М.А. Жараспаев, А. Жиенбаев, Д.К. Тажибаев. // Труды университета, Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова. 2022. №4. С. 149-156 (на казахском языке)
2. Асанов В.А. Оценка напряженно-деформированного состояния нетронутого массива на месторождении Жаман-Айбат. / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, Н.А. Самоделкина и др. // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2014. №12. С. 56-66 (на русском языке)
3. Истекова С.А. и др. Определение границ зон обрушений налегающей толщи над погашенными панелями рудника Жомарт: отчет о НИР/ТОО «Казгипроцветмет», Алматы, 2021. 72 с. (на русском языке)
4. Baltiyeva A. Изучение провалов земной поверхности с использованием радиолокационной спутниковой интерферометрии в условиях месторождения Жезказган, Казахстан. / Baltiyeva A., Orynbassarova E., Zharaspaev M., Akhmetov R. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 17. Вып. 4. С. 61-74 (на английском языке)
5. Балпанова М.Ж. Метод оценки объема распространения физических процессов в естественном напряженном состоянии массива. / М.Ж. Балпанова, Д.К. Таханов, А.Б. Жиенбаев, Р.А. Мусин. // Горный журнал Казахстана. 2023. №11. С. 33-38 (на казахском языке)
6. Takhanov D.K. Определение параметров зон обрушения вышележащего пласта при повторной отработке целиков. / Takhanov D.K., Zhiyenbayev A.B., Zharaspaev M.A. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 18. Вып. 2. С. 93-103 (на английском языке)
7. Балпанова М.Ж. Геомеханическое обеспечение разработки пологих рудных тел системами с открытым очистным пространством: дис. ... на соискание степени доктора философии (PhD). Караганда: 2023. 122 с. (на казахском языке)
8. Имашев А.Ж. Проблема разубоживания руды при отработке маломощных рудных тел системой подэтажного обрушения. / А.Ж. Имашев, Д.К. Таханов, А.А. Мусин, А.Е. Қуттыбаев. // Горный журнал Казахстана. 2019. №8. С. 37-40 (на русском языке)
9. Kwasniewski M., Takahashi M. Критерии разрушения горных пород на основе деформации. Механика горных пород в гражданском строительстве и охране окружающей среды, 2010, С. 45-56 (на английском языке)
10. Kozhagulov K.Ch. Методы прямого расчета оседания грунта над шахтами. / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balrapova M.Zh. // Научный журнал «Журнал горных наук». 2020. Т. 56. С. 184-195 (на английском языке)
11. Nizametdinov N.F. Анализ смещений земной поверхности под влиянием повторных горных работ в районе Жезказгана. / Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Staijková H., Baturshaeva Z.M. // Научный журнал «Журнал горных наук». 2021. Т. 57. С. 184-189 (на английском языке)
12. Зейтинова Ш.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород вблизи вертикального ствола. / Ш.Б. Зейтинова, Т.К. Исабек, А.Ж. Имашев, А.Е. Қуттыбаев. // Горный журнал Казахстана. 2018. №10. С. 18-22 (на русском языке)

Information about the authors:

Balpanova M.Zh., Lecturer of the Department of Mechanics of the NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), balpanova86@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1513-5317>

Takhanov D., Chief Researcher of Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan), takhanov80@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2360-9156>

Kutybayev A.Ye., Associate Professor of the O.A. Baikonurov Mining and Metallurgical Institute (Almaty, Kazakhstan), a.kutybayev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-3997-8324>

Zhienbayev A.B., Researcher at the Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan), ismgroup2022@gmail.com; orcid.org/0000-0002-4347-8608

Авторлар туралы мәліметтер:

Балпанова М.Ж., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ механика кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Таханов Д.Қ., «Өнеркәсіптік қауіпсіздіктің ғылыми-техникалық орталығы» ЖШС бас ғылыми қызметкері (Қарағанды қ., Қазақстан)

Құттыбаев А.Е., «Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институтының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Жиенбаев А.Б., «Өнеркәсіптік қауіпсіздіктің ғылыми-техникалық орталығы» ЖШС ғылыми қызметкері (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Балпанова М.Ж., преподаватель кафедры механики НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Таханов Д.Қ., главный научный сотрудник ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности» (г. Караганда, Казахстан)

Құттыбаев А.Е., ассоциированный профессор горно-металлургического института им. О.А. Байқоңурова (г. Алматы, Казахстан)

Жиенбаев А.Б., научный сотрудник ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности» (г. Караганда, Казахстан)



2-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
**Цветные металлы
России и СНГ**
добыча, строительство
и модернизация предприятий

VOSTOCK CAPITAL
— 22 года динамичного успеха



19-20 ноября 2024, Москва

Генеральный спонсор:



Золотой спонсор:



Бронзовый спонсор:



Партнер в сфере инженерных инноваций



Логистический партнер:



2 дня делового общения

200+ участников

30+ инвестиционных проектов

30+ докладов

**КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ ФОРУМА:**

- **Инвестиции:** запуск добычи, строительство и модернизация металлургических предприятий.
- **НОВОЕ!** Цифровизация и автоматизация всех этапов.
- **Актуально!** Круглый стол по эффективности: от разработки до переработки.
- **Импортозамещение, новые поставщики и рынки.**
- **НОВОЕ!** Круглый стол: устойчивое развитие, экономический рост, социальная ответственность, экологический баланс.
- **Современные технологии и решения** для добычи и модернизации металлургии.



2024

25-27 сентября
Казахстан, Алматы



KIOGE
OIL&GAS KAZAKHSTAN

29-я Казахстанская
международная выставка и конференция

«Нефть и Газ»



Подробная информация:
www.kioge.kz



kioge.kz



kiogekazakhstan



Код МРНТИ 52.13.25

А.Ж. Имашев, *А.А. Мусин, Г.Б. Ескенова, Г.Ж. Жунусбекова

Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ЗОН НЕУПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНЫХ ПОРОД НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ

Аннотация. В данной работе определены размеры условных зон неупругих деформаций вблизи горных выработок при комбинированной отработке месторождения. Численный анализ проводился методом граничных интегральных уравнений с поэтапным нагружением массива горных пород. Моделирование геомеханических процессов осуществлялось упругопластической моделью деформирования. Уточнение физико-механических свойств горных пород выполнено с помощью программы Rocscience. Исследование проведено при заложении выработки на глубине от 600 до 1200 м при коэффициенте бокового давления от 0,6 до 1. Установлена зависимость размеров и форм возможных зон неупругих деформаций вокруг горной выработки от коэффициента бокового давления и глубины заложения выработки. На основе полученных результатов можно проводить оценку геомеханического состояния приконтурной части массива горных пород, а также учесть при выборе типов и параметров крепления горных выработок.

Ключевые слова: зона неупругих деформаций, критерии прочности, численный анализ, трещиноватость, коэффициент бокового давления, выработка.

Терен горизонттардағы тау жыныстарының серпімді емес деформацияларының ықтимал аймақтарын зерттеу

Андатпа. Бұл жұмыста кен орнын аралас өңдеу кезінде тау-кен қазбаларына жақын серпімді емес деформациялардың шартты аймақтарының мөлшері айқындалған. Сандық талдау тау жыныстарының массивін кезең-кезеңімен жүктейтін шекаралық интегралдық тендеулер әдісімен жүргізілді. Геомеханикалық процестерді модельдеу серпімді-пластикалық деформация моделімен жүзеге асырылды. Тау жыныстарының физика-механикалық қасиеттерін нақтылау Rocscience бағдарламасы арқылы жүзеге асырылады. Зерттеу бүйірлік қысым коэффициенті 0,6-дан 1-ге дейін 600-ден 1200 м-ге дейінгі тереңдікте қазба тесеу кезінде жүргізілді. Тау-кен қазбасының айналасындағы серпімді емес деформациялардың ықтимал аймақтарының мөлшері мен формаларының бүйірлік қысым коэффициентіне және қазбаның тереңдігіне тәуелділігі анықталды. Алынған нәтижелер негізінде тау жыныстары массивінің контурға жақын бөлігінің геомеханикалық жағдайын бағалауға, сондай-ақ тау-кен қазбаларын бекіту түрлері мен параметрлерін таңдау кезінде ескеруге болады.

Түйінді сөздер: серпімді емес деформация аймағы, беріктік критерийлері, сандық талдау, жарықтар, бүйірлік қысым коэффициенті, қазба.

Investigation of possible zones of inelastic deformations of rocks at deep horizons

Abstract. In this paper, the sizes of conditional zones of inelastic deformations near mine workings during combined mining of the deposit are determined. The numerical analysis was carried out by the method of boundary integral equations with step-by-step loading of the rock mass. Modeling of geomechanical processes was carried out by an elastoplastic deformation model. The refinement of the physical and mechanical properties of rocks was performed using the Rocscience program. The study was carried out when laying a mine at a depth of 600 to 1200 m with a lateral pressure coefficient from 0.6 to 1. The dependence of the sizes and shapes of possible zones of inelastic deformation around the mine workings on the coefficient of lateral pressure and the depth of the workings is established. Based on the results obtained, it is possible to assess the geomechanical condition of the contour part of the rock mass, and also take into account when choosing the types and parameters of fastening of mine workings.

Key words: inelastic deformation zone, strength criteria, numerical analysis, fracturing, lateral pressure coefficient, excavation.

Введение

Поскольку эксплуатация ресурсов полезных ископаемых имеет долгую историю, запасы минералов на больших глубинах постепенно истощаются, и разработка минеральных ресурсов продолжается все глубже в недрах земли. В настоящее время добыча полезных ископаемых в Казахстане на глубине 600-700 м является нормальным явлением; а в мировой практике глубина угольных шахт достигает 1500 м, глубина разработки геотермальных месторождений достигла более 5000 м, глубина добычи цветных металлов достигла около 4500 м. В будущем добыча полезных ископаемых на глубоких горизонтах станет обычным делом. Добыча угля в Польше, Германии, Великобритании, Японии и Франции достигла глубины более 1000 м еще в 1980-х годах, а в Китае в настоящее время насчитывается 47 угольных шахт глубиной более 1000 м [1, 2]. По сравнению с неглубокой добычей полезных ископаемых, глубокая разработка может быть связана с такими разрушениями, как обвалы горных пород, крупномасштабные обрушения и большой выброс смеси угля, газа и воды. Эти явления часто носят сложный характер, их трудно прогнозировать и контролировать. Характеристики горного массива и граничные условия в глубоких шахтах являются основными причинами аварий при добыче полезных ископаемых на больших глубинах [2]. Например, когда глубина разработки достигает около 1000 м, напряжение в точке, вызванное тектоническими нарушениями горных пород вокруг выработки, может вызвать концентрацию напряжений, что приведет к разрушению горных пород вокруг выработки [3].

Методика исследований

При оценке устойчивости горных выработок большое значение имеет правильный выбор модели поведения приконтурной части породного массива. Она, в первую очередь, должна учитывать возможность нелинейного деформирования пород вблизи выработки и возможность развития зоны разрушения в пространстве [4].

Для определения возможных зон разрушения горных пород (зоны неупругих деформаций) вокруг горной выработки была принята методика поэтапного нагружения методом граничных интегральных уравнений, которая реализуется с помощью прикладной программы Rocscience для численного моделирования и построения модели плоской деформации, применяя критерий Хука и Брауна.

В соответствии с диапазоном влияния напряжений в породах, окружающих одиночную выработку, в данной статье определяется диапазон влияния, в котором максимальное основное напряжение превышает 5% от первоначального напряжения в породе, чтобы определить диапазон влияния напряжений.

Исходные данные для проведения численного моделирования с применением методов конечного элемента приведены в таблице 1.

Результаты

При уточнении физико-механических свойств горных пород получены следующие результаты:

- сила сцепления горных пород (рис. 1а) изменялась от 2,1 МПа (на глубине 600 м) до 3,2 МПа (на глубине 1200 м);

Таблица 1

Исходные данные образцов пород

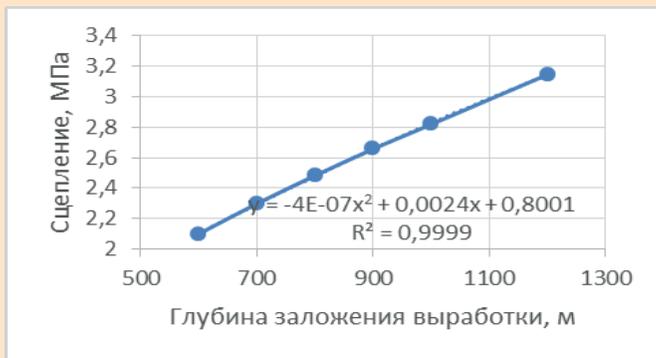
Кесте 1

Тау жыныстары үлгілерінің бастапқы мәліметтері

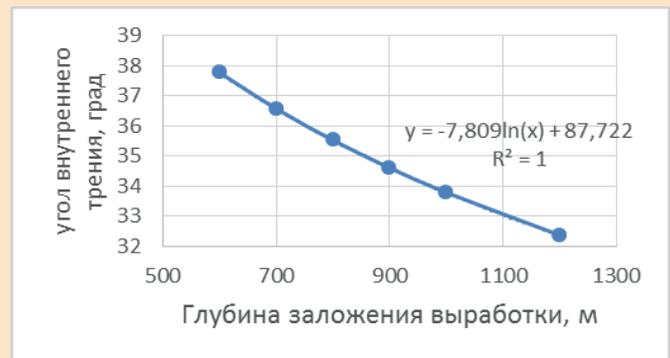
Table 1

Initial data of rock samples

Наименование	Показатели
Сопротивление одноосному сжатию ненарушенной породы (σ_{ci})	60 МПа
Геологический индекс прочности (GSI)	55
Параметр ненарушенной породы (m_i)	10 (для известняка)
Нарушение массива взрывными работами (D)	0 (характеризует хорошее качество взрывных работ)
Модуль деформации ненарушенной породы (E_i)	21000 МПа (для известняка)
Глубина расположения выработки (H)	600-1200 м
Объемный вес горных пород (γ)	2,7 т/м ³



а)



б)

Рис. 1. Графики изменения сцепления (а) и угла внутреннего трения (б) горных пород в зависимости от глубины заложения выработки.

Сурет 1. Қазбаны өту тереңдігіне байланысты тау жыныстарының ілінісуі (а) мен ішкі үйкеліс бұрышының (б) өзгеру графигі.

Figure 1. Graphs of changes in the adhesion (a) and the angle of internal friction (b) of rocks depending on the depth of the mine.

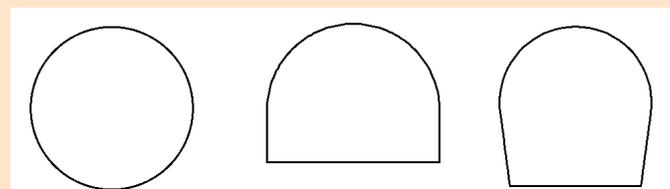
- угол внутреннего трения (рис. 1б) изменялся от 32 град. (на глубине 1200 м) до 38 град. (на отметке 600 м);

- прочность массива горных пород на одноосное растяжение – 0,202 МПа, прочность массива горных пород на одноосное сжатие – 4,826 МПа.

Для оценки влияния различных форм поперечного сечения на зону неупругих деформаций были смоделированы выработки на глубинах 600-1200 м с арочным, круглым и подковообразным сечением (рис. 2), площадь поперечного сечения составляет 17,3 м².

Анализ результатов моделирования горной выработки при разных глубинах заложения показывает, что с увеличением глубины (от 600 м и более) возрастают зоны концентрации напряжений и величины напряжения от 29 Мпа до 55 МПа. На рисунке 3-5 представлены зоны распределения неупругих деформаций вокруг одиночной горной выработки арочной, подковообразной и круглой форм сечения при глубине 1200 м. Наблюдаются изменения конфигурации зоны распределения неупругих деформаций, с углублением выработки ЗНД охватывает большую часть

и стремится к равномерному распределению в приконтурной части выработки.



а

б

в

Рис. 2. Разные формы поперечного сечения выработок: а – круглая форма сечения; б – арочная форма сечения; в – подковообразная форма сечения.

Сурет 2. Қазбалардың көлденең қимасының әртүрлі формалары:

а – дөңгелек қима пішіні; б – арка тәрізді қима пішіні; в – таға тәрізді қима пішіні.

Figure 2. Different shapes of the cross section of the workings:

a – is a round cross-section shape; b – is an arched cross-section shape; c – is a horseshoe-shaped cross-section shape.

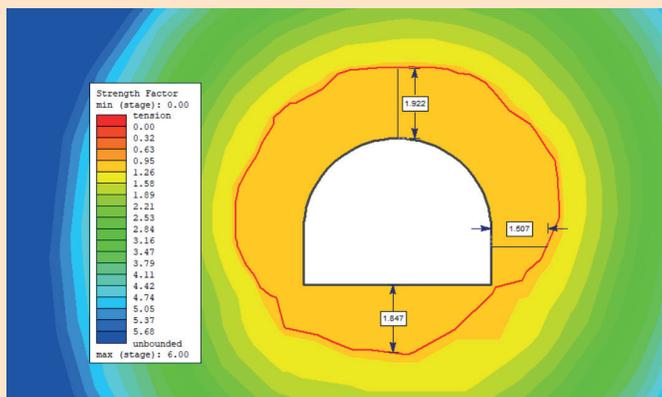


Рис. 3. Зоны неупругих деформаций горных пород вокруг выработки арочной формы на глубине 1200 м.

Сурет 3. 1200 м тереңдікте арка пішінді қазу айналасындағы тау жыныстарының серпімді емес деформацияларының аймақтары.

Figure 3. Zones of inelastic deformations of rocks around the arched mine at a depth of 1200 m.

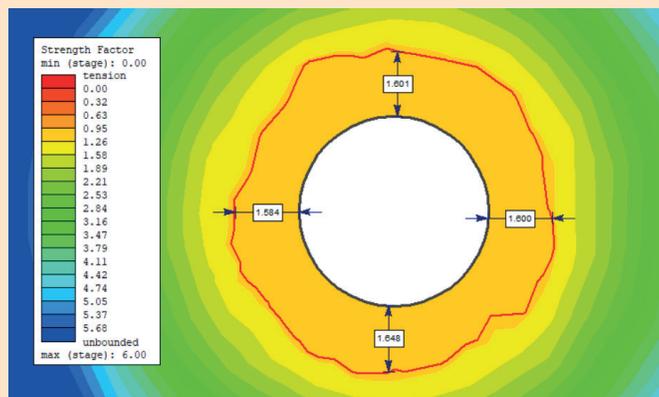


Рис. 5. Зоны неупругих деформаций горных пород вокруг выработки круглой формы на глубине 1200 м.

Сурет 5. 1200 м тереңдікте дөңгелек пішінді қазбаның айналасындағы тау жыныстарының серпімді емес деформацияларының аймақтары.

Figure 5. Zones of inelastic deformations of rocks around a round-shaped mine at a depth of 1200 m.

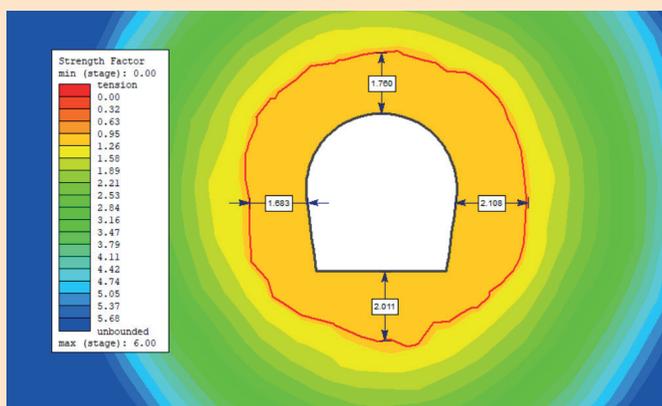


Рис. 4. Зоны неупругих деформаций горных пород вокруг выработки подковообразной на глубине 1200 м.

Сурет 4. 1200 м тереңдікте тағатәріздес қазбасының айналасындағы тау жыныстарының серпімді емес деформацияларының аймақтары.

Figure 4. Zones of inelastic deformations of rocks around the horseshoe mine at a depth of 1200 m.

При арочной и подковообразной формах сечений выработки с увеличением глубины наблюдается более выраженное увеличение ЗНД в боках по сравнению с кровлей выработки. Размеры зоны разрушения пород по бокам выработки составляют от 1,2 м (на глубине 600 м) до 2 м (на глубине 1200 м). Для данной зоны предельного состояния характерен рост размеров ЗНД преимущественно в горизонтальном направлении.

При круглой форме сечения выработки ЗНД распределяется равномерно по контуру выработки. Величина ЗНД увеличивается линейно с увеличением глубины заложения: при глубине 600 м величина неупругих деформаций составляет 0,7-0,9 м, а при глубине 1200 м увеличивается до 1,6 м.

Формы зон разрушения пород вокруг выработки с круглым сечением имеет несложную конфигурацию, что благоприятно влияет при выборе типов и параметров крепления.

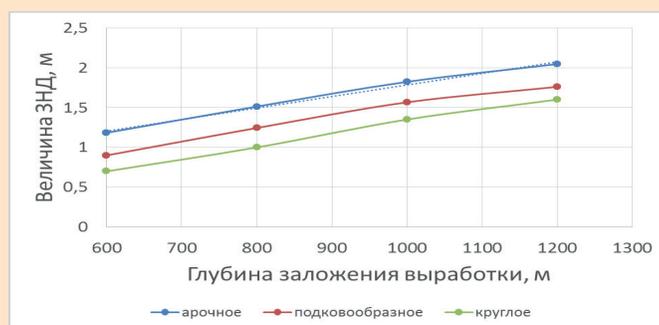


Рис. 6. График распределения ЗНД в зависимости от глубины разработки.

Сурет 6. Даму тереңдігіне байланысты серпімді емес деформация аймағын бөлу графигі.

Figure 6. Graph of the distribution of the inelastic deformation zone depending on the depth of development.

На основе результатов моделирования различных форм поперечного сечения выработок был построен график (рис. 6), который показывает распределение величин зоны неупругих деформаций (ЗНД) в зависимости от глубины разработки. График показывает, что арочное сечение выработки характеризуется более широкими зонами влияния, чем другие формы, в то время как круглая форма сечения является оптимальной, обеспечивая наименьшее значение ЗНД.

Распределение зон неупругих деформаций подчиняется логарифмическим уравнениям для различных форм поперечного сечения. По результатам численного анализа

были определены следующие уравнения для определения значений зоны неупругих деформаций:

для арочного сечения:

$$ЗНД_a = 1,2547 \ln(H) - 6,8525, \quad (1)$$

для подковообразного сечения:

$$ЗНД_n = 1,2614 \ln(H) - 7,1721, \quad (2)$$

для круглого сечения:

$$ЗНД_k = 1,315 \ln(H) - 7,7398, \quad (3)$$

где u – величина зоны неупругих деформаций (ЗНД);

H – глубина разработки.

Выводы

Численный анализ по определению ЗНД вокруг выработки методом граничных интегральных уравнений с поэтапным нагружением массива горных пород позволяет учитывать большое количество горно-геологических и горнотехнических условий месторождения.

Геологический индекс прочности (GSI) дает возможность подготовить корректные исходные данные для проведения численного анализа напряженного состояния массива горных пород.

В ходе исследований выполнен численный анализ напряженного состояния массива горных пород методом конечных элементов, по результатам которого построен график изменения размеров ЗНД в зависимости от глубины заложения и формы поперечного сечения.

По результатам численного анализа определено, что при обработке запасов полезного ископаемого на глубоких горизонтах оптимальной формой сечения является «круглая», так как при круглой форме сечения напряжения распределяется равномерно по всему контуру выработки, что благоприятно влияет при выборе типов и параметров крепления.

Анализ изменения ЗНД вблизи горной выработки дает объективную информацию об их устойчивости и позволяет прогнозировать возможные смещения. Наличие такой информации позволит обоснованно подходить к выбору способов и средств поддержания горных выработок в процессе их эксплуатации.

Благодарность

Статья опубликована в рамках грантового финансирования исследований молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2024-2026 годы (ИРН – АР22787307), при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Се Х. Обзор исследований государственной программы развития ключевых исследований Китая: механика глубоких пород и теория горного дела. // Журнал Китайского угольного общества. 2019. Т. 44. №5. С. 1283-1305 (на английском языке)
2. Се Х. Основы исследований и ожидаемые результаты в области глубинной механики горных пород и теории горного дела. // Передовые инженерные науки. 2017. Т. 49. №2. С. 1-16 (на английском языке)
3. Ма Н., Хоу К. Подземное давление на секционные выработки и его регулирование: Издательство «Угольная промышленность», Пекин, Китай, 2015 (на английском языке)
4. Сударииков А.Е. Решение задач геомеханики в упругой постановке. / А.Е. Сударииков, Ш.Б. Зейтинова, Н.Б. Бахтыбаев, А.Ж. Имашев, Н. Тилеухан. // Труды Университета КарГТУ. 2015. №1. С. 37-39 (на русском языке)
5. Сударииков А.Е. Напряженно-деформированное состояние горного массива вокруг выработок с учетом его трещиноватости. / А.Е. Сударииков, А.Ж. Имашев, Н.Б. Бахтыбаев, Д.К. Таханов. // Вестник Национальной академии горных наук. 2017. №1. С. 59-64 (на русском языке)
6. Feng X.T. Наблюдение за скальванием горных пород в глубоких туннелях китайской подземной лаборатории Цзиньпин (глубина 2400 м). / Feng X.T., Xu H., Qiu S.L., Li S.J., Yang C.X., Guo H.S., Cheng Y., Gao Y.H. // Rock Mech Rock Eng. 2018. 51:1193-1213 (на английском языке)
7. Ни Х. Эксперименты с процессом взрыва породы в скважине и характеристиками ее акустической эмиссии. / Ни Х., Су Г., Чен Г., Мей С., Фенг Х., Мей Г., Хуанг Х. // Rock Mech Rock Eng. 2018. 52:783-802 (на английском языке)
8. Хук Э., Картер Т.Г., Дидерихс М.С. Количественная оценка диаграммы индекса геологической прочности. // 47-й симпозиум по механике горных пород/геомеханике США, состоявшийся в Сан-Франциско, Калифорния, США, 2015 (на английском языке)
9. Нгуен Ван Минь, Еременко В.А., Умаров А.Р., Косырева М. Оценка влияния формы выработки и действующих напряжений на формирование зон нелинейных деформаций в массиве горных пород на глубине свыше 1,5 км. // Международная конференция ИПКОН РАН, 2019. – С. 217-224 (на русском языке)
10. Нгуен Ван Минь. Оценка влияния формы выработки и действующих напряжений в массиве на формирование зоны растягивающих деформаций на глубине свыше 1 км. / Нгуен Ван Минь, Еременко В.А., Сухорукова М.А., Шерматова С.С. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. №6. С. 67-75 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Се Х. Қытайдың негізгі зерттеулерін дамытудың мемлекеттік бағдарламасын зерттеуге шолу: терең тау жыныстарының механикасы және тау-кен теориясы. // Қытай көмір қоғамының журналы. 2019. Т. 44. №5. Б. 1283-1305 (ағылшын тілінде)
2. Се Х. Тау жыныстарының терең механикасы мен тау-кен теориясындағы зерттеу негіздері және күтілетін нәтижелер. // *Advanced Engineering Sciences*. 2017. Т. 49. №2. Б. 1-16 (ағылшын тілінде)
3. Ма Н., Хоу К. Секциялық автомобиль жолдарына жер асты қысымы және оны реттеу: көмір өнеркәсібі баспасы, Пекин, Қытай, 2015 ж. (ағылшын тілінде)
4. Судариков А.Е. Серпімді қойылымдағы геомеханика мәселелерін шешу. / А.Е. Судариков, Ш.Б. Зейтинова, Н.Б. Бахтыбаев, А.Ж. Имашев, Н. Тілеухан. // ҚарМТУ Университетінің еңбектері. 2015. №1. Б. 37-39 (орыс тілінде)
5. Судариков А.Е. Жарықшақты ескере отырып, қазбалардың айналасындағы тау-кен массивінің кернеулі-деформацияланған жағдайы. / А.Е. Судариков, А.Ж. Имашев, Н.Б. Бахтыбаев, Д.К. Таханов. // Ұлттық тау-кен ғылымдары академиясының хабаршысы. 2017. №1. Б. 59-64 (орыс тілінде)
6. Feng X.T. Қытайдың Цзиньпин жерасты зертханасының терең туннельдеріндегі тау жыныстарының құлауын орнында бақылау (Тереңдігі 2400 м). Feng X.T., Xu H., Qiu S.L., Li S.J., Yang C.X., Guo H.S., Cheng Y., Gao Y.H. // *Rock Mech Rock Eng*. 2018. 51:1193-1213 (ағылшын тілінде)
7. Hu X. Ұңғыманың жарылу процесі және оның акустикалық эмиссиялық сипаттамалары бойынша эксперимент. / Hu X., Su G., Chen G., Mei S., Feng X., Mei G., Huang X. // *Rock Mech Rock Eng*. 2018. 52:783-802 (ағылшын тілінде)
8. Хук Э., Картер Т.Г., Дидерихс М.С. Геологиялық беріктік индексінің диаграммасын сандық бағалау. // Сан-Францискода, Калифорнияда, АҚШ-та өткен 47-ші тау жыныстары механикасы/геомеханика симпозиумы, 2015 (ағылшын тілінде)
9. Нгуен Ван Мин, Еременко В.А., Омаров А.Р., Косырева М. 1,5 км тереңдіктегі тау жыныстары массивіндегі сызықтық емес деформация аймақтарының қалыптасуына қазба формасы мен әсер етуші кернеулердің әсерін бағалау. // ИПКОН РФА Халықаралық конференциясы, 2019. – С. 217-224 (орыс тілінде)
10. Нгуен Ван Минь. 1 км-ден астам тереңдікте созылатын деформация аймағын қалыптастыруға массивтегі қазба формасы мен әсер ететін кернеулердің әсерін бағалау. / Ван Минь, Еременко В.А., Сухорукова М.А., Шерматова С.С. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. 2020. № 6. С. 67-75 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Xie H. Research Review of the State Program for the Development of key Research in China: Deep Rock mechanics and Mining Theory. // *Journal of the Chinese Coal Society*. 2019. Vol. 44. №5. P. 1283-1305 (in English)
2. Xie H. Fundamentals of research and expected results in the field of deep rock mechanics and mining theory. // *Advanced Engineering Sciences*. 2017. Vol. 49. №2. P. 1-16 (in English)
3. Ma N., Hou K. Underground pressure on sectional highways and its regulation: Coal Industry Publishing House, Beijing, China, 2015 (in English)
4. Sudarikov A.E. Solving problems of geomechanics in elastic formulation. / Sudarikov A.E., Zeitinova Sh.B., Bakhtybaev N.B., Imashev A.Zh., Tileukhan N. // *Proceedings of the KarSTU University*. 2015. №1. P. 37-39 (in Russian)
5. Sudarikov A.E. Stress-strain state of the rock mass around the workings, taking into account its fracturing. / Sudarikov A.E., Imashev A.J., Bakhtybaev N.B., Takhanov D.K. // *Bulletin of the National Academy of Mining Sciences*. 2017. №1. P. 59-64 (in Russian)
6. Feng X.T. In situ observation of rock spalling in the deep tunnels of the China Jinping underground laboratory (2400 m Depth). / Feng X.T., Xu H., Qiu S.L., Li S.J., Yang C.X., Guo H.S., Cheng Y., Gao Y.H. // *Rock Mech Rock Eng*. 2018. 51:1193-1213 (in English)
7. Hu X. Experiment on rockburst process of borehole and its acoustic emission characteristics. / Hu X., Su G., Chen G., Mei S., Feng X., Mei G., Huang X. // *Rock Mech Rock Eng*. 2018. 52:783-802 (in English)
8. Hook E., Carter T.G., Diederichs M.S. Quantitative assessment of the geological strength index diagram. // 47th Symposium on Rock Mechanics/Geomechanics USA, held in San Francisco, California, USA, 2015 (in English)
9. Nguyen Van Min, Eremenko V.A., Omarov A.R., Kosyrev M. Assessment of the influence of fossil form and acting stresses on the formation of nonlinear deformation zones in a rock Massif at a depth of 1.5 km. // *International Conference of the IPCON Ras*. 2019. – P. 217-224 (in Russian)
10. Nguyen Van Min. Assessment of the influence of the form of fossils and stresses acting on the Massif on the formation of deformation zones stretching at a depth of more than 1 km. / Nguyen Van Min., Eremenko V.A., Sukhorukova M.A., Shermatova S.S. // *Mining information and analytical Bulletin*. 2020. №6. P. 67-75 (in Russian)

Сведения об авторах:

Имашев А.Ж., асс. профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), imashev_85@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9799-8115>

Ескенова Г.Б., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), g.eskenova@kstu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-8184-4085>

Мусин А.А., PhD, ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), musin_aibek@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6318-9056>

Жунусбекова Г.Ж., преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), gaukhar.zhumashevna@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2842-270X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Имашев А.Ж., PhD, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының қауымдастырылған профессорі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ескенова Г.Б., «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының докторанты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Мусин А.А., PhD, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Жунусбекова Г.Ж., «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының оқытушысы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Imashev A.Zh., PhD, associate professor of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Yeskenova G.B., doctoral student of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Mussin A.A., PhD, Senior Lecturer of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Zhunusbekova G.Zh., lecturer of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

3-й международный конгресс и выставка



ЗОЛОТО России и СНГ

24-25 сентября 2024, Москва

Организатор:
VOSTOCK CAPITAL
— 21 год динамичного успеха —

При поддержке:



КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ В ПРОГРАММЕ КОНГРЕССА 2024:

200+ РУКОВОДИТЕЛЕЙ КЛЮЧЕВЫХ
ЗОЛОТОРУДНЫХ КОМПАНИЙ России и стран СНГ

30+ ЧАСОВ ДЕЛОВОГО И НЕФОРМАЛЬНОГО
ОБЩЕНИЯ

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ И
СТРАНАХ СНГ

ДИСКУССИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИРЕКТОРОВ:
эффективное использование техногенных
россыпей и отвалов

Судьба известных и перспективы будущих
проектов в золотодобывающем секторе

Предотвращение рисков: продвинутые МЕТОДЫ
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНФРАСТРУКТУРЫ
при обустройстве месторождений

+44 207 394 30 90 (Лондон)
events@vostockcapital.com

Среди постоянных
участников
мероприятия:

GOLDMININGRUS.COM



Код МРНТИ 38.49.31

Э.Ю. Сейтмуратова, Д.О. Даутбеков, *М.А. Машрапова, А. Даулетулы
 Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Республика Казахстан)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КАЗАХСТАНА И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК им. К.И. САТПАЕВА

Аннотация. В статье приводится информация о состоянии минерально-сырьевой базы Казахстана в настоящее время, отмечается превышение добычи над восполнением ресурсов, неравномерное финансирование добычных и геолого-разведочных работ. Дается характеристика металлогенических исследований, проводимых в Институте, в последние 10-15 лет, направленных на выявление перспективных площадей эпitherмального *Au-Ag* оруденения, относящего к прорывному геолого-промышленному типу, в связи с вовлечением в добычу крупнообъемных месторождений с большими запасами убогих руд, эффективно извлекаемых с помощью новых технологий (кучного и чанового выщелачивания). В статье также отмечается, что на этапе поисков скрытых месторождений поисковые работы должны проводиться на базе металлогенических исследований, выявляющих новые направления поисков месторождений по новым данным о закономерностях их проявления.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, региональная металлогения, специальная металлогения, металлогения золота, металлогенограммы.

Қазақстанның минералдық-шикізат базасының қазіргі жағдайы және Қ.И. Сәтпаев атындағы Геология Ғылымдары Институтындағы металлогендік зерттеулер

Андатпа. Мақалада Қазақстанның қазіргі кездегі минералдық-шикізат базасының жағдайы туралы ақпарат беріле отырып, өндіріс көлемінің ресурстарды толықтырудан асып түсуі, тау-кен және геологиялық барлау жұмыстарының әркімі қаржыландыруы атап өтіледі. Институтта соңғы 10-15 жылда жүргізілген, жаңа технологияларды қолдану арқылы тиімді өндіруге болатын қоры үлкен нашар кенорындарын өндіріске тарту есебінен (үйінді және шаймалау) серпінді геологиялық-өндірістік типке жататын эпitherмиялық *Au-Ag* минералдануының перспективті аймақтарын анықтауға бағытталған металлогендік зерттеулердің сипаттамасы берілген. Сондай-ақ мақалада жасырын кен орындарын іздестіру кезеңінде кен орындарын іздеудің жаңа бағыттарын олардың пайда болу заңдылықтары бойынша жаңа деректер негізінде анықтайтын металлогендік зерттеулер негізінде іздеу-барлау жұмыстары жүргізілуі керектігі атап өтілген.

Түйінді сөздер: пайдалы қазбалар базасы, аймақтық металлогения, мамандандырылған металлогения, алтын металлогениясы, металлогендік карталар.

The current state of the mineral resource base of Kazakhstan and metallogenic research at the Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev

Abstract. The article provides information on the current state of Kazakhstan's mineral resource base, noting that extraction exceeds resource replenishment and there is uneven funding for extraction and geological exploration activities. It highlights metallogenic research conducted at the Institute over the past 10-15 years, aimed at identifying promising areas for epithermal *Au-Ag* mineralization, considered a breakthrough geological-industrial type. This research involves large-volume deposits with significant reserves of low-grade ores, effectively extracted using new technologies such as heap and tank leaching. The article also emphasizes that exploration for hidden deposits should be guided by metallogenic research, identifying new directions for deposit exploration based on patterns of their occurrence.

Key words: mineral resource base, regional metallogeny, specialized metallogeny, gold metallogeny, metallogenic maps.

Введение

12 апреля 2024 г. исполнилось 125 лет Великому Казаху – создателю Академии наук КазССР, первым президентом которой он был избран в 1944 году, единственному из среднеазиатских ученых академику Академии наук СССР, первому казаху, получившему геологическое образование и организовавшему Институт геологических наук – флагман геологической науки Казахстана, первооткрывателю Большого Джек-казгана, дающего стране медь на протяжении более века.

Этой дате была посвящена Международная научно-практическая конференция «К.И. Сатпаев и науки о Земле», на которой присутствовали геологи Казахстана, России, Узбекистана, Киргизии, Таджикистана, Китая.

Преимущественная сугубо металлогеническая направленность этой конференции совершенно естественна, так как К.И. Сатпаев, будучи широко образованным геологом (а геология – это обширная наука), был, прежде всего, металлогенистом.

Среди наук о Земле металлогения (минерагеня) выделяется, в первую очередь, наибольшей приближенностью к решению важнейших задач текущего и будущего минерально-сырьевого обеспечения человечества в силу существенного влияния достижений этой научной отрасли на успехи геолого-разведочных работ и их результативность. Прямые и обратные связи между металлогеническими достижениями и практикой их использования создают

объективные предпосылки для постоянного взаимного развития и совершенствования и определяют задачи металлогенических исследований, исходя из современного состояния минерально-сырьевой базы страны.

Ориентируясь на различные публикации официального характера (отчеты Комитета геологии Министерства инвестиций и развития, официальные статистические отчеты, появляющиеся на сайте <http://eiti.geology.gov.kz/ru/> и др.), современное состояние минерально-сырьевой базы Республики Казахстан следует оценивать достаточно высоким.

Так по основным видам полезных ископаемых Казахстан входит в десятку ведущих стран Мира. Его минерально-сырьевая база сформирована месторождениями топливно-энергетического комплекса (углеводороды, уголь, уран), черных, цветных, благородных и редких металлов. Доля республики в мировых запасах по урану округленно составляет 18%, хрому – 10%, свинцу – 9%, цинку – 8%, золоту – 4 %, серебру – 5%, меди – 5%, марганцу – 5%, редким и редкоземельным элементам – 9% и запасам нефти – 2%. Казахстан является крупным экспортером энергетического сырья, черных, цветных металлов. В частности, на него приходится 41% добываемого в мире урана и 16% хрома, которые при рациональном их использовании еще длительное время могут являться основой экономическое и промышленного развития республики: от 50-80 (*Cr, Fe*) до 100 и более лет (*U, C, Mn*).

Приведенные данные о запасах опираются на фонд месторождений, который был создан в советский период. Часть месторождений этого фонда уже отработана, разрабатывается или готовится к разработке. Учитывая продвинутое технологии в горно-добывающей отрасли, огромные мощности техники, используемой при освоении месторождений на современном этапе, большая часть объектов твердых полезных ископаемых будет отработана в ближайшие 20-30 лет. В связи с этим, перспективы минерально-сырьевой базы (МСБ) страны, за исключением названных черных металлов, урана и углеводородов, вырисовываются весьма неопределенными, так как резкое увеличение масштабов добычи многих полезных ископаемых определило недопустимое отставание **восполнения минеральных ресурсов от их добычи** (рис. 1)¹. Как видно из рисунка 1, очевидно отставание восполнения запасов ряда полезных ископаемых от их добычи.

На фоне продемонстрированного перекоса в недропользовании в Казахстане совершенно однозначно обозначилась проблема ускоренного выравнивания разрыва между восполнением и добычей. Выравнивание ситуации, когда **добыча превышает восполнение**, возможно только путем резкого увеличения геолого-разведочных работ (ГРП), которые в стране почти свелись к нулю в связи с ориентацией на инвесторов.

В то же время по данным на 01.01.2013 г. (<http://eiti.geology.gov.kz/ru/>), а ситуация почти не изменилась до сегодняшнего дня, можно видеть, как крайне неравномерно проводится финансирование инвесторами добычных и геолого-разведочных работ (ГРП), так из суммарного объема инвестиций на ГРП на восполнение золота направлено 6,8%; на медь – 1,99%; свинец, цинк – 1,53%; железо и марганец – 0,9%; хром – 0,74% (рис. 2) [1].



Рис. 1. Показатели восполнения запасов полезных ископаемых за 2016-2019 годы.

Сурет 1. 2016-2019 жылдарға арналған пайдалы қазбалар қорын толықтыру көрсеткіштері.

Figure 1. Indicators of replenishing mineral reserves for the years 2016-2019.

Приведенные цифры невольно вызывают тревогу, так как при таком резком несоответствии финансирования добычных и геолого-разведочных работ, дальнейший **разрыв между добычей и восполнением будет только увеличиваться**. Такая тенденция в современном недропользовании опасна тем, что она ведет к истощению мощного фонда подготовленных к разработке месторождений, ко-

торый был создан в советское время усилиями нескольких поколений геологов, начиная с К.И. Сатпаева, и который обеспечил современный достаточно высокий экономический уровень страны.

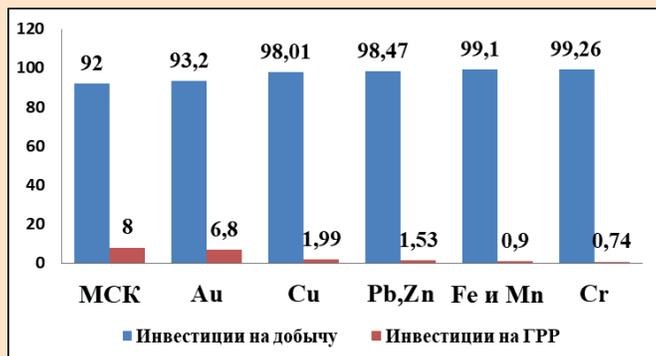


Рис. 2. Гистограмма распределения инвестиционных средств на добычу и ГРП.

Сурет 2. Өндіру және геологиялық барлау жұмыстарына инвестицияларды бөлу гистограммасы.

Figure 2. Histogram of investment distribution for extraction and geological exploration works.

Действительно, минерально-сырьевой комплекс имеет для Казахстана стратегическое значение, составляя до 70% ВВП и большую часть валютных поступлений. Поэтому-то, главной основой экономического роста Казахстана, богатого разнообразными месторождениями полезных ископаемых, является мощная МСБ не только на современном этапе или в ближайшее время, но и на дальнюю перспективу. Если бы К.И. Сатпаев и его соратники геологи-первопроходцы, жили бы по принципу «...а после нас хоть потоп», трудно сказать, смог бы Казахстан пережить и в дальнейшем выправить экономику без фонда месторождений полезных ископаемых, созданного геологами в 40-80-е годы. Под мощной МСБ понимается не только фонд уже выявленных промышленных месторождений с подсчитанными запасами, но и фонд перспективных площадей и рудопроявлений, доизучение которых может привести в перспективе к открытию новых месторождений и пополнить фонд промышленных запасов, готовых к отработке. Нельзя быть богатым, если все время только тратить запасы, не пополняя их. Вывод из изложенного один – скорейшее укрепление минерально-сырьевого комплекса, что возможно лишь при широком развороте поисковых работ. Учитывая, что на современном этапе, когда фонд легкооткрываемых месторождений по всему Миру значительно сократился, поисковые работы должны проводиться в тесном контакте с металлогеническими исследованиями. Как отмечает А.Д. Щеглов, «Наиболее плодотворным методом познания закономерностей размещения месторождений в земной коре является метод структурно-формационного анализа геологических и рудных образований и на этой основе выяснения их принадлежности к определенным тектоническим режимам» [2].

¹Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан. URL: <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/otkrytie-novykh-mestorozhdeniy-razvitiye-investitsionnogo-potenciala-i-podgotovka-molodyh-kadrov-s-brekeshev-o-geologicheskoy-otrasli-kazahstana-183140> (дата обращения: 20.08.2021).

Отмеченный один из методов металлогенического анализа – структурно-формационный – всегда использовался металлогенистами Института геологических наук им. К.И. Сатпаева, начиная с работ Н.Г. Кассина и К.И. Сатпаева. Отдел металлогении Института, включавший специалистов как по региональной, так и специальной металлогении (секторы черных металлов, редких, благородных, полиметаллов и др.) помимо структурно-формационного использовали методы регионального металлогенического анализа, метод рудоконтролирующих факторов, идеи линейной школы, концепции тектоники плит, традиционной историко-геологической школы, метод геотектоногенов и т.д.

На современном этапе, когда численность Института по объективным причинам уменьшилась многократно, металлогеническими исследованиями занимаются сотрудники лишь трех лабораторий: **геологии цветных и черных металлов; редких и редкоземельных металлов; геологических и рудных формаций**. В последние годы сотрудники первых двух лабораторий выполняли работы по следующим металлогеническим темам: «Микро- и наноминеральные компоненты руд как ресурс восполнения запасов полезных ископаемых Казахстана для развития технологий их освоения» (2021-2023); «Научное обеспечение восполнения и расширения минерально-сырьевых ресурсов Республики Казахстан: направление редкие и редкоземельные металлы» (2018-2020); «Создание цифровой геоинформационной системы, термодинамической и 3D моделей эндогенных и экзогенных месторождений Сырымбетовского рудного узла и оценка их потенциальных ресурсов на редкие металлы и редкие земли» (2018-2020); «Прогнозная оценка перспектив карстового типа оруденения в Казахстане на различные виды полезных ископаемых» (2018-2020); «Разработка инновационной технологии интенсификации подземного выщелачивания урана с применением полимерных и вяжущих компонентов в условиях скважинной добычи урана» (2023-2025).

Металлогенические исследования сотрудников лаборатории геологических и рудных формаций, являющейся преемницей лаборатории региональной металлогении, которой руководили академик НАН РК Каюпов А.К., доктора геол.-мин. наук Ляпичев Г.Ф. и Мирошниченко Л.А., в последние 10-12 лет велись по грантовым проектам: «Анализ эпитеpмального **Au-Ag** оруденения Жонгаро-Балхашского региона и выделение перспективных площадей для обнаружения крупных месторождений нового типа» (2012-2014); «Переоценка промышленных перспектив медно-порфирового оруденения континентальных ВПП (девонского и позднепалеозойских) Казахстана в свете современных геодинамических концепций» (2015-2017); «Выявление перспективных направлений поисков месторождений полезных ископаемых на базе новых данных о закономерностях их проявлений в палеозоидах Казахстана» (2015-2017); «Изучение кольцевых структур Центрального и Южного Казахстана с выявлением наиболее перспективных из них для постановки поисковых работ» (2018-2020); «Возможность выявления крупнообъемных эпитеpмальных месторождений золота, серебра, меди в ВПП ЖБСС» (2019); «Комплексные поисковые техно-

логии для выявления и моделирования перспективных участков эпитеpмального **Au-Ag** оруденения Кызылтаской ВП структуры для проведения геолого-разведочных работ с последующей добычей» (2017-2020); «Выявление научно-обоснованных перспективных площадей для обнаружения крупнообъемных эпитеpмальных золото-серебряных месторождений убогих руд в вулканоплутонических поясах Казахстана» (2021-2023); «Выявление литиеносности соров Чу-Сарысуйской впадины» (2021-2024); «Определение и оценка промышленных перспектив рудоносности структурно-формационных зон Казахстана на базе анализа металлогенограмм» (2022-2024) [3, 4 и др.]. Приведенный список металлогенических проектов, выполненных сотрудниками лаборатории геологических и рудных формаций, можно сгруппировать по ряду направлений.

Тут, прежде всего, следует выделить серию проектов, посвященных изучению весьма перспективного эпитеpмального золото-серебряного оруденения, к которому в последние 25-30 лет резко возрос интерес золотопромышленников [5, 6, 7]. Однако целенаправленных исследований данного геолого-промышленного типа (ГПТ) золота, широко распространенного в вулканических поясах Мира и Казахстана [8, 9], в нашей стране все еще не проводилось, поэтому в Республике все еще отсутствуют крупные месторождения этого типа. Наиболее важным приоритетом этого ГПТ на современном этапе является наличие среди многочисленных мелких месторождений объектов с крупными или очень крупными запасами золота, но с низкими его содержаниями (Келион, Индонезия – 176 т. золота со средним содержанием 1,9 г/т; Мак-Дональд, США – 160 т., 0,9 г/т, Мехит, США – 107 т., 1,1 г/т, Пачука, Мексика – 150 т., 1,4 г/т и др.).

На основании сказанного многие золотопромышленники считают, что именно с этим типом месторождений, а не с традиционным жильным, возможен серьезный прорыв в решении проблемы укрепления минерально-сырьевой базы золота.

Тем не менее, несмотря на широкое проявление перспективного эпитеpмального **Au-Ag** оруденения в ЖБСС, о чем авторы проекта и другие геологи (М.С. Рафаилович, Б.С. Зейлик, А.Б. Диаров, П.К. Жуков и др.) многократно писали и говорили, оно все еще остается в тени привычных для казахстанских геологов и недропользователей кварцево-жильных месторождений золота.

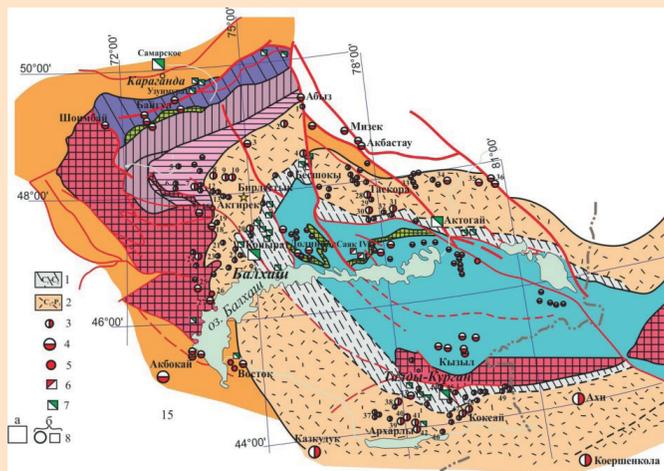
Базовыми материалами для работ по золоторудным проектам являлись: «Карта золото-серебронности Северного Прибалхашья» м-ба 1:500000 (1995 г.) и составленная на ее основе «Карта перспективных площадей, узлов, участков Жонгаро-Балхашской складчатой области» 1:500000 (2000 г.), охватывающие территорию 55 планшетов масштаба 1:200000. На первой из них вынесено более 2000 золоторудных проявлений разного ранга и различной формационной принадлежности. Из отмеченных на карте объектов 684 точки минерализации характеризуются содержанием золота от 0,011 до 0,1 г/т, 773 точки – 0,5-1,0 г/т, 577 точек – 1,0-5,0 г/т и 90 точек – более 5 г/т [8].

Помимо этих карт список объектов для доизучения формировался по результатам анализа каталогов месторожде-

ний полезных ископаемых и каталогов золоторудных проявлений, составившихся при проведении в 80-90-е годы региональных работ (ГДП-200, ГДП-50 и др.) [3]. В итоге авторами было доизучено и заново обследовано более 50 объектов эпitherмального золото-серебряного оруденения.

Высокая оценка перспективности эпitherмального **Au-Ag** оруденения ЖБСС обосновывается не только значительным количеством проявлений этого типа, но и рядом других факторов. К числу важнейших из них относятся: выявление многочисленных аналогий по геологическому строению золото-серебряных проявлений ЖБСС с известными крупнейшими месторождениями Мира данной формационной группы: Тавуа Поло, Фиджи (120 т **Au**) – Сымбыл, Южно-Токрауская СФЗ; Уайхи, Новая Зеландия – Кудер, Западно-Токрауская СФЗ; Калгурли, Западная Австралия – Таскора, Котанэмельская СФЗ и т.д. [8, 10].

Все это позволяет с высокой степенью научной обоснованности прогнозировать открытие крупных **Au-Ag** месторождений в ВПП ЖБСС, тем более что в юго-восточных звеньях этих ВПП, продолжающихся на территории Китая, уже выявлены два крупных эпitherмальных месторождения – *Ахи* (56 т) и *Коершенкола* (170 т) (рис. 3).



1 – Тасты-Кусак-Котырасан-Алтынэмельский окраинно-континентальный каменноугольный ВПП; 2 – Балхаш-Илийский внутриконтинентальный каменноугольно-пермский ВПП; 3–7 – рудопроявления: 3 – золоторудные; 4 – Au-Ag; 5 – Au-полиметаллические; 6 – Au-Cu; 7 – Cu-п с Au; 8: а) месторождения крупные и средние; б) мелкие месторождения; в) рудопроявления.

Рис. 3. Схема размещения медно-порфирового и золото-серебряного оруденения Жонгаро-Балхашской складчатой области. Составлено Сейтмуратовой Э.Ю., Жуковым П.К.

Сурет 3. Жонғар-Балқаш қатпарлы аймағындағы мыс-порфир және алтын-күміс кен орындарын орналастыру схемасы. Құраст. Сейтмуратова Е.Ю., Жуков П.К.

Figure 3. Scheme of the placement of copper-porphyry and gold-silver deposits in the Jungar-Balkhash fold region. Compiled by Seitmuratova E.Yu., Zhukov P.K.

Таким образом, высокие перспективы ЖБСС на **Au** прежде всего должны быть связаны с *крупнообъемными вулканогенными месторождениями*. Понятие «крупнообъемное месторождение» в последние 20-25 лет стали относить к **Au-Ag** месторождениям вулканогенного класса, для которых весьма характерно распространение полезных компонентов не только в жилах, но и в околорудных *метасоматитах* в виде прожилково-вкрапленного оруденения, которое ранее не считалось частью рудных тел, могущего обеспечить существенное увеличение запасов руд месторождения, хотя и с более низким средним содержанием металлов, чем в рудах жил. Роль этих месторождений с крупными запасами золота (от 100 до 900 т и более), но с относительно бедными содержаниями (1-2 г/т) *золото-сульфидное Голд Кворри* в США – 1,5 г/т; *серебро-адуляр-кварцевое Дукат* в России – 1,0 г/т и др. в золотодобыче постепенно возрастает [5].

Наиболее ярким примером объектов такого типа является месторождение *Раунд-Маунтин* – 300 т **Au**, расположенное в третичных вулканитах юго-запада США. При среднем содержании золота в рудах 0,9 г/т оно весьма успешно обрабатывается открытым способом с извлечением его кучным выщелачиванием (рис. 4).

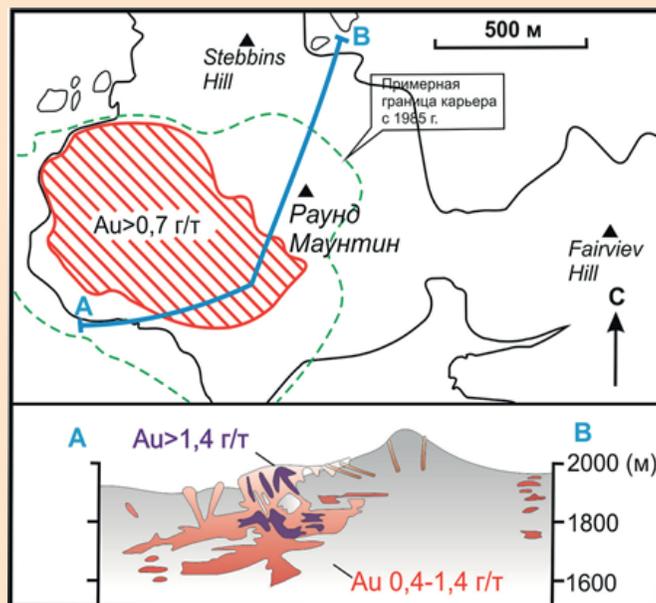


Рис. 4. Схематическая геологическая карта месторождения Раунд Маунтин (США) [11].
Сурет 4. Раунд Маунтин кенорнының схемалық геологиялық картасы (АҚШ) [11].
Figure 4. Schematic geological map of the Round Mountain deposit (USA) [11].

Наибольшее практическое значение проведенных исследований имеют результаты подсчета прогнозных ресурсов (табл. 1) [3], правда, лишь для небольшого количества объектов в силу недостаточного финансирования. Тем не менее, эти данные позволяют обозначить первоочередные перспективные площади к постановке поисково-разведочных работ в ближайшем будущем и составить для них научно-обоснованные рекомендации.

Таблица 1

Прогнозные ресурсы по ряду проявлений эпitherмального Au-Ag оруденения Жонгар-Балхашской складчатой системы [3]

Кесте 1

Жоңғар-Балқаш қатпарлы жүйесіндегі эпitherмиялық Au-Ag кен орындарының болжамды ресурстары [3]

Table 1

Predicted resources for a series of epithermal Au-Ag deposits in the Jungar-Balkhash fold system [3]

Наимен. участка	Длина, м	Ширина, м	Площадь, м ²	Об. на глубину 10 м	Об. на глубину 20 м	Уд. об., т/м ³	Ср. сод. Au, г/т	Коэф. над., Кн	Прогнозные ресурсы на глубину 10 м, т	Прогнозные ресурсы на глубину 20 м, т
Акгирек	5300	2100	11130000	111300000	222600000	2,6	1	0,3	86,814	173,6
Сокуркой	2900	2700	7830000	78300000	156600000	2,6	1	0,3	61,074	122,2
Акшоқы Зап.	3100	1100	3410000	34100000	68200000	2,6	0,4	0,3	10,639	21,28
Сымбыл Центр.	2135	1932	4124820	41248200	82496400	2,6	0,84	0,3	27,025	54,05
Косе	2000	1800	3600000	36000000	72000000	2,6	0,5	0,3	14,04	28,08
Косшоқы	2900	2000	5800000	58000000	116000000	2,6	0,4	0,3	18,096	36,19
Каратекке	1710	2375	4061250	40612500	81225000	2,6	0,4	0,3	12,671	25,34
Жиланды Вост.	2800	2300	6440000	64400000	128800000	2,6	0,2	0,3	10,046	20,09
Всего запасов									303,07	606,1

Проекты, связанные с выявлением перспективных направлений поисков месторождений полезных ископаемых в палеозоидах Казахстана и оценкой промышленных перспектив рудоносности СФЗ, относятся к классическому направлению региональной металлогении. Для решения задач этих проектов авторы использовали в качестве базового материала впервые составленные для всех 78 структурно-формационных зон палеозоид Казахстана «Атлас металлогенограмм структурно-формационных зон палеозоид Казахстана» [4].

Согласно Геологическому словарю (т. 2 . 2011 г., стр. 220) **«металлогенограмма** – это графическая схема обстановок формирования локальных металлогенических таксонов, составляемая дополнительно к металлогенической карте.

Авторы в традиционное графическое исполнение металлогенограмм внесли ряд упрощений и дополнений. В авторском варианте металлогенограмма является самостоятельным документом, в котором в табличной форме дается информация о геологических образованиях СФЗ в виде литолого-хронологического вертикального ряда стратиграфических и интрузивных подразделений (свит, комплексов), колонка вертикального ряда соответствующих формаций, колонка палеобстановок формирования формаций и колонка проявлений рудной минерализации различного ранга, привязанных к уровням вмещающих пород, что является, по мнению авторов, наиболее наглядным поисковым критерием.

Учитывая, что Атлас металлогенограмм [4] составлялся по материалам огромного обобщения работ предшественников, параллельно с ним сформировались еще два весьма информативных документа: **«Каталог химических анализов магматических пород структурно-формационных зон палеозоид Казахстана», в котором приводятся 27652 химических анализа магматических пород структурно-формационных зон палеозоид Казахстана»**

и «Библиографический справочник изученности геологии и минерагении структурно-формационных зон палеозоид Казахстана», включающий более **5000** наименований статей, монографий, диссертаций, справочников и карт, авторами которых являются геологи разных поколений школ XX и начала XXI веков.

Учитывая, что при прогнозировании на современном этапе должна рассматриваться вся совокупность взаимосвязанных геологических данных с целью выявления наиболее вероятных мест локализации полезных ископаемых в земной коре, металлогенограммы являются достаточно информативным и эффективным документом для решения прогнозных задач, так как все эти связи наглядно отражены на них.

Также на базе металлогенограмм были составлены таблицы по оценке рудоносности структурно-формационных зон и их металлогенической специализации. Данные о рудоносности конкретных СФЗ палеозоид Казахстана представляют особый интерес для недропользователей. Отмеченная практическая значимость металлогенограмм подчеркивается и в отзывах И.И. Никитченко, Н.Т. Пака, Ю.С. Парилова – известных геологов-металлогенистов СНГ, рецензировавших работы авторов данной направленности.

Во всех отзывах и комментариях металлогенограмм СФЗ палеозоид Казахстана отмечается, что работа выполнена на основе обобщения и систематизации огромного материала предшественников и новых данных за последние 10-40 лет с использованием современных геотектонических концепций для разработки научно-обоснованных рекомендаций к постановке поисковых работ. Составленные авторами металлогенограммы дают возможность выявления перспективных зон с благоприятными в металлогеническом отношении стратоемкими и геодинамическими обстановками.

В этих работах приводятся результаты сравнительного анализа выявленной промышленной рудоносности геоди-

намических обстановок СФЗ палеозой Казахстана с рудоносностью однотипных современных структур Земли, которые позволили выявить как недоизученные в металлогеническом отношении зоны, так и зоны с нетрадиционными для них перспективными типами оруденения.

Компактность и наглядность выполненных металлогенограмм вполне заменяют фондовые материалы и дают возможность выявить на основе стратиграфических, формационных и геодинамических факторов рудоносности высокоперспективные рудоносные СФЗ с благоприятными стратоуровнями и обстановками, что позволяет обоснованно проводить поисковые работы на обширных перспективных площадях, а не только в пределах отдельных геофизических и геохимических аномалий.

Важным представляется и то, что «Библиографический справочник по изученности геологии и металлогении палеозой Казахстана», «Каталог химических составов магматических пород Казахстана (27000 химических анализов) и «Атлас металлогенограмм 78 структурно-формационных зон палеозой Казахстана» представляют собой банк геолого-металлогенических данных по каледонидам и герцинидам палеозой Казахстана, который может представлять огромный интерес и подспорье в работе не только для геологов настоящего времени, но и будущих поколений, так как без знания материалов предшественников рассчитывать на эффективное проведение поисковых работ невозможно.

В итоге следует отметить, что составленные металлогенограммы информативны, наглядны, просты в использо-

вании и будут весьма полезны инвесторам и геологам-поисковикам, поскольку в компактном варианте содержат всю необходимую информацию по геологии и металлогении палеозой Казахстана.

Приведенные выдержки из отзывов известных геологов достаточно высоко характеризуют современное состояние металлогенических исследований сотрудников ИГН и их практическую значимость, что свидетельствует о полной преемственности ими металлогенических традиций, заложенных самим К.И. Сатпаевым: «Геологическая наука развивается в Казахстане на основе творческого содружества с практикой, на базе практики и для практики».

Благодарность

Статья написана по результатам исследований, проводившихся сотрудниками лаборатории геологических и рудных формаций, в числе которых, помимо авторов статьи: В.С. Горяева, Ф.Ф. Сайдашева, Л.Е. Бердина, Р.Т. Баратов, Т.К. Каримбеков, также внесших посильный вклад в ее написание, за что авторы приносят им благодарность.

Статья была подготовлена при поддержке проекта ИРН АР14870043 «Определение и оценка промышленных перспектив рудоносности структурно-формационных зон палеозой Казахстана на базе анализа металлогенограмм», финансируемого Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сейтмуратова Э.Ю. Комментарии к современному состоянию минерально-сырьевой базы Казахстана и пути ее укрепления. // Геология и охрана недр. 2019. №1 (70). С. 12-17 (на русском языке)
2. Щеглов А.Д. Современное состояние теоретических основ металлогении: Л., 1989, 23 с. (на русском языке)
3. Сейтмуратова Э.Ю., Диаров А.Б., Горяева В.С. и др. Анализ эпitherмального золото-серебряного оруденения Жонгаро-Балхашского региона и выделение перспективных площадей для обнаружения крупных месторождений нового типа: отчет по грантовому проекту (2012-2014 гг.), Алматы, 2014. 174 с. (на русском языке)
4. Сейтмуратова Э.Ю., Диаров А.Б., Жакупова Ш.А., Горяева В.С., Сайдашева Ф.Ф., Аршамов Я.К., Парфенова Л.П., Баратов Р.Т., Даутбеков Д.О., Бакдаулеткызы С. Низамудинова С. Выявление перспективных направлений поисков месторождений полезных ископаемых на базе новых данных о закономерностях их проявления в палеозоидах Казахстана: отчет (2015-2017 гг.), Алматы, 2017, 198 с. (на русском языке)
5. Нарсеев В.А. Стратегическое направление развития добычи благородных металлов (проблема крупнообъемных месторождений). / В.А. Нарсеев, В.М. Шашкин. // Геология и охрана недр. 2012. №1. С. 2-5 (на русском языке)
6. Хеденгвист Дж.В. Последние достижения в понимании и разведке эпitherмальных месторождений вулканических дуг. // Конференция Тихоокеанского региона. Аннотация, 2015. – С. 1-6 (на английском языке)
7. Силитоу Р.Х. Типы месторождений золота: обзор. // Общество экономических геологов. 2020. С. 1-28 (на английском языке)
8. Сейтмуратова Э. Ю. Золотоносность позднепалеозойских вулкано-плутонических поясов Джунгаро-Балхашской провинции (проблемы ее изучения и освоения). // Геология и разведка недр Казахстана. 1998. №2. С. 13-24 (на русском языке)
9. Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений: МИР, 1984. 496 с. (на русском языке)

10. Шер С.Д. Металлогения золота (Азия, Ю. Америка): М., 1974, Т. 2, 215 с. (на русском языке)
11. Хеденгвист Дж.В. Эпитермальные месторождения золота: типы, характеристики и разведка. // Специальный выпуск Геология полезных ископаемых №1. Опубликовано Обществом ресурсной геологии, Геологической службой Японии, Э. Идзава, Университет Кюху, А. Аррибас, Н. К. Уайт. Международная разведка полезных ископаемых. 1996. 16 с. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сейтмұратова Е.Ю. Қазақстанның минералдық-шикізат базасының қазіргі жағдайы және оны нығайту жолдары туралы пікірлер. // Геология және жер қойнауын қорғау. 2019. №1 (70). Б. 12-17 (орыс тілінде)
2. Щеглов А.Д. Металлогенездің теориялық негіздерінің қазіргі жағдайы: Л., 1989, 23 б. (орыс тілінде)
3. Сейтмұратова Е.Ю., Диаров А.Б., Горяева В.С. және т.б. Жоңғаро-Балқаш аймағындағы алтын-күмістің эпитермиялық минералдануын талдау және жаңа типтегі ірі кен орындарын ашу үшін перспективалы аймақтарды анықтау: грант жобасының есебі (2012-2014 ж.), Алматы, 2014. 174 б. (орыс тілінде)
4. Сейтмұратова Е.Ю., Диаров А.Б., Жакупова Ш.А., Горяева В.С., Сайдашева Ф.Ф., Аршамов Ю.К., Парфенова Л.П., Баратов Р.Т., Дауытбеков Д.О., Бақдәулетқызы С. Низамудинова С. Пайдалы қазбаларды барлау кен орындарын іздеу бағыттарын анықтау Қазақстанның палеозойда олардың пайда болу заңдылықтары туралы жаңа деректер негізінде. 5298/GF4 гранттық жобасы бойынша есеп (2015-2017 жж.), Алматы, 2017, 198 б. (орыс тілінде)
5. Нарсеев В.А., Шашкин В.М. Бағалы металдарды өндіруді дамытудың стратегиялық бағыты (ірі көлемді кен орындары мәселесі). / В.А. Нарсеев, В.М. Шашкин. // Геология және жер қойнауын қорғау. 2012. №1. Б. 2-5 (орыс тілінде)
6. Хеденгвист Дж.В. Жанартау догаларындағы эпитермиялық шөгінділерді түсіну мен барлаудағы соңғы оқиғалар. // Тынық мұхиты аймағындағы конференция аннотациясы, 2015. – Б. 1-6 (ағылшын тілінде)
7. Силитоу Р.Х. Алтын кен орындарының түрлері: шолу. // Экономикалық геологтар қоғамы. 2020. Б. 1-28. (ағылшын тілінде)
8. Сейтмұратова Е.Ю. Жоңғар-Балқаш губерниясының соңғы палеозойлық жанартаулық-плутондық белдеулерінің алтын құрамы (оны зерттеу және игеру мәселелері). // Қазақстанның геологиясы және жер қойнауын барлау. 1998. №2. Б. 13-24 (орыс тілінде)
9. Митчелл А., Гарсон М. Пайдалы қазбалар кен орындарының ғаламдық тектоникалық жағдайы: ӘЛЕМ, 1984. 496 б. (орыс тілінде)
10. Шер С.Д. Алтынның металлогениясы (Азия, Оңтүстік Америка): М., 1974, Т. 2, 215 б. (орыс тілінде)
11. Хеденгвист Дж.В. Эпитермиялық алтын кенорындары: түрлері, сипаттамалары және барлау. // Минералды геология арнайы шығарылымы № 1. Ресурстық геология қоғамы, Жапонияның геологиялық қызметі, Э.Изава, Кюху университеті, А.Аррибас, Н.С.Уайт. Пайдалы қазбаларды халықаралық барлау баспасы. 1996. 16 б. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Seitmuratova E.Yu. Kommentarii k sovremennomu sostoyaniyu mineral'no-syr'evoi bazy Kazakhstana i puti ee ukrepleniya. // Geologiya i okhrana nedr. 2019. №1 (70). S. 12-17 [Seitmuratova E.Yu. Comments on the current state of the mineral resource base of Kazakhstan and ways to strengthen it. // Geology and mineral resources protection. 2019. №1 (70). P. 12-17] (in Russian)
2. Shcheglov A.D. Sovremennoe sostoyanie teoreticheskikh osnov metallogenii: L., 1989, 23 s. [Current state of theoretical foundations of metallogeny: L., 1989. 23 p.] (in Russian)
3. Seitmuratova E.Yu., Diarov A.B., Goryaeva V.S. i dr. Analiz epitermal'nogo zoloto-serebryanogo orudneniya Zhongar-Balkhashskogo regiona i vydelenie perspektivnykh ploshchadei dlya obnaruzheniya krupnykh mestorozhdenii novogo tipa: Otchet po grantovomu proektu (2012-2014 gg.), Almaty, 2014, 174 s. [Seitmuratova E.Yu., Diarov A.B., Goryaeva V.S., et al. Analysis of epithermal gold-silver mineralization in the Junggar-Balkhash region and identification of promising areas for the discovery of large deposits of a new type: Report on grant project (2012-2014), Almaty, 2014, 174 p.] (in Russian)
4. Seitmuratova E.Yu., Diarov A.B., Zhakupova Sh.A., Goryaeva V.S., Saidasheva F.F., Arshamov Ya.K., Parfenova L.P., Baratov R.T., Dautbekov D.O., Bakdauletқызы S., Nizamudinova S. Vyyavlenie perspektivnykh napravlenii poiskov mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh na baze novykh dannykh o zakonoternostyakh ikh proyavleniya v paleozoidakh Kazakhstana: Otchet (2015-2017 gg.), Almaty, 2017, 198 s. [Seitmuratova E.Yu., Diarov A.B., Zhakupova Sh.A., Goryaeva V.S., Saidasheva F.F.,

Arshamov Ya.K., Parfenova L.P., Baratov R.T., Dautbekov D.O., Bakdauletkyzy S., Nizamudinova S. Identification of promising directions for the search for mineral deposits based on new data on the regularities of their manifestation in the Paleozoic of Kazakhstan: Report (2015-2017) on grant project 5298/GF4, Almaty, 2017, 198 p.] (in Russian)

5. Narseev V.A. Strategicheskoe napravlenie razvitiya dobychi blagorodnykh metallov (problema krupnoob'emnykh mestorozhdenii). / V.A. Narseev, V.M. Shashkin. // *Geologiya i okhrana nedr.* 2012. №1. S. 2-5 [Narseev V.A. Strategic direction of noble metals mining development (the problem of large-scale deposits). / V.A. Narseev, V.M. Shashkin. // *Geology and mineral resources protection.* 2012. №1. P. 2-5] (in Russian)
6. Hedengui J.W. Recent Developments in Understanding of and Exploration for Epithermal Deposits in Volcanic Arcs. // *PACRIM Congress Abstract, 2015.* – P. 1-6 (in English)
7. Sillitoe R.H. Gold deposit types: A review. // *Society of Economic Geologists.* 2020. P. 1-28 (in English)
8. Seitmuratova E.Yu. Zolotonosnost' pozdnepaleozoiskikh vulkano-plutonicheskikh poyasov Dzhungaro-Balkhashskoi provintsi (problema ee izucheniya i osvoeniya). // *Geologiya i razvedka nedr Kazakhstana.* 1998. №2. S. 13-24 [Seitmuratova E.Yu. Gold-bearing capacity of the Late Paleozoic volcano-plutonic belts of the Junggar-Balkhash province (issues of its study and development). // *Geology and exploration of mineral resources in Kazakhstan.* 1998. №2. P. 13-24] (in Russian)
9. Mitchell A., Garson M. Global'naja tektonicheskaja pozicija mineral'nyh mestorozhdenij: MIR, 1984. 496 s. [Mitchell A., Garson M. Global tectonic position of mineral deposits: WORLD, 1984. 496 p.] (in Russian)
10. Sher S.D. Metallogeniya zolota (Aziya, Yu. Amerika): M., 1974, T. 2, 215 s. [Gold metallogeny (Asia, South America): M., 1974, Vol. 2. 215 p.] (in Russian)
11. Hedengui J.W. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration. // *Resource Geology Special Publication Number 1. Published by the society of Resource Geology, Geological Survey of Japan, E. Izawa, Kyuhu University, A. Arribas, Geological Survey of Japan, N.C. White. Minerals International Exploration.* 1996. 16 p. (in English)

Сведения об авторах:

Сейтмуратова Э.Ю., доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующая лабораторией геологии и рудных формаций, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), seitmuratova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8403-4635>
Даутбеков Д.О., доктор PhD, старший научный сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), dautbekov_diyas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8220-5450>
Маишрапова М.А., доктор PhD, младший научный сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), moldir_m_m@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6009-9730>
Даулетұлы А., магистр, инженер, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), dauletuly.ansagan@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-8885-4658>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сейтмуратова Э.Ю., геология-минералогия ғылымдарының докторы, Қ.И.Сәтбаев атындағы Геология ғылымдары институтының геология және кен түзілімдері зертханасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)
Даутбеков Д.О., PhD докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)
Маишрапова М.А., PhD докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)
Даулетұлы А., магистр, инженер, «Қ.И.Сәтбаев атындағы Геология ғылымдары институты» (Алматы, Қазақстан)

Information about the authors:

Seitmuratova E. Yu., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Laboratories of Geology and Ore Formations, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)
Dautbekov D. O., Doctor PhD, Senior Researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)
Mashrapova M. A., Doctor PhD, junior researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)
Dauletuly A., master, engineer, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ И ДОКАЗАННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ



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



ME FIT Grinding

Изнашиваемые детали для мельниц
и дробилок всех типов

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

ME Elecmetal

тел.:

+7 914 880 4545

+7 777 247 0787

+1 778 875 7525

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

Код МРНТИ 36.16.19

Е.О. Шаленов, *А. Кенесбаева, Э.О. Орынбасарова, К.А. Жанакулова
 Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ

Аннотация. В настоящей статье выполнен анализ состояния научной проблемы по определению гравитационной постоянной G и приведены результаты эксперимента по определению данной константы. Рассмотрены результаты измерений данной физической константы, полученные исследователями разных стран в разный период времени. Описаны методика и результат определения гравитационной постоянной методом ускорения свободного падения, выполнен расчет точности полученного значения константы. Сделано заключение о необходимости применения новых подходов к определению G с целью повышения точности измерений данной константы, значение которой используется при решении широкого круга научно-технических задач.

Ключевые слова: гравитационная постоянная, крутильные весы, эксперимент Кавендиша, физическая константа, сила притяжения, метод равновесия, резонансный метод.

Гравитациялық тұрақтының мәнін анықтау

Аңдатпа. Бұл мақалада гравитациялық константа G -ді анықтаудың ғылыми мәселесінің күйі талданады және осы тұрақтыны анықтауға арналған эксперимент нәтижелері келтіріледі. Түрлі елдердің зерттеушілерінің әртүрлі уақыт кезеңдері бойынша алған осы физикалық тұрақтының өлшеу нәтижелері қарастырылады. Гравитациялық үдеу әдісі арқылы гравитациялық тұрақтыны анықтаудың әдісі мен нәтижесі сипатталып, тұрақты шаманың алынған мәнінің дәлдігі бағаланады. Гравитациялық константаның мәні кең ауқымды ғылыми-техникалық есептерді шешуде қолданылатындықтан, бұл тұрақтының өлшемдерінің дәлдігін арттыру үшін, G -ді анықтаудың жаңа тәсілдерін қолдану қажеттігі тұжырымдалады.

Түйінді сөздер: гравитациялық тұрақты, бұралу таразысы, Кавендиш тәжірибесі, негізгі физикалық тұрақты, тартылыс күші, тепе-теңдік әдісі, резонанс әдісі.

Determining the gravitation constant value

Abstract. This article analyzes the state of the scientific problem of determining the gravitational constant G , and presents the results of an experiment to determine this constant. The results of measurements of this physical constant obtained by researchers from different countries over different periods of time are considered. The method and result of determining the gravitational constant using the gravitational acceleration method are described, and the accuracy of the obtained value of the constant is calculated. Since the value of the gravitational constant is used in solving a wide range of scientific and technical problems, it is necessary to use new approaches to determining G in order to increase the accuracy of measurements of this constant.

Key words: gravitational constant, torsion balance, Cavendish experiment, fundamental physical constant, force of attraction, equilibrium method, resonance method.

Введение

Гравитационная постоянная G , являясь фундаментальной физической константой, играет важную роль в гравитации, космологии, физике элементарных частиц и астрофизике. Она участвует в уравнении Ньютона и общей теории относительности Эйнштейна, а также используется для определения масс планет и силы взаимодействия объектов микро- и макромира. Но, не смотря на свою фундаментальную роль в науке, данная константа определена с меньшей точностью по сравнению с другими фундаментальными постоянными. К примеру, скорость света и постоянная Планка известны с точностью 8-9 знаков, а гравитационная постоянная только до 6-го знака.

Трудности в точном определении G связаны с ее малым значением в условиях земных экспериментов, а также невозможностью экранировать гравитационную силу. Невзирая на все сложности в определении данной постоянной, ученые не прекращают свои попытки получения более достоверного значения G в течение более двух столетий. За это время точность G увеличилась всего на два порядка, хотя были применены самые новейшие технологии.

В 1798 году английский ученый Генри Кавендиш опубликовал статью «Опыты по определению плотности Земли» в научном журнале «Философские труды Королевского общества». Знаменитый эксперимент Кавендиша (рис. 1), в котором он использовал торсионные весы для исследования гравитационного притяжения между лабораторными массами, заключается в том, что на два маленьких шарика, подвешенные на краях легкого коромысла, влияют два массивных шара, создавая силу притяжения. В результате силы гравитации крутильные весы немного

поворачиваются. Измерив угол поворота коромысла с учетом известных масс всех шаров, расстояний между ними, а также упругих свойств нити, можно вычислить гравитационную постоянную¹.

Это были первые исследования по определению ньютоновской гравитационной константы. Тогда был получено значение G , равное $6,754 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$ и его относительная погрешность не превышала одного процента.



Рис. 1. Крутильные весы Кавендиша.
 Сурет 1. Кавендиштің бұралу таразысы.
 Figure 1. Cavendish torsion scales.

Появление статьи Кавендиша ознаменовало важный переходный момент в изучении силы тяжести. До этого

¹Некоммерческий научно-популярный проект «Элементы»: информационный сайт, 2005-2024. URL: https://elementy.ru/problems/671/Mekhanika_krutilnykh-vesov (дата обращения: 13.12.2023).

в экспериментах в этой области обычно использовалась Земля как одна из тестовых масс, а после этого начались исследования, проводимые с относительно небольшими испытательными массами.

Со времен выполнения эксперимента Кавендиша были применены разные методы и подходы к измерению гравитационной постоянной, к числу которых относятся методы крутильного и секундного маятника, эксперименты с тяжелыми металлическими шарами, эксперименты с крупными массами в гравитационном поле Земли, а также спутниковые эксперименты. Некоторые из этих методов требуют сложных экспериментальных условий и дают результаты с различной точностью. Приведем наиболее интересные и высокоточные эксперименты, выполненные в последние десятилетия и их результаты.

В работе [1] сообщается о первом точном определении G с использованием атомов, охлажденных лазером, и квантовой интерферометрии для исследования гравитации. Основная идея эксперимента заключается в использовании атомного интерферометра в качестве датчика гравитации и точно известных масс в качестве источника гравитационного поля. Благодаря точному измерению ускорения атомов, создаваемого массой источника, и зная распределение масс, возможно определение значения гравитационной постоянной G по известной формуле:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (1)$$

где:

F – сила притяжения между двумя телами;

m_1 и m_2 – массы двух тел;

r^2 – расстояние между центрами масс этих тел.

В результате эксперимента получено значение $G = 6,67191(99) \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$ с относительной погрешностью 150 ppm, что составляет 1,5 комбинированных стандартных отклонения от текущего рекомендованного значения Комитета по данным для науки и технологий (CODATA – Committee on Data for Science and Technology).

Также известны результаты измерения гравитационной постоянной с помощью весов и 13 тонн ртути [2], которые были выполнены ранее исследователями Цюрихского Университета и опубликованы в 2006 г. Отмечено что, с 1994 по 2006 год семь ученых работали над экспериментом Цюрих G . В этом опыте гравитационное поле создавалось двумя большими цилиндрами, каждый из которых был наполнен ртутью весом 6760 кг.

Совместная работа ученых привела к получению значения $G = 6,674\ 252(122) \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$. Относительная стандартная неопределенность измерения составляет 18×10^{-6} . На момент публикации полученных результатов этот эксперимент был лишь одним из двух экспериментов, в которых не были использовали крутильные весы и получено значение с относительной погрешностью менее 100×10^{-6} .

Эксперименты, выполненные китайскими учеными [3] совместно с российским исследователем, являются еще одним вкладом в сложную задачу измерения значения G . В результате выполнения двух независимых определений G в экспериментах с крутильным маятником, с ис-

пользованием метода времени качания и метода обратной связи по угловому ускорению, получены значения $G = 6,674184 \times 10^{-11}$ и $6,674484 \times 10^{-11}$ кубических метров на килограмм в секунду в квадрате с относительными стандартными неопределенностями 11,64 и 11,61 частей на миллион соответственно. Эти значения имеют наименьшие неопределенности, о которых сообщалось до сих пор, и оба согласуются с последним рекомендованным значением в пределах двух стандартных отклонений.

Еще один современный подход к определению G основан на развитии гипотезы Дирака о том, что все большие безразмерные числа, которые можно построить из важных естественных единиц космологии и теории атома, связаны между собой. Хотя Дираку не удалось точно сопоставить все эти числа, он предполагал, что существует способ их объединения. Гипотеза Дирака приводит к константе N , которая объединяет большинство физических параметров. Он представляет собой максимальное количество фотонов с длиной волны, равной окружности Вселенной.

Используя новую космологическую модель, канадские исследователи нашли константу β , которая представляет собой соотношение между скоростью расширения материальной вселенной и скоростью расширения светящейся вселенной (которая на данный момент равна скорости света в вакууме c). С помощью этой константы оказалось возможным точно рассчитать несколько физических параметров, включая универсальную гравитационную постоянную G , постоянную Хаббла H_0 и среднюю температуру T космологического микроволнового фона [4]. Исследователи пришли к выводу, что G , H_0 и T на самом деле не являются постоянными в пространстве и времени.

Новое значение G , полученное канадскими исследователями, равно $6.673229809(86) \times 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$, которое полностью согласуется со значением Тейлора-Паркера-Лангенберга [5], которое составляет $6,6732(31) \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$.

Еще один опыт измерения гравитационной постоянной G , основанный на интерферометрии холодных атомов, выполнен в 2018 году итальянскими и нидерландскими учеными [6]. В этом методе свободно падающие образцы атомов рубидия, охлажденные лазером, используются в гравитационном градиентометре для исследования поля, создаваемого близлежащими массами источника (вольфрама). Измерение повторяется в двух различных конфигурациях масс источника и моделируется с помощью численного моделирования. На основе эволюции атомных волновых пакетов и распределения масс источника оценивается дифференциальное ускорение, имеющее G в качестве уникального свободного параметра. Таким образом, в обеих конфигурациях исходных масс атомные интерферометры могут работать в пространственных областях, где общее ускорение медленно меняется, а чувствительность измерения к исходному положению и скорости атомов сильно снижается.

Помимо своей потенциальной чувствительности, этот метод интересен применением квантовой системы для измерения гравитации. В результате эксперимента получено значение $G = 6,667 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$. При этом статистическая неопределенность оценивается в $\pm 0,011 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$ и систематическая погрешность $\pm 0,003 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$. Долговременная стабильность прибора и продемонстрированное здесь соот-

ношение сигнал/шум открывают хорошие перспективы для дальнейшего повышения точности измерений.

Казахстанские исследователи в 2017 г. определили гравитационную постоянную при помощи ускорения свободного падения. Была создана конструкция, состоящая из трубы, в которой при помощи вакуумного насоса было создано достаточно сильное разрежение воздуха. Давление воздуха в трубе контролировалось при помощи манометра. Измерялось секундомером время падения шарика внутри трубы, затем вычислялось ускорение силы тяжести для шарика, и с учетом массы Земли и радиуса на широте исследователей, определялась гравитационная постоянная. Полученное значение фундаментальной постоянной G составляет $6,71509 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$. Погрешность измерений в экспериментах [7] составляет 1.17%-1.35%.

Создана расчетная модель крутильных весов и выполнен предварительный анализ точности параметров системы в работе². При этом предварительно задана требуемая точностью измерения G , и исходя из этого решена обратная задача определения допустимой погрешности измерения угла поворота коромысла, а также основных конструктивных и физико-механических параметров крутильных весов. Сделан вывод о том, что существующие на сегодня проблемы с точностью измерения G связаны ограниченными метрологическими возможностями и методологическими стереотипами. Для получения высокой точности определения G необходимо предварительно рассчитать допустимые погрешности измерения основных параметров системы, которые в последствии обеспечат желаемый высокоточный результат определения данной физической константы.

Необходимо отметить и тот факт, что некоторые теории и исследования предполагают возможное изменение гравитационной постоянной на космологических или квантовых масштабах [8, 9]. Выполняются исследования влияния изменения гравитационной постоянной G на генерацию гравитационных волн. Это исследования дают ценную информацию о поведении изменения гравитационной постоянной G на основе результатов обнаружения гравитационных волн и способствуют более глубокому фундаментальному аспектам гравитации.

Последнее десятилетия благодаря развитию науки технологии, появились новые подходы к определению гравитационной постоянной, однако, точность значения G особо не повысилась из-за того, что полученные новые значения не сходятся между собой. Поэтому, трудно доказать, что они достоверные. И в то же время, необходимость получения более точного значения G , учитывая ее фундаментальную роль в решении многих физических задач, все еще остается актуальной.

В КазНИТУ им. Сатпаева проведен эксперимент по уточнению значения гравитационной постоянной G методом ускорения свободного падения. Методика и результаты приведены ниже.

Методы исследования

Эксперимент выполняется с помощью специальной установки (рис. 2), основными частями которой являют-

ся юстируемая станина 4 с закрепленной на ней трубой 9. В вершине трубы установлена основа 1 с неподвижной осью, электромагнитный стопор 2 (с кнопкой включения стопора) и ролик 3. Ролик 3 закреплен на двух подшипниках относительно оси основы, позволяющих ему свободно вращаться вокруг оси.

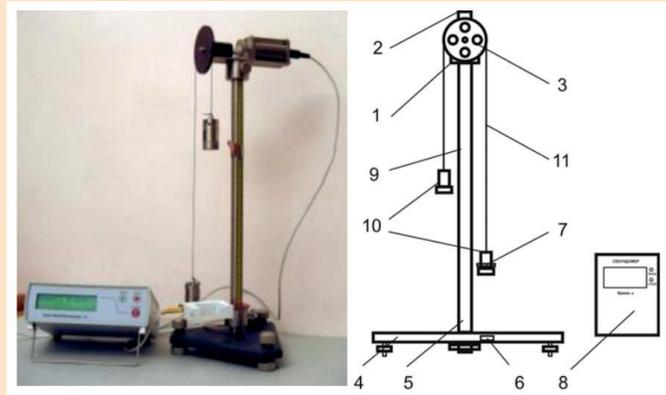


Рис. 2. Машина Атвуда.
Сурет 2. Атвуд машинасы.
Figure 2. Atwood machine.

Через ролик 3 переброшена нить 11 (условно нерастяжимая и невесомая) с подвешенными на ее концах грузами 10 одинаковой массы. Если на правый груз поместить перегрузок 7, на ролике 3 возникнет момент вращения. При включенном стопоре 2 система ролик-грузы будет неподвижна. Нажав кнопку «ПУСК» на секундомере 8, отключается электромагнитный стопор 2 и одновременно запускается отсчет секундомера 8. Грузы 10 придут в движение и, когда груз с перегрузками 7 коснется поверхности станины 4, сработает датчик 6, что приведет к остановке отсчета секундомера 8.

Если на инерциальную систему воздействуют некомпенсированные силы, она приходит в ускоренное движение. На рисунке 3 схематично приведен ход эксперимента с приложенными силами к элементам системы.

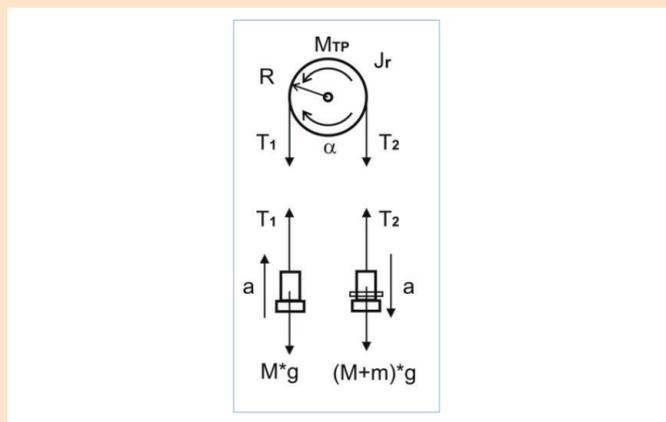


Рис. 3. Движение инерциальной системы.
Сурет 3. Инерциялық жүйенің қозғалысы.
Figure 3. Motion of the inertial system.

²elIBRARY.SPBSTU.RU: науч. электрон. б-ка: сайт. Санкт-Петербург, 2019. URL: <https://elib.spbstu.ru> (дата обращения: 20.11.2017). Режим доступа: открытый.

Здесь J_r и R – момент инерции вращения и радиус ролика соответственно, Mmp – момент трения, возникающий при вращении ролика, α – угловое ускорение ролика, M – масса груза, m – масса перегрузка, T_1 и T_2 – сила натяжения левой и правой нитей соответственно, a – ускорение движения грузов, g – ускорение свободного падения.

Записав уравнения равновесия для каждого из трех элементов, представленных на рисунке 3, мы получим систему из трех уравнений, полностью описывающих движение эксперимента при условии нерастяжимости нити и отсутствии ее проскальзывания в ролике:

$$\begin{cases} M \cdot a = T_1 - M \cdot g \\ (M + m) \cdot a = (M + m) \cdot g - T_2 \\ J_r \cdot \alpha = (T_2 - T_1) \cdot R - M_{TP} \end{cases} \quad (2)$$

Решая систему уравнений (2), и учитывая, что в нашем случае, $2M \gg m$, мы получим следующую формулу для определения ускорения грузов:

$$a = \frac{g}{2M + \frac{J_r}{R^2}} \cdot m - \frac{M_{TP}}{R \cdot (2M + \frac{J_r}{R^2})} \quad (3)$$

Ускорение грузов системы a линейно зависит от массы перегрузка m , то есть, описывается уравнением прямой линии:

$$a = km + b. \quad (4)$$

Экспериментально получив зависимость времени прохождения груза l_0 некоторого одинакового пути S от общей массы перегрузков и используя уравнение движения материальной точки:

$$a = \frac{2S}{t^2}. \quad (5)$$

Затем необходимо построить график $a = f(m)$.

Построив эту зависимость и определив угловой коэффициент прямой, из (4) находим ускорение свободного падения g :

$$g = \left(2M + \frac{J_r}{R^2}\right) \cdot k, \quad (6)$$

где $M=113.5$ г, $J_r=1.27 \cdot 10^{-4}$ кг·м², $R=33$ мм.

Если считать, что Земля – идеальный геоид с полярным радиусом $R_p = 6356.7523$ км и экваториальным радиусом $R_e = 6378.1370$ км, то радиус на широте находим по формуле:

$$R_{ш} = \cos\varphi(R_e - R_p) + R_p. \quad (7)$$

Алматы находится на высоте 877 метров над уровнем моря. Отсюда следует, что необходимый нам радиус Земли равен:

$$R_3 = R_{ш} + 0.877. \quad (8)$$

Зная массу Земли и радиус на нужной нами широте, по формуле для нахождения ускорения свободного падения

мы вычисляем искомую нами гравитационную постоянную:

$$G = \frac{gR_3^2}{M_3}. \quad (9)$$

Таким образом, эксперимент состоит из нескольких шагов: измерение времени падения перегрузков (их всего 4 с разными массами), вычисление ускорения падения перегрузков по формуле (5), определение ускорения свободного падения из выражения (6) и расчет гравитационной постоянной по формуле (9).

Результаты и обсуждения

Для эксперимента использованы 4 перегрузка с массами: 5 г, 7.5 г, 10 г и 12.5 г. На рисунке 4 приведен график зависимости $a = a(m)$ и ее аппроксимация методом наименьших квадратов (МНК), для более точного определения углового коэффициента k и постоянной b . Получены значения $k = 28.5425$ и $b = -0.0494$.

По формуле (6) определено ускорение свободного падения и вычислено экспериментальное значение гравитационной постоянной с помощью выражения (9).

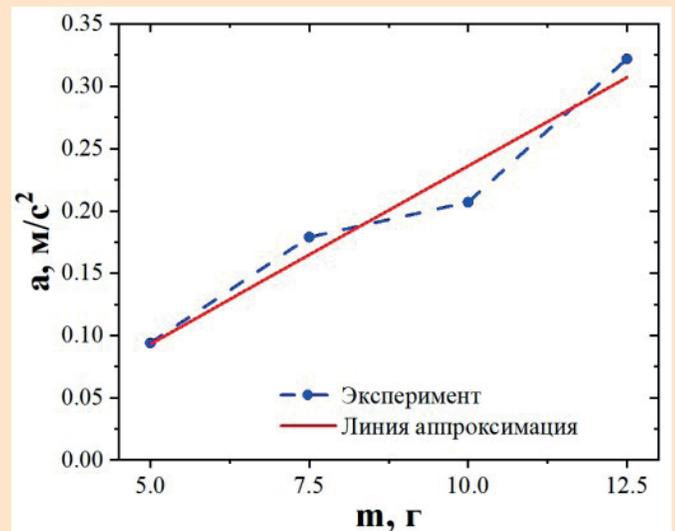


Рис. 4. График зависимости $a = a(m)$.

Сурет 4. $a = a(m)$ тәуелділік графигі.

Figure 4. Graph of $a = a(m)$.

Результаты измерений времени прохождения грузиков и вычислений ускорения a и гравитационной постоянной G приведены в таблице 1.

Вычислена погрешность по формуле: $\Delta_G = \frac{|G_{exp} - G_{tab}|}{2}$, $m^3 \text{кг}^{-1} \text{с}^{-2}$. $G_{tab} = 6.6743 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{кг}^{-1} \text{с}^{-2}$, согласно последнему утверждению Комитета по данным для науки и техники [10]. Вычислена относительная погрешность в процентах:

$$\delta_G = \frac{|G_{exp} - G_{tab}|}{G_{tab}} \cdot 100\%.$$

В результате эксперимента получено значение гравитационной постоянной $G = 6.670679 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{кг}^{-1} \text{с}^{-2}$, с погрешностью/точностью $0.0018105 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{кг}^{-1} \text{с}^{-2}$. Полученное значение константы отличается от принятого на сегодняшний день значения G в пределах указанных погрешностей.

Таблица 1

Результаты измерений времени прохождения грузиков и вычислений ускорения a и константы G

Кесте 1

Жүктердің өту уақытын өлшеу нәтижелері және a және G тұрақты үдеуді есептеу нәтижелері

Table 1

Results of measurements of the passage time of weights and calculations of acceleration a and constants G

№	Перегрузок m_p , г	$m_1 = 5$	$m_2 = 7,5$	$m_3 = 10,0$	$m_4 = 12,5$
1	Время, с	3.51	2.58	2.35	1.88
2		3.45	2.53	2.33	1.87
3		3.49	2.53	2.33	1.89
4		3.49	2.54	2.29	1.89
5		3.41	2.48	2.29	1.90
6		3.52	2.46	2.30	1.88
7		3.45	2.48	2.40	1.82
8		3.51	2.49	2.34	1.89
9		3.50	2.46	2.38	1.87
10		3.42	2.58	2.36	1.84
$S = 0.565$ м	среднее	3.475	2.513	2.337	1.873
$a = 2S/t^2$, м/с ²	-	0.094	0.179	0.207	0.322
G_{exp} , м ³ кг ⁻¹ с ⁻²	-	6.670679·10 ⁻¹¹			
Δ_G , м ³ кг ⁻¹ с ⁻²	-	0.0018105·10 ⁻¹¹			
δ_G	-	0.027%			

И это объясняется как влиянием внешних факторов на ход эксперимента, так и ограниченной точностью измерения времени прохождения пути грузиками.

Заключение

Результат, полученный в нашем эксперименте, не позволяет повысить точность значения G , но позволяет сделать выводы для получения более точных результатов в будущих экспериментах. Как показал опыт, в эксперименте с машиной Атвуда, точность измерения времени недостаточно высока и влияния внешних шумов не исключены.

Для достижения более точных результатов, необходимо максимально учитывать влияние внешних источников ошибок, выполнять предварительный расчет точности измерений, исходя из того, с какой точностью планиру-

ется получить значение G . Также рекомендуется применять принципиально различные подходы определения гравитационной постоянной для сравнительного анализа и выявления более точного метода определения данной константы.

Ввиду того, что знание точного значения гравитационной постоянной важно не только для физиков, но и для геодезистов, которые используют G при решении гравиметрических задач, вопрос получения более точного значения данной константы остается актуальным и требующим решения.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №BR21882366).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. G. Rosi и др. Точное измерение ньютоновской гравитационной постоянной с использованием холодных атомов. // Природа. 2014. Т. 510. №7506. С. 518-521 (на английском языке)
2. E. Holzschuh и др. Измерение гравитационной постоянной Ньютона. // Физический обзор. 2006. Т. 74. №8. С.1-26 (на английском языке)
3. Q. Li и др. Измерения гравитационной постоянной двумя независимыми методами. // Природа. 2018. Т. 560. №7720. С. 582-588 (на английском языке)
4. Mercier C. Расчет Универсальной гравитационной постоянной, постоянной Хаббла и средней температуры реликтового излучения. // Журнал современной физики. 2019. Т. 10. №06. С. 641-662 (на английском языке)
5. V.N. Taylor и др. Определение e/h с использованием макроскопической квантовой фазовой когерентности в сверхпроводниках: значение для квантовой электродинамики и фундаментальных физических констант. // Обзоры современной физики. 1969. Т. 41. №3. С. 375-496 (на английском языке)
6. G. Lamporesi и др. Определение ньютоновской гравитационной постоянной с помощью атомной интерферометрии. // Физический обзор писем. 2008. Т. 100. №5. С. 050801.1-050801.4 (на английском языке)

7. Калманова Д.М., Калкаманов Р.Б. Измерение гравитационный постоянной методом ускорения свободного падения. // *Материалы респуб. научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-13: сохраняя традиции, создавая будущее»*, 2017. – С. 54-58 (на русском языке)
8. Kordi A.S. Изменение гравитационной постоянной со временем в рамках гипотезы о большом количестве и создании материи. // *Журнал короля Сауда Университета-науки*. 2009. Т. 21. №2. С. 151-154 (на английском языке)
9. Sun B. Ограничение временного изменения гравитационной постоянной путем распространения гравитационных волн. / B. Sun, J. An, Z. Cao. // *Физические письма Б*. 2024. Т. 848. С. 138350 (на английском языке)
10. P.J. Mohr and et al. Рекомендуемые CODATA значения фундаментальных физических констант: 2014. // *Обзоры современной физики*. 2016. Т. 88. №3. С. 035009 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. G. Rosi және басқалар. Суық атомдарды қолдана отырып, ньютонның гравитациялық константасын дәл өлшеу. // *Табиғат*. 2014. Т. 510. №7506. Б. 518-521 (ағылшын тілінде)
2. E. Holzschuh және басқалар. Ньютонның гравитациялық константасын өлшеу. // *Физикалық шолу*. 2006. Т. 74, №8. Б. 1-26 (ағылшын тілінде)
3. Q. Li және басқалар. Гравитациялық тұрақтыны екі тәуелсіз әдіспен өлшеу. // *Табиғат*. 2018. Т. 560. №7720. Б. 582-588 (ағылшын тілінде)
4. C. Mercier. Әмбебап гравитациялық константаны, Хаббл константасын және ОРТАША СМВ температурасын есептеу. // *Заманауи Физика журналы*. 2019. Т. 10. Шығ. 06. Б. 641-662 (ағылшын тілінде)
5. B.N. Taylor және басқалар. Асқын өткізгіштердегі макроскопиялық кванттық фазалық когеренттілікті қолдана отырып, e/h анықтау: кванттық электродинамикаға және негізгі физикалық тұрақтыларға әсері. // *Заманауи физикаға шолулар*. 1969. Т. 41. Шығ. 3. Б. 375-496 (ағылшын тілінде)
6. G. Lamporesi және басқалар. Атом интерферометриясын қолдана отырып, ньютонның гравитациялық константасын анықтау. // *Физикалық шолу хаттары*. 2008. Т. 100. №5. Б. 050801.1-050801.4 (ағылшын тілінде)
7. Калманова Д.М., Калкаманов Р.Б. Ауырлық күшін үдету арқылы гравитациялық тұрақтыны өлшеу. // *Республика материалдары. «Сейфуллин оқулары-13: дәстүрлерді сақтау, болашақты құру» ғылыми-теориялық конференциясы*, 2017. – Б. 54-58 (орыс тілінде)
8. Kordi A.S. Гравитациялық тұрақтының үлкен сан шеңберіндегі уақытқа байланысты өзгеруі және материяның пайда болуы гипотеза жасайды. // *Сауд Король университетінің журналы-ғылым*. 2009. Т. 21. №2. Б. 151-154 (ағылшын тілінде)
9. B. Sun. Гравитациялық толқындардың таралуы арқылы гравитациялық тұрақтының уақыттық өзгеруін шектеңіз. / B. Sun, J. An, Z. Cao. // *Физика Әріптері В*. 2024. Т. 848. Б. 138350 (ағылшын тілінде)
10. P.J. Mohr және басқалар. CODATA негізгі физикалық тұрақтылардың ұсынылған мәндері: 2014. // *Қазіргі физикаға шолулар*. 2016. Т. 88. №3. Б.035009 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. G. Rosi et al. Precision Measurement of the Newtonian Gravitational Constant Using Cold Atoms. // *Nature*. 2014. Vol. 510. №7506. P. 518-521 (in English)
2. E. Holzschuh et al. Measurement of Newton's gravitational constant. // *Physical Review*. 2006. Vol. 74. №8. P. 1-26 (in English)
3. Q. Li et al. Measurements of the gravitational constant using two independent methods. // *Nature*. 2018. Vol. 560. №7720. P. 582-588 (in English)
4. Mercier C. Calculation of the Universal Gravitational Constant, of the Hubble Constant, and of the Average CMB Temperature. // *Journal of Modern Physics*. 2019. Vol.10. №06. P. 641-662 (in English)
5. B.N. Taylor and et al. Determination of e/h , Using Macroscopic Quantum Phase Coherence in Superconductors: Implications for Quantum Electrodynamics and the Fundamental Physical Constants. // *Reviews of Modern Physics*. 1969. Vol. 41. №3. P. 375-496 (in English)
6. G. Lamporesi et al. Determination of the Newtonian Gravitational Constant Using Atom Interferometry. // *Physical review letters*. 2008. Vol. 100. №5. P. 050801.1-050801.4 (in English)
7. Kalmanova, D. M., Kalkamanov, R. B. Measurement of the gravitational constant by the method of acceleration of free fall. // *Materials of the republican scientific and theoretical conference «Seifullin readings-13: preserving traditions, creating the future»*, 2017. – P. 54-58 (in Russian)
8. Kordi A.S. Variation of the gravitational constant with time in the framework of the large number and creation of matter hypothesizes. // *Journal of King Saud University-Science*. 2009. Vol. 21. №2. P. 151-154 (in English)
9. Sun B. Constrain the time variation of the gravitational constant via the propagation of gravitational waves. / B. Sun, J. An, Z. Cao. // *Physics Letters B*. 2024. Vol. 848. P. 138350 (in English)
10. P. J. Mohr and et al. CODATA recommended values of the fundamental physical constants: 2014. // *Reviews of Modern Physics*. 2016. Vol. 88. №3. P.035009 (in English)

Сведения об авторах:

Шаленов Е.О., доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Общая физика» института энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), e.shalenov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-6469-6623>

Кенесбаева А., PhD, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), a.kenesbayeva@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-0869-5762>

Орынбасарова Э.О., PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), e.orynbassarova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-6421-4698>

Жанакулова К.А., докторант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), 920103402123-d@stud.satbayev.university; <https://orcid.org/0009-0001-6920-5675>

Авторлар туралы мәліметтер:

Шаленов Е.О., Ph.D докторы, Satbayev University Ә. Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институты, «Жалпы физика» кафедрасы қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Кенесбаева А., PhD, Satbayev University О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

Орынбасарова Э.О., PhD, қауымдастырылған профессоры, Satbayev University О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)

Жанакулова К.А., Satbayev University О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Shalenov E.O., PhD, Associate Professor of the Department of «General Physics» of Institute of Energy and Mechanical Engineering named after A. Burkitbay of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Kenesbayeva A., PhD, Senior Lecturer at the Department of Mine Surveying and Geodesy, of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Orynbassarova E.O., PhD, Associate Professor, Head of the Department of Mine Surveying and Geodesy, of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Zhanakulova K.A., PhD student at the Department of Mine Surveying and Geodesy, of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

+7 499 638-23-29

info@seymartec.ru

https://seymartec.ru

УФА | SHERATONPLAZA UFA CONGRESS HOTEL

22-24
ОКТЯБРЯ



I МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
SEYMARTEC
DIGITAL OIL&GAS

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ:
РАЗВЕДКА И ДОБЫЧА,
ПЕРЕРАБОТКА — 2024



Код МРНТИ 53.37.13

*Г.К. Макашева¹, Л.М. Каримова², Б.С. Баимбетов¹, С.В. Мамяченков³¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²ТОО «КазГидроМедь», ТОО «Инновация» (г. Караганда, Казахстан),³ФГАОУ «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОГАЩЕНИЮ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЧЕРНОВОГО МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА

Аннотация. На сегодняшний день отсутствует экономически целесообразная технология переработки лежалых медных хвостов. Однако данный техногенный вид сырья кроме меди содержит железо, серебро и диоксид кремния. В связи с этим проведены лабораторные исследования по определению оптимального флотационного режима, позволяющего эффективно извлекать медь в черновой концентрат из лежалых медных хвостов обогатительной фабрики. Предложенная схема включает предварительную классификацию лежалых медных хвостов с последующей медной флотацией. Данный вариант технологии позволил получить «черновой медный» концентрат, содержащий 4,40% меди и 77,03 г/т серебра, при извлечении 46,75% и 46,99%. Исследованиями по спеканию чернового концентрата с щелочью установлено, что в интервале температур 250-500 °С извлечение кремнезема в раствор увеличивается с 59,96% до 70,40%, а содержание меди повышается с 4,40% до 5,37%.

Ключевые слова: лежалые хвосты, флотация, спекание, фазовый состав, черновой концентрат, предварительная классификация.

Жартылай тазартылған мыс концентратын алу арқылы жатып қалған қалдықты байыту бойынша зерттеулер

Андатпа. Бүгінгі таңда мыс қалдықтарын қайта өңдеудің экономикалық тиімді технологиясы жоқ. Алайда, шикізаттың бұл техногендік түрі мыстан басқа, құрамында темір, күміс және кремний диоксиді бар, осыған байланысты байыту фабрикасының мыс қалдықтарынан мысты өрескел концентратқа тиімді шығаруға мүмкіндік беретін оңтайлы флотациялық режимді анықтау үшін зертханалық зерттеулер жүргізілді. Ұсынылған схема жезден жасалған күйрықтардың алдын-ала жіктелуін, содан кейін мыс флотациясын қамтиды. Технологияның бұл нұсқасы 46,75% және 46,99% алу кезінде 4,40% мыс және 77,03 г/т күмістен тұратын «өрескел мыс» концентратын алуға мүмкіндік берді. Жартылай тазартылған концентратты сілтімен агломерациялау бойынша зерттеулер 250-500 °С температура аралығында кремний диоксидін ерітіндіге шығару 59,96%-дан 70,40%-ға дейін артады, ал мыс құрамы 4,40%-дан 5,37%-ға дейін артады.

Түйінді сөздер: жатып қалған қалдықтар, флотация, агломерация, фазалық құрам, жартылай тазартылған концентрат, алдын-ала жіктеу.

Studies on the enrichment of stale tailings to obtain rough copper concentrate

Abstract. To date, there is no economically feasible technology for processing stale copper tailings. However, this technogenic type of raw material, in addition to copper, contains iron, silver and silicon dioxide, and therefore laboratory studies have been conducted to determine the optimal flotation regime that allows efficient extraction of copper into a rough concentrate from the stale copper tailings of the concentrator. The proposed scheme includes a preliminary classification of stale copper tailings followed by copper flotation. This variant of the technology made it possible to obtain a «rough copper» concentrate containing 4.40% copper and 77.03 g/t silver, while extracting 46.75% and 46.99%. Studies on sintering of rough concentrate with alkali have found that in the temperature range of 250-500 °C, the extraction of silica into solution increases from 59.96% to 70.40%, and the copper content increases from 4.40% to 5.37%.

Key words: stale tailings, flotation, sintering, phase composition, rough concentrate, preliminary classification.

Введение

В условиях растущей потребности в сырье и увеличения производственных мощностей отмечается значительное повышение объемов переработки минерального сырья [1-6]. Это приводит к резкому росту объемов отходов, таких как хвосты, шламы и шлаки, которые серьезно загрязняют окружающую среду. В связи с этим предъявляются все более строгие экологические требования, что стимулирует активное вовлечение в хозяйственный оборот вторичных техногенных источников полезных ископаемых [2, 5].

На сегодняшний день отсутствует экономически целесообразная технология переработки лежалых медных хвостов. Однако данный техногенный вид сырья кроме меди содержит железо, серебро и диоксид кремния [4, 5].

В последнее время повышенное внимание во всем мире уделяется разработке эффективных гидрометаллургических методов переработки отходов обогатительных фабрик. Гидрометаллургические технологии обеспечивают низкую себестоимость получения металлов и оказывают значительно меньшее вредное воздействие на окружающую среду. В условиях снижения качества рудного сырья и повышения экологических требований преимущества гидрометаллургической переработки очевидны [6, 7].

В результате кислотной переработки минерального кремнийсодержащего сырья может образоваться кек, содержащий в своем составе значительное количество крем-

ния. Кремнийсодержащий кек может являться сырьем для производства осажденного диоксида кремния – «белой сажи», поэтому представляют интерес способы его получения [8].

Продукт химической переработки кремнийсодержащего сырья (белая сажа) является осажденным гидратированным кремнеземом ($mSiO_2 \cdot nH_2O$) и представляет собой тонкодисперсный порошок, содержащий до 90% SiO_2 . Применяется в промышленности искусственной кожи и пленочных материалов, в качестве адсорбента, наполнителя в лакокрасочных композициях, для сгущения и упрочнения различных сред. Широко применяется в шинной и резинотехнической промышленности как активный минеральный наполнитель, образующий непрерывную сеточную структуру между частицами SiO_2 и органическим полимером, что приводит к повышению прочности и модуля эластичности резины [9].

Таким образом, требуется усовершенствование существующих и разработка новых методов и технологий переработки отходов горно-металлургического производства с целью получения качественных товарных продуктов или промпродуктов, используемых в дальнейших процессах обработки [10].

Цель работы – исследования обогатимости и разработка технологии вторичной переработки лежалых хвостов Жезказганской обогатительной фабрики с получением промпродуктов, пригодных для дальнейшей переработки.

Материалы и методы

Для проведения исследования использовали лежалые медные хвосты Жезказганской обогатительной фабрики.

Аналитические исследования выполнялись на атомно-абсорбционном, рентгеноспектральном и химическом фазовом анализе и осуществлялись в специализированной аттестованной химико-аналитической лаборатории.

Флотационное обогащение выполнялось на стандартных лабораторных механических флотационных машинах типа Механобр с объемом камер 3, 1.0 и 0.5 л.

Для исследования были применены следующие реагенты: известь – регулятор pH, сернистый натрий – активатор, ксантогенат бутиловый – собиратель, МИБК – пенообразователь и жидкое стекло.

Проведены исследования дифференциально-термического анализа черного концентрата и смеси концентрата со щелочью (*NaOH*). Термический анализ пробы выполнен на приборе PerkinElmer с навеской 23,3 мг при скорости нагрева 20 град/мин, от 50 до 810 °С в корундовых тиглях.

Химический состав лежалых медных хвостов представлен на рисунке 1.

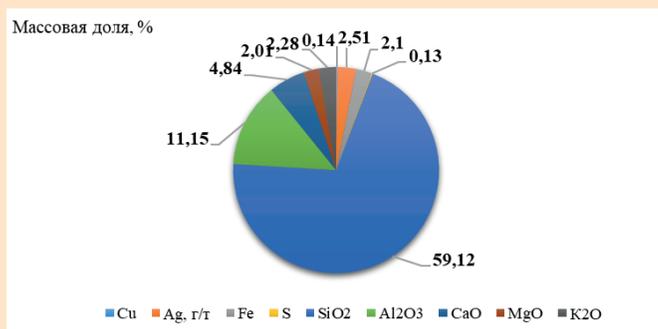


Рис. 1. Химический состав лежалых медных хвостов.

Сурет 1. Жатын мыс қалдықтарының химиялық құрамы.

Figure 1. Chemical composition of stale copper tailings.

Содержание основных ценных компонентов составило: меди – 0,14%, диоксида кремния – 59,12%, сера – 0,13%,

железа – 2,10% и серебра – 2,51 г/т. Содержание породных компонентов составило: оксидов алюминия 11,15%, кальция 4,84% и магния 2,01%.

Фазовый состав хвостов на формы соединений меди представлен в таблице 1.

Из данных таблицы 1 следует, что медь представлена сульфидными (21,53%) и окисленными (78,47%) соединениями, из окисленных – хризокolla составляет 44,44%. Исследуемая проба хвостов относится к окисленному типу.

Результаты и обсуждение

В ходе работы определено влияние предварительной классификации [11] исходной пробы на процесс флотации для повышения качественно-количественных показателей.

Схема и условия проведения лабораторных опытов приведены на рисунке 2 и в таблице 2.

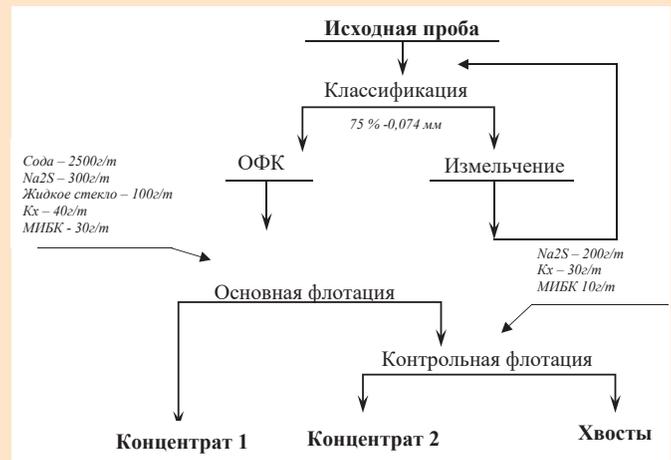


Рис. 2. Схема проведения опыта.
Сурет 2. Тәжірибе өткізу схемасы.
Figure 2. The scheme of the experiment.

Результаты таблицы 2 показывают, что при проведении предварительной классификации хвостов качественно-количественные показатели повышаются: извлечение меди на 1,84%, серебра на 0,87% и диоксида кремния 0,41%. Содержание серебра в концентрате увеличивается на 0,51%, а выход снижается на 0,95%.

Таблица 1

Кесте 1

Table 1

Фазовый состав меди в лежалых хвостах

Жатын мыс қалдықтарының фазалық құрамы

Phase composition of copper in stale tails

Форма нахождения металла	Содержание Cu, % (абс.)	Распределение Cu, % (отн.)
Сульфидных минералов, в т. ч.:	0,031	21,53
Вторичных	0,023	15,97
Первичных	0,008	5,56
Окисленных минералов, в т. ч.:	0,113	78,47
Хризокolla	0,064	44,44

Таблица 2

Результаты опытов по определению влияния предварительной классификации

Кесте 2

Алдын ала жіктеудің әсерін анықтау бойынша тәжірибелердің нәтижелері

Table 2

The results of experiments to determine the effect of the preliminary classification

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Cu	Ag, г/т	SiO ₂	Cu	Ag	SiO ₂
Опыт №1 (без классификации)							
Концентрат основной флотации	11,89	0,46	9,75	42,52	38,17	46,19	8,55
Концентрат контрольной флотации	7,34	0,29	3,97	36,23	14,99	11,62	4,50
Σ Концентрат	19,23	0,4	7,54	40,12	53,16	57,81	13,05
Хвосты	80,77	0,079	1,31	63,64	46,84	42,19	86,95
Исходная проба	100,0	0,14	2,51	59,12	100,0	100,0	100,0
Опыт №2 (с предварительной классификацией)							
Концентрат основной флотации	10,27	0,52	11,34	51,56	37,09	46,42	8,96
Концентрат контрольной флотации	8,01	0,32	3,84	50,81	17,91	12,26	6,88
Σ Концентрат	18,28	0,43	8,05	51,23	55	58,68	15,84
Хвосты	81,72	0,079	1,27	60,88	45	41,32	84,16
Исходная проба	100,0	0,14	2,51	59,12	100,0	100,0	100,0

По результатам ранее проведенных исследований была разработана технологическая схема, приведенная на рисунке 3 и результаты в таблице 3.

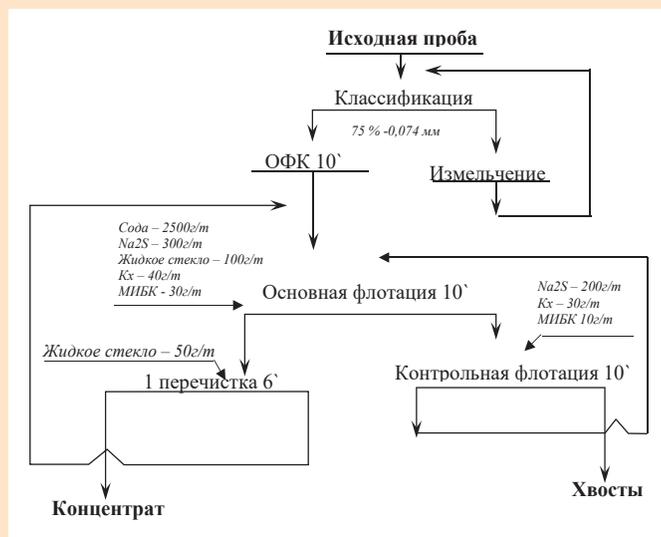


Рис. 3. Схема проведения замкнутого опыта для наработки концентрата.

Сурет 3. Концентрат жинақтау үшін тұйық тәжірибе жүргізу схемасы.

Figure 3. The scheme of conducting a closed experiment for the production of concentrate.

В ходе замкнутого опыта по разработанной технологической схеме и подобранному реагентному режиму получен медный концентрат со следующими характеристиками (таблица или текст):

- выход – 1,53%;
- содержание:
 - меди 4,40%;
 - серебра 77,03 г/т;
 - диоксида кремния 37,02%.
- извлечение:
 - меди 46,75%;
 - серебра 46,99%;
 - диоксида кремния 0,96%.

Полученный концентрат использовали для исследований по спеканию с щелочью. Химический и фазовый составы концентрата представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3

Содержание основных компонентов в черновом концентрате

Кесте 3

Өрескел концентраттағы негізгі компоненттердің құрамы

Table 3

The content of the main components in the rough concentrate

Содержание компонентов, %		Содержание компонентов, %	
Cu	4,40	Al/Al ₂ O ₃	5,394/10,195
Fe	15,56	Ag, g/m	77,03
Zn	0,151	Si/SiO ₂	17,3/37,02
Pb	0,135		

Содержание основных ценных компонентов составило: меди – 4,40%, серебра – 77,03 г/т.

Таблица 4

Фазовый состав меди в черновом концентрате

Кесте 4

Өрескел концентраттағы мыстың фазалық құрамы

Table 4

Phase composition of copper in rough concentrate

Форма нахождения	Содержание Cu, % (абс.)	Распределение Cu, % (отн.)
Cu сульфидных минералов	3,50	79,545
Cu окисленных минералов	0,9	20,455
Итого	4,40	100

Медь в концентрате представлена сульфидными минералами – на 79,545%, окисленными – на 20,455%.

Насыпная масса концентрата составила 1,78 г/см³, удельная плотность – 3,21 г/см³.

С использованием дифрактометра «D2 Phaser» определен фазовый состав концентрата: кварц (39,4%), плагиоклаз (33%), халькопирит (8,7%), хлорит (8%), слюда – глауконит (16%), пирит (10%) (рис. 4).

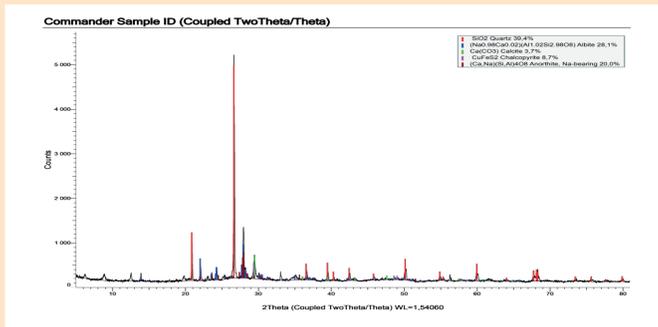


Рис. 4. Дифрактометрический анализ черного медного концентрата.

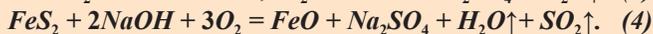
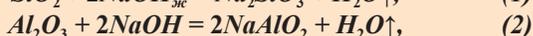
Сурет 4. Мыс концентратының дифрактометриялық талдауы.

Figure 4. Diffractometric analysis of a rough copper concentrate.

С целью определения количества тепла химических реакций при спекании черного медного концентрата с гидроксидом натрия проводили термодинамические расчеты.

Исходные данные по теплоте образования основных компонентов процесса определяли по справочнику [12].

Основные реакции спекания могут быть выражены следующими взаимодействиями:



По приведенным реакциям получаются следующие значения теплоты процессов ($\Delta_f H$) (при стандартной температуре):

$$\Delta_f H_1 = -1554,9 - 241,8 - (-2 \cdot 419,2 - 910,7) = -47,6 \text{ кДж/моль } \text{SiO}_2,$$

$$\Delta_f H_2 = -2 \cdot 1133 - 241,8 - (-2 \cdot 419,2 - 1675,7) = 6,3 \text{ кДж/моль } \text{Al}_2\text{O}_3,$$

$$\Delta_f H_3 = -2 \cdot 157,3 - 1387,1 - 241,8 - (-79,5 - 2 \cdot 419,2) = -1025,6 \text{ кДж/моль } \text{Cu}_2\text{S},$$

$$\Delta_f H_4 = -100,0 - 1387,1 - 241,8 - 296,8 - (-178,2 - 2 \cdot 419,2) = -1009,1 \text{ кДж/моль } \text{FeS}_2.$$

Указанные величины отнесены к 1 молью основных компонентов концентрата, но при расчетах необходимо учитывать содержание этих компонентов в концентрате, чтобы получить их суммарное тепловое воздействие.

По исходным данным приведены следующие содержания элементов в концентрате, %: SiO_2 – 37,02; Al_2O_3 – 10,195; Cu – 4,40 (3,50 сульфидных минералов); Fe – 15,56. При пересчете значений ΔH соединений на элементы с учетом формульных единиц элементов и стехиометрических коэффициентов получаем сводку $\Delta_f H^0$:

$$\Delta_f H^0_1 = -47,6/1 = -47,6 \text{ кДж/г} - \text{атом } \text{Si},$$

$$\Delta_f H^0_2 = 6,3/2 = 3,15 \text{ кДж/г} - \text{атом } \text{Al},$$

$$\Delta_f H^0_3 = -1025,6/2 = -512 \text{ кДж/г} - \text{атом } \text{Cu},$$

$$\Delta_f H^0_4 = -962,5/1 = -962,5 \text{ кДж/г} - \text{атом } \text{Fe}.$$

При расчете на 1 тонну концентрата получаем развернутое уравнение для тепла химических реакций спекания черного концентрата с едким натрием:

$$\Delta H_{\text{спек}} = 10^4 \cdot \left(\frac{\Delta H_1 \alpha_{\text{Si}}}{M_{\text{Si}}} + \frac{\Delta H_2 \alpha_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} + \frac{\Delta H_3 \alpha_{\text{Cu}}}{M_{\text{Cu}}} + \frac{\Delta H_4 \alpha_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} \right), \text{ кДж/т},$$

где: α – содержание элемента в концентрате, %;

M – атомная масса элемента, г.

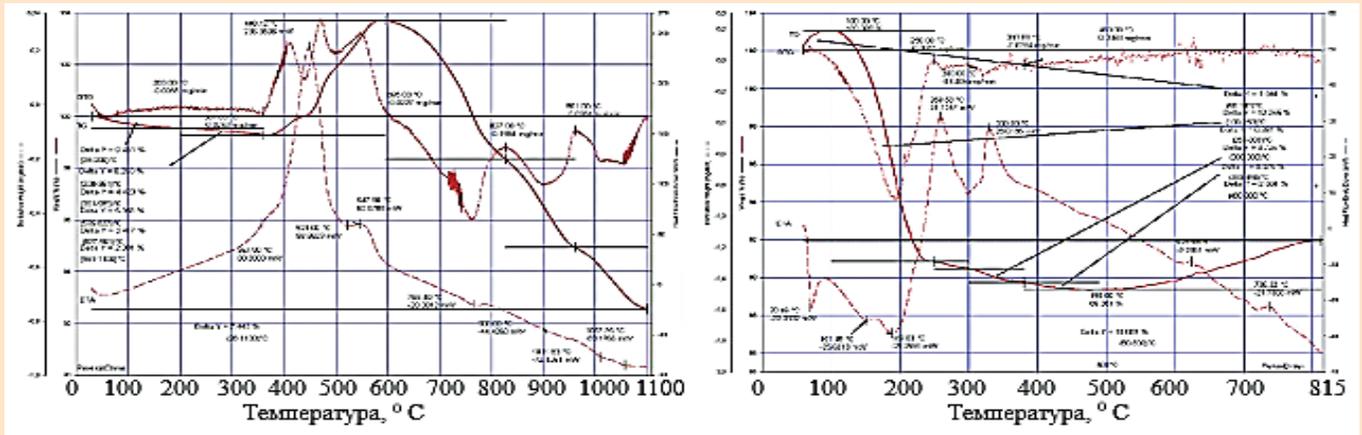
После подстановки всех численных значений $\Delta_f H^0_1 - \Delta_f H^0_4$ и M общее уравнение для расчета тепла химических реакций при любом содержании Si , Al , Cu , Fe с использованием данных $\Delta_f H^0$ только при стандартной температуре:

$$\Delta_f H_{\text{спек}} = -16946 \alpha_{\text{Si}} + 1168 \alpha_{\text{Al}} - 80566 \alpha_{\text{Cu}} - 172337 \alpha_{\text{Fe}}, \text{ кДж/т}. \quad (5)$$

Из уравнения (5) следует, что наибольшее влияние на выделение тепла имеет содержание железа, далее меди и кремния, а алюминий способствует поглощению тепла, но с относительно малым влиянием. При подстановке содержания этих элементов в изучаемом черновом концентрате в формулу находим:

$$\Delta H_{\text{спек}} = -16946 \cdot 17,3 + 1168 \cdot 5,394 - 80566 \cdot 3,50 - 172337 \cdot 15,56 = -293166_{(\text{Si})} + 6300,19_{(\text{Al})} - 354490_{(\text{Cu})} - 2681563,7_{(\text{Fe})} = -3250410 \text{ кДж/т}.$$

Приведенные данные показывают, что наибольший вклад в выделение тепла относится к железу (60%), второе меньший и поровну (19%) дают медь и кремний и около 0,2% поглощается за счет алюминия. С переводом в кВт·ч тепловой эффект спекания составит -900,36 кВт·ч/т концентрата.



а – исходного концентрата; б – концентрата с щелочью

Рис. 5. Дифференциально-термический анализ концентрата.
Сурет 5. Концентраттың дифференциалды-термиялық талдауы.
Figure 5. Differential thermal analysis of the concentrate.

Результаты дифференциально-термического анализа исходного концентрата и смеси концентрата с NaOH приведены на рис. 5, а, б.

По данным рисунка 4, общее изменение массы составляет 10,1%, прибыль массы от 50 до 100 °C составляет около 1% (прибыль от 28 до 100 °C равна 3.1%), на кривой ДТА этой прибыли соответствует: эндоэффект при 70,5 °C; двойному эндоэффекту при 151,5 и 189 °C соответствует убыль массы – 12,3%. На кривой ДТА выявлены два экзоэффекта при 259,5 и 330 °C, которые сопровождаются небольшими потерями массы – 0,4% и 0,7% соответственно. При температурах выше 490 °C начинается прибыль массы на 2,6%.

Проведены исследования по спеканию концентрата с щелочью в интервале температур 250-500 °C и при соотношении концентрата к щелочи 1:2. Водное выщелачивание спека проводили при температуре 60 °C; Ж:Т = 3:1; продолжительности 60 минут. Полученные результаты экспериментов представлены на рис. 6.

Как видно из рис. 5, содержание меди в кеке после водного выщелачивания спека черного концентрата с гидроксидом натрия увеличилось с 4,40% до 5,37%, соответственно и повысилось извлечение кремния в раствор с 59,96% до 70,40%.

Выводы

Проведены исследования по флотационному обогащению лежалых медных хвостов Жезказганской обогатительной фабрики. Разработана рекомендуемая технологическая схема переработки лежалых медных хвостов, включающая: предварительную классификацию хвостов с доизмельчением «песков»; операцию оттирки в ОФК; основную и контрольную флотацию и с одной перечистой операцией.

Предварительная классификация лежалых медных хвостов позволит повысить содержание меди в черновом концентрате основной флотации с 1,04% до 1,12%, серебра от 16,58 г/т до 18,69 г/т.

Проведены замкнутые опыты по разработанной схеме, в ходе которых получен черновой концентрат со-

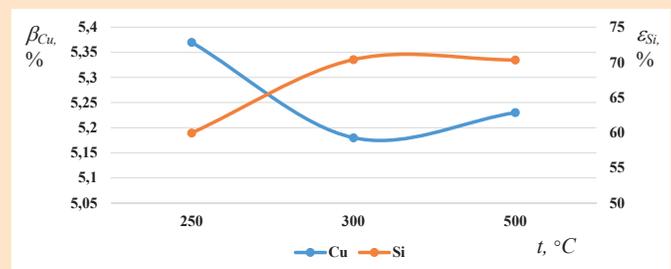


Рис. 6. Химический состав кека после водного выщелачивания в зависимости от температуры спекания концентрата (β_{Cu} – содержание меди в кеке, %; ϵ_{Si} – извлечение кремния в раствор, %).

Сурет 6. Концентраттың агломерация температурасына байланысты сумен шаймалаудан кейінгі кектің химиялық құрамы (β_{Cu} – кектегі мыс мөлшері, %; ϵ_{Si} – ерітіндіге кремний байыту мөлшері, %).

Figure 6. The chemical composition of the cake after aqueous leaching, depending on the sintering temperature of the concentrate (β_{Cu} – the copper content in the cake, %; ϵ_{Si} – extraction of silicon into solution, %).

держанием меди 4,40% и серебра 77,03 г/т, при извлечении 46,75% и 46,99% выход концентрата составил 1,53%.

Получено уравнение для расчета тепла химических реакций спекания черного концентрата. Согласно этому уравнению, наибольший вклад в выделение тепла обеспечивает содержание железа (60%), второе меньшее и поровну (19%) – медь и кремний, и около 0,2% поглощается за счет алюминия. Тепловой эффект спекания составит -920,45 кВт·ч/т концентрата.

Дифференциально-термическими исследованиями черного концентрата и смеси концентрата с щелочью (NaOH) установлен эндоэффект при 70,5 °C и двойной

эндоэффект при 151,5 и 189 °С. Два экзоэффекта при 259,5 и 330 °С, которые сопровождаются небольшими потерями массы – 0,4% и 0,7% соответственно.

Проведены исследования по спеканию концентрата с щелочью при соотношении 1:2 в интервале температур 250-500 °С. Установлено, что содержание меди в кеке после водного выщелачивания спека черного концентрата

увеличилось с 4,40% до 5,37%, извлечение кремния в раствор повышается с 59,96% до 70,40%.

Финансирование

Работа выполнена по грантовому проекту АР 19675340, финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аскарова Н.М. Инновационный подход к подготовке отвальных медного производства для дальнейшей переработки. / Н.М. Аскарова, А.У. Самадов. // *Universum: технические науки*. 2020. №11-5 (80). С. 45-47 (на русском языке)
2. Кашина П. Исследование переноса загрязняющих веществ в подземных водах из хвостохранилища уранового рудника: тематическое исследование. / П. Кашина, В. Харша, А. Мангалпади. // *J. Mining Miner*. 2010. Т.2. №4. С. 290-309 (на английском языке)
3. Касонго К.Б. Статистическое исследование параметров флотации для извлечения меди из хвостов сульфидной флотации. / К.Б. Касонго, М. Ванг М.Х., Нгамба Геллорд, Мервей Кимпиаб, К. Фабрис Капьямба. // *Результаты в инженерном деле*. 2021. Т. 9. ст. №100207 (на английском языке)
4. Пьер Паоло Манка. Флотация хвостов обогащения сфалеритовых руд как метод рекультивации. / Пьер Паоло Манка, Джорджио Массаччи, Давид Пинтус, Джулио Согос. // *Минеральная инженерия*. 2021. Т. 165. ст. №106862 (на английском языке)
5. Мальте Дробе. Технологические испытания, скорректированные модели затрат и экономика переработки хвостов медных рудников в Чили. / Мальте Дробе, Франк Хаубрих, Мариано Фахардо, Хервиг Марбл. // *Металлы*. 2021. Т. 11. С. 1031-1052 (на английском языке)
6. Киореску А.В. Способы интенсификации процессов выщелачивания за счет применения микроволнового излучения. // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2015. С. 346-350 (на английском языке)
7. Фомченко Н.В. Выщелачивание цветных металлов из металлургических шлаков растворами трехвалентной кислоты, полученными методом биоокисления. / Н.В. Фомченко, А.А. Каинова, М.И. Муравьев. // *Известия МГТУ «МАМИ»*. 2013. №1 (15). Т. 4. С. 119-123 (на английском языке)
8. Бочевская Е.Г. Осаждение аморфного диоксида кремния из силикатных растворов, полученных после переработки минеральной высококремнистой руды. / Е.Г. Бочевская, З.Б. Каршигина, Э.А. Саргелова, З.С. Абишева. // *Вестник науки и образования*. 2017. №12 (36). Т. 1. С. 18 (на русском языке)
9. Нажарова Л.Н. Получение микрочастиц «белой сажи» из кислых золей. / Л.Н. Нажарова, Д.И. Галимбекова. // *Вестник Казанского технологического университета*. 2010. С. 284-287 (на русском языке)
10. Аскарова Н.М. Комплексная переработка техногенных отходов (хвостов) после флотации шлаков меди производства. // *Universum: технические науки*. 2023. №3 (108). С. 33-35 (на русском языке)
11. Интогарова Т.И. Актуальность флотационной классификации в замкнутом цикле измельчения. / Т.И. Интогарова, О.С. Валиева, Ю.П. Морозов. // *Физический журнал: Серия конференций*. 2021. С. 1-7 (на английском языке)
12. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник: Минск: Современная школа, 2005, С. 608 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Асқарова Н.М. Әрі қарай өңдеу үшін үйінді мыс өндірісін дайындаудың инновациялық тәсілі. / Асқарова Н. М., Самадов А.У. // *Universum: техникалық ғылымдар*. 2020. №11-5 (80). Б. 45-47 (орыс тілінде)
2. Кашина П. Уран кенішінің қалдық қоймасынан жер асты суларындағы ластаушы заттардың тасымалдануын зерттеу: жағдайлық зерттеу. / П. Кашина, В. Харша, А. Мангалпади. // *J. Mining Miner*. 2010. Т. 2. №4. Б. 290-309 (ағылшын тілінде)
3. Касонго К.Б. Сульфидті флотация құйрықтарынан мыс алу үшін флотация параметрлерін статистикалық зерттеу. / К.Б. Касонго, М. Ванг М.Х., Нгамба Гиллард, Мервей Кимпиаб, К. Фабрис Капьямба. / *Инженерлік саладағы нәтижелер*. 2021. Т. 9. мақ. №100207 (ағылшын тілінде).

4. Пьер Паоло Манка. Сфалерит кендерін байыту қалдықтарын қалпына келтіру әдісі ретінде флотациялау. / Пьер Паоло Манка, Джорджо Массаччи, Дэвид Пинтус, Джулио Согаз. // *Минералды инженерия*. 2021. Т. 165. мақ. №106862 (ағылшын тілінде)
5. Мальте Фракс. Технологялық сынақтар, түзетілген шығындар модельдері және Чилидегі мыс кеніштерінің қалдықтарын қайта өңдеу экономикасы. / Мальте Фракс, Фрэнк Хаубрих, Мариано Фахардо, Хервиг Марбл. // *Металдар* 2021. Т. 11. Б. 1031-1052 (ағылшын тілінде)
6. Киореску А.В. Микротолқынды сәулеленуді қолдану арқылы шаймалау процесстерін күшейту Жолдары. // *Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетені*. 2015. Б. 346-350 (ағылшын тілінде)
7. Фомченко Н.В. Түсті металдарды металлургиялық қождардан биоксидтеу әдісімен алынған темір қышқылының ерітінділерімен сілтілеу. / Н.В. Фомченко, А.А. Кайнова, М.И. Муравьев. // *Мәскеу мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы*. 2013. №1 (15). Т. 4. 2013. Б. 119-123 (ағылшын тілінде)
8. Бочевская Е. Г. Минералды жоғары кремний кендерін өңдеуден кейін алынған силикат ерітінділерінен аморфты кремний диоксидін тұндыру. / Е.Г. Бочевская, З.Б. Каршигина, Э.А. Саргелова, З.С. Абишева. // *Ғылым және білім хабаршысы*. 2017. №12 (36). Т. 1. Б. 18 (орыс тілінде)
9. Назарова Л.Н. Қышқыл күлден «ақ күйе» микробөлшектерін алу. / Л.Н. Назарова, Д.И. Галимбекова. // *Қазан технологиялық университетінің хабаршысы*. 2010. Б. 284-287 (орыс тілінде)
10. Асқарова Н.М. Өндірістің мыс шлактарын флотациялаудан кейін техногендік қалдықтарды (қалдықтарды) кешенді қайта өңдеу. // *Universum: техникалық ғылымдар*. 2023. №3 (108). Б. 33-35 (орыс тілінде)
11. Интогарова Т.И. Жабық ұнтақтау цикліндегі флотациялық классификацияның өзектілігі. / Т.И. Интогарова, О.С. Валиева, Ю.П. Морозов. // *Физика журналы: конференция Сериясы*. 2021. Б. 1-7 (ағылшын тілінде)
12. Волков А.И., Жарский И.М. *Үлкен химиялық анықтама: Минск: қазіргі мектеп, 2005. Б. 608 (орыс тілінде)*

REFERENCES

1. Askarova N.M. Innovatsionnyi podkhod k podgotovke otval'nykh mednogo proizvodstva dlya dal'neishe pererabotki. / N.M. Askarova, A.U. Samadov. // *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2020. №11-5 (80). S. 45-47 [Askarova N.M., Samadov A.U. An innovative approach to the preparation of dump copper production for further processing. / N.M. Askarova, A.U. Samadov. // *Universum: technical sciences*. 2020. №11-5 (80). P. 45-47] (in Russian)
2. Kashinath P. Investigation of contaminant transport in groundwater from the tailings pond of uranium mine: a case study. / Kashinath P., Harsha V., Mangalpady A. // *Int. J. Mining Miner. Eng.* 2010. Vol. 2. №4. P. 290-309 (in English)
3. Kasongo K.B. Statistical investigation of flotation parameters for copper recovery from sulfide flotation tailings. / Kasongo K. B., Mwanat M.H., Ngamba G., Merveille K., Fabrice K.K. // *Results in Engineering*. 2021. Vol. 9. art. №100207 (in English)
4. Pier P.M. The flotation of sphalerite mine tailings as a remediation method. / Pier P.M., Giorgio M., Davide P., Giulio S. // *Minerals Engineering*. 2021. Vol. 165. art. №106862 (in English)
5. Malte D. Processing Tests, Adjusted Cost Models and the Economies of Reprocessing Copper Mine Tailings in Chile. / Malte D., Frank H., Mariano G., Herwig M. // *Metals*. 2021. Vol. 11. P. 1031-1052 (in English)
6. Kioresku A.V. Ways to intensify leaching processes by applying microwave radiation. // *Mining bulletin*. 2015. P. 346-350 (in English)
7. Fomchenko N.V. Leaching of non-ferrous metals from metallurgical slags by ferric acid solutions obtained by biooxidation. / Fomchenko N.V., Kainova A.A., Muraviev M.I. // *Bulletin of the Moscow State Technical University MAMI*. 2013. №1 (15). Vol. 4. P. 119-123 (in English)
8. Bochevskaya E.G. Osazhdenie amorfnogo dioksida kremniya iz silikatnykh rastvorov, poluchennykh posle pererabotki mineral'noi vysokokremnistoi rudy. / E.G. Bochevskaya, Z.B. Karshigina, E.A. Sargelova, Z.S. Abisheva. // *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2017. №12 (36). T. 1. S. 18 [Bochevskaya E.G. Precipitation of amorphous silicon dioxide from silicate solutions obtained after processing of mineral high-siliceous ore. / E.G. Bochevskaya., Z.B. Karshigina, E.A. Sargelova, Z.S. Abisheva. // *Bulletin of science and education*. 2017. №12 (36). Vol. 1. P. 18] (in Russian)
9. Nazharova L.N. Poluchenie mikrochastits «beloi sazhi» iz kislykh zolei. / L.N. Nazharova, D.I. Galimbekova. // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2010. S. 284-287

[Nazharova L.N. Production of microparticles of «white soot» from acid sols. / Nazharova L.N., Galimbekova D.I. // Bulletin of Kazan Technological University. 2010. P. 284-287] (in Russian)

10. Askarova N.M. Kompleksnaya pererabotka tekhnogennykh otkhodov (khvostov) posle flotatsii shlakov medi proizvodstva. // Universum: tekhnicheskie nauki. 2023. №3 (108). S. 33-35 [Askarova N.M. Complex processing of technogenic waste (tailings) after flotation of copper slag production. // Universum: technical sciences. 2023. №3 (108). P. 33-35] (in Russian)
11. Intogarova T.I. The relevance of flotation classification in a closed grinding cycle. / Intogarova T.I., Valieva O.S., Morozov Y.P. // Journal of Physics: Conference Series. 2021. P. 1-7 (in English)
12. Volkov A.I., Zharskii I.M. Bol'shoi khimicheskii spravochnik: Minsk: Sovremennaya shkola, 2005, S. 608 [Volkov A.I., Zharsky I.M. The Great Chemical Handbook: Minsk: Modern School, 2005, P. 608] (in Russian)

Информация об авторах:

Макашева Г.К., докторант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), mguldanka@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2875-9433>

Каримова Л.М., д.т.н., доцент, начальник лаборатории металлургии ТОО «КазГидроМедь» (г. Караганда, Казахстан), l.karimova@kazgidromed.kz; <https://orcid.org/0000-0001-6205-6585>

Баймбетов Б.С., к.т.н., доцент, профессор «Satbayev University» (г. Алматы, Казахстан), b.baimbetov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-4442-5038>

Мамяченков С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов ИНМТ УрФУ (г. Екатеринбург, Россия), s.v.tamiachenkov@urfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4458-3792>

Авторлар туралы мәліметтер:

Макашева Г.К., «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының докторанты Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

Каримова Л.М., т.ғ.д., доцент, металлургия зертханасының бастығы ЖШС «КазГидроМедь» (Қарағанды қ., Қазақстан)

Баймбетов Б.С., т.ғ.к., доцент, профессор «Satbayev University» (Алматы қ., Қазақстан)

Мамяченков С.В., д.ғ.т., профессор, УрФУ ИНМТ түсті металдар металлургиясы кафедрасының меңгерушісі (Екатеринбург қ., Ресей)

Information about the authors:

Makasheva G. K., Doctoral student of the Department of Metallurgy and Mineral Processing at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Karimova L.M., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Metallurgy Laboratory of Kazhydromed LLP (Karaganda, Kazakhstan)

Baimbetov B.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Mamyachenkov S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metallurgy of Non-ferrous Metals and NMT UrFU (Yekaterinburg, Russia)



+7 499 638-23-29

info@seymartec.ru

<https://seymartec.ru>

24-25
СЕНТЯБРЯ



SEYMARTEC ТОИР

ЧЕЛЯБИНСК | ОТЕЛЬ «RADISSON BLU»

II МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТОИР НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ТЭК, ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА
И МАШИНОСТРОЕНИЯ — 2024



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

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

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

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

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

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

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

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

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

4. Условия приобретения журналов авторами.

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