

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 28.06.2022 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,
тел.: +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 «Эврика-Пресс»,
ТОО «Агентство «Евразия пресс»

Подписано в печать 30.03.2023 г.

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

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



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

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

Специалист по связям с общественностью

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

Редакционная коллегия:

Fathi Nabashi (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.

[St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],

Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,

Professor of Mining Engineering

М.Б. Барменшинова, канд. техн. наук

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

А.А. Бекботаева, PhD

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

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

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

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

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

В.Ф. Демин, д-р техн. наук

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

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


Р.А. Хамидов (Узбекистан), PhD

А.Н. Шодиев, д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

Ⓜ – информационное сообщение

 – статья публикуется в авторской редакции

- 4** Колонка главного редактора
- 6** Сварка настоящего: цифровые решения компании ESAB
- Бурение скважин
- 9** *Мендебаев Т.Н., Смашов Н.Ж., Исмаилов Х.К., Изаков Б.К.
Универсальная забойная компоновка гидроструйного бурения скважин
- Бурение скважин
- 18** Закиев С.Т., Нуришаханова Л.К., *Рапов Б.Т., Жәңгірханова А.А.
Өндіріші ұңғымалардың түпмаңы қысымының оңтайлы шамасын негіздеу
- Крепление горных выработок
- 27** *Ақпанбайева А.Г., Исәбек Т.К.
Recommendations for supports of mine workings in underground mining
- Переработка полезных ископаемых
- 32** *Түребекова К.С., Каткеева Г.Л., Сүтәнгәзиев Р.В., Оскембеков І.М.
Study on effect of sintering conditions on exploration of barite raw materials
- Горные машины
- 39** Исмаилова Д.А., Заурбеков С.А., *Балгаев Д.Е., Заурбеков К.С.
Обзор и анализ отказов скважинных штанговых насосных установок
- Горные машины
- 44** *Шәкенов А., Столповских І., Исәк А.
Trolley truck simulation on Kachar mine haul road
- Охрана труда и безопасность в горной промышленности
- 51** Ермүханова Н.В., Нұржанова Д.В., Тәшімова А.А., *Алияскар С.Е.
Analysis modeling of the hazardous substances impact affecting the shift town of the Kumkol field
- 61** Требования к оформлению статей

T Тимченкодан
Маркетинг

Маркетингтік
нигилизм
агенттігі

+7 705 818 40-65
communication@stimchenko.com
www.stimchenko.kz

S

ДО САМОЙ СУТИ!

**Маркетинг для
производственных
компаний**

- Создаем бренды
- Формируем имидж и репутацию
- Отстраиваем от конкурентов
- Увеличиваем продажи
- Выводим на новые рынки

Стратегия | Дизайн | Репутация | Отраслевые выставки | Работа со СМИ

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат
Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Март месяц, являющийся с древнейших времен у тюркских народов и персов началом Нового отсчета времени, и в настоящее время для многих государств насыщен памятными событиями.

Солнечный календарь показывает нам, что день и ночь сравниваются по продолжительности, Земля – наша кормилица – дышит радостней, готовясь принять на себя заботы об урожае, в селах и городах люди готовятся заново начать следующий цикл своей жизни в обстановке благополучия и ожиданий плодов своего общения с Землей.

У православных только отпраздновали тоже древний языческий праздник Масленицу и наступил Великий пост.

Все мужчины готовятся к празднику женщин, чтобы сказать впервые или повторить с любовью самые заветные слова, с которых начинается «счастье вдвоем». Надо сказать, что счастья в одиночку, я думаю, в настоящем человеческом понимании не бывает. Оно ощущается и завладевает нами, когда рядом есть долгожданная, созданная давнишней мечтой твоя половина.

У геологов тоже наступает пора еще раз проверить свою готовность к встрече с природой. Они наметили свои планы, чтобы еще раз получить возможность создать новые резервы для безостановочного роста производства минерального сырья.

Мы – горняки, обогатители и металлурги – ждем, надеемся и уверены, что у геологов все получится, потому что от их успехов начинаются новые стройки, зарождается новая жизнь во имя процветания цивилизации.

В нашем Казахстане в середине марта мы идем на выборы депутатов Мажилиса и региональных Маслихатов. Событие это важнейшее для нового формата нашего государства, определенного последними изменениями в Конституции страны и политикой создания нового и справедливого Казахстана, проводимого нашим Президентом К.-Ж. К. Токаевым.

Поддерживая начинания Президента, его Программу экономических реформ и наполнения их социально значимым содержанием, мы должны, конечно же, избрать законодательную ветвь власти, способную организовать выполнение намеченных планов.

Бурная, как всегда, весна, начавшись в марте, разбудила отдохнувшую Землю, и теперь все в наших руках, чтобы осень мы встретили с полными закромами.

Ну, а сейчас давайте дружно хором поздравим наших любимых женщин – бабушек, матерей, жен, сестер и внучек – с одним из лучших праздников на Земле, придуманных человеком. Желаем всем женщинам мира чувствовать себя счастливыми, быть здоровыми и красивыми и помнить, что окружающий мир цветет и благоухает в вашу честь и только тогда, когда вы отметили его своим присутствием.

Вспоминая о том, что и раньше, и сейчас лучшими по своей аккуратности, точности, вдумчивости геологами и маркшейдерами на горном производстве были и остаются женщины, хочу добавить к своим поздравлениям и теплые слова в адрес маленького и трудолюбивого коллектива женщин редакции «Горного журнала Казахстана» – Бочаровой Ю.А. и Долиной Т.С. Поздравления им и с праздником 8 Марта, и с 20-летним юбилеем нашего журнала. Они вдвоем с участием нескольких мужчин сумели превратить журнал в рупор горно-металлургической отрасли нашей страны, получив признание и у производителей, и в научных кругах, и в курирующих Министерствах.



**13-й Горно-геологический
форум и выставка
МАЙНЕКС Казахстан 2023**



18-20 апреля 2023,
Нур-Султан, Казахстан

kz@minexforum.com

+7 7172 696 836

СВАРКА НАСТОЯЩЕГО: ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ ESAB

Сегодня четвертая промышленная революция идет полным ходом по всему миру. Это глобальный тренд, залог конкурентоспособности предприятий и важнейший драйвер промышленной эволюции. Во многом благодаря применению цифровых технологий компании автоматизируют процессы ручного труда, наращивают производственные мощности, снижая инвестиционные и эксплуатационные расходы.

В странах Центральной Азии цифровая трансформация – ключевое направление технологического развития промышленности. В 2022 году Правительство Казахстана совместно с Казахстанским центром индустрии и экспорта «QazIndustry» начало проведение специальных семинаров для предприятий. Кроме того, в прошлом году были внесены дополнения по основополагающим нормам Индустрии 4.0 в действующий закон «О промышленности».

Устоим ли перед будущим?

Как и большинство ручных производственных процессов в цифровую эпоху, за последние годы сварка была значительно усовершенствована. Эти трансформации произошли, во многом благодаря таким технологическим концепциям, как автоматизация производства.

Несмотря на то, что на сварочном производстве все еще встречаются аппараты старого образца, в профессию сварщика приходят не только производительное полуавтоматическое

и автоматическое оборудование, но и цифровые технологии для сбора и анализа данных.

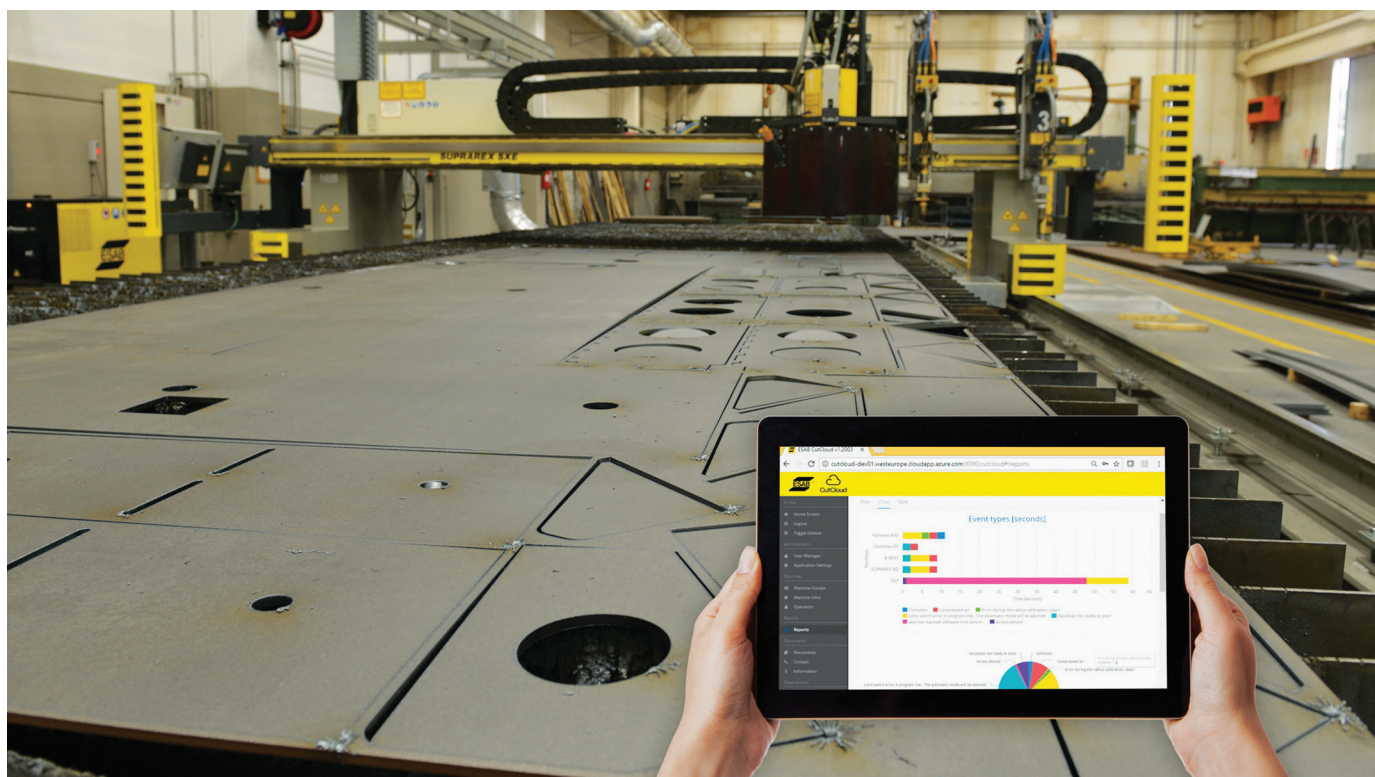
Основное преимущество цифровых продуктов – оперативное получение производственной статистики, что позволяет мгновенно реагировать на меняющуюся ситуацию, в том числе удаленный мониторинг работы оборудования и сварщиков.

Цифровизация начинается сегодня

Одним из главных трендов инновационных технологий являются «облачные» системы, благодаря которым обрабатывать данные и решать разнообразные производственные задачи становится значительно легче. Внедрение системы анализа в производственные процессы способствует выведению предприятий на совершенно новый уровень.

Так, программная онлайн-платформа ESAB WeldCloud – цифровое решение для сбора и обработки данных сварочного процесса и сварочных данных. Система облегчает непрерывное совершенствование

В 2018 году инвестиции в мировой рынок роботизированной сварки составили 5,45 миллиардов долларов США. А к 2026 году эта цифра должна вырасти до 10,78 миллиардов.





сварочных операций за счет эффективного отслеживания основных параметров каждого выполненного сварного шва. Независимо от количества сварочных источников, все данные поступают в WeldCloud, которые, в дальнейшем, можно проанализировать и перестроить процесс производства.

Передача данных практически в реальном времени осуществляется с использованием беспроводных или проводных каналов: Wi-Fi или LAN. Все современное оборудование компании ESAB по умолчанию оснащено функцией для работы с платформой WeldCloud. Для менее современных моделей предусмотрены специальные «апгрейд-киты», что позволяет интегрировать в систему имеющийся парк сварочного оборудования.

Первые две версии ESAB WeldCloud появились около трех лет назад и были успешно внедрены на нескольких предприятиях в Казахстане и Узбекистане. Сегодня заказчикам доступна третья версия цифрового продукта компании. В ней появился универсальный коннектор WeldCloud Universal Connector, который позволяет подключить к WeldCloud практически любой источник питания. Эта версия наиболее полная и имеет больше технологических возможностей по кастомизации для индивидуальных задач предприятия. Анализ данных можно выполнять с любого компьютера, планшета или смартфона с доступом к интернету. При этом программа защищена системой с блокировкой несанкционированного доступа.

Благодаря использованию программной онлайн-платформы WeldCloud все участники сварочного процесса могут контролировать ход выполнения работ на всех этапах производства. В частности, использование онлайн-платформы открывает

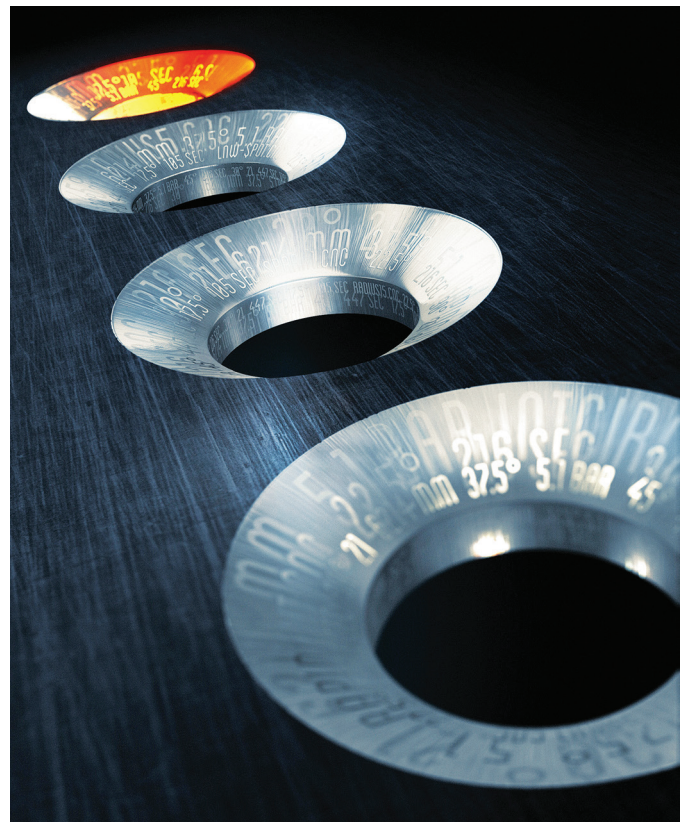
Опередив более 160 инновационных продуктов, система онлайн управления данными ESAB WeldCloud получила награду «Инновации» в категории «Цифровые инструменты» в рамках выставки Industrie 2017.

В 2021 году производственная компания из Узбекистана стала первым заказчиком оборудования со встроенным облачным решением в центральноазиатском регионе.

возможности специалистам для дистанционного мониторинга и диагностики оборудования как для того, чтобы определить причину поломки оборудования, так и для того, чтобы ее устранить.

Еще одним цифровым решением компании, которое переносит производство в XXI век и оптимизирует процесс резки металлических конструкций, является онлайн-система CutCloud. Она позволяет сделать процесс резки полностью управляемым: ускорить обработку заказов, автоматически перемещая данные заказа в систему ERP и из нее, быстро импортировать чертежи из САПР, производить технологические настройки для выбора оптимальной технологии резки и обеспечения наивысшего качества деталей при максимальной гибкости за счет возможности использовать детали на различных листах и режимах. Кроме этого, программа помогает автоматически создавать и передавать на производство файлы, распечатки, отчеты о расположении и маркировке деталей.

Аналогично WeldCloud – CutCloud помогает контролировать оборудование резки в режиме реального времени, прогнозируя время проведения технического обслуживания, что сводит к минимуму незапланированные простои оборудования и, как следствие, срыв выполнения заказов.





MiningWorld Russia

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

25–27 апреля 2023
Москва, Крокус Экспо



Ваш бесплатный
билет по промокоду

MWR23GZK



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER



Код МРНТИ 52.47.15

*Т.Н. Мендебаяв¹, Н.Ж. Смашов¹, Х.К. Исмаилов², Б.К. Изаков²¹Товарищество с ограниченной ответственностью «Научно-внедренческий центр Алмас» (г. Алматы, Казахстан),²Товарищество с ограниченной ответственностью «Центргеолсъемка» (г. Караганда, Казахстан)

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЗАБОЙНАЯ КОМПОНОВКА ГИДРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Аннотация. При геологоразведке глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых проблемы бурения скважин – сохранность заданного направления, снижение энергозатрат и получение структурно цельного керна – решаются внесением в конструкцию забойной компоновки новых физических принципов и ресурсов. Ресурс – гидроструйное бурение, позволяющее максимально использовать потенциальную энергию промывочной жидкости. Разработаны универсальные забойные компоновки гидроструйного бурения скважин. Новизна – гидрораспределитель, алмазная бурильная головка с многоступенчатой матрицей и раздельная система промывочных канавок. При бурении скважин поток промывочной жидкости направляется на ступеньки забоя скважин, образуются зоны разрыхления и снижая сопротивляемость горных пород к разрушению. Универсальная забойная компоновка имеет преимущество по сравнению с серийными колонковыми наборами NQ и HQ по механической скорости, энергозатратам и цельности керна.

Ключевые слова: скважина, забойная компоновка, бурильные головки, матрица, резы, разрыхление, порода, гидроструйное разрушение, керна, промывочная жидкость.

Ұңғымны қысымды сұйықтықпен бұрғылайтын әмбебап құрылым

Аңдатпа. Терең іргелес пайдалы қазбалар кен орындарын геологиялық барлау кезінде ұңғымаларды бұрғылау проблемалары – берілген бағыттың сақталуы, энергия шығынын азайту және құрылымдық тұтас өзек алу. Бұл кенжар құрылымына жаңа физикалық принциптер мен ресурстарды енгізген кезде мүмкін болады. Ресурс – жуу сұйықтығының потенциалдық энергиясын барынша пайдалануға мүмкіндік беретін гидрожарық бұрғылау. Ұңғымаларды бұрғылаудың әмбебап кенжарлары жасалды. Жаңалық-гидравликалық дистрибьютор, көп сатылы матрицасы бар Гауһар бұрғылау басы және бөлек жуу ойығы жүйесі. Ұңғымаларды бұрғылау кезінде жуу сұйықтығының ағыны ұңғымаларды сою сатыларына бағытталады, қоспыту аймақтары пайда болады, тау жыныстарының бұзылуға төзімділігі төмендейді. Әмбебап кенжардың орналасуы механикалық жылдамдық, энергия шығыны және негізгі тұтастық бойынша NQ және HQ сериялық баған жиынтықтарымен салыстырғанда артықшылыққа ие.

Түйінді сөздер: ұңғыма, ұңғы құрастыру, бұрғылау бастиектері, матрица, кескіштер, қоспыту, тау жынысы, гидроагрегат, керна, бұрғылау сұйықтығы.

Universal bottomhole assembly for hydrojet drilling of wells

Abstract. In geological exploration of deep-lying mineral deposits, the problems of drilling wells are the preservation of a given direction, reducing energy consumption and obtaining a structurally solid core. This is possible when new physical principles and resources are introduced into the design of the downhole layout. The resource is hydrojet drilling, which makes it possible to maximize the potential energy of the washing liquid. Universal downhole layouts of hydraulic well drilling have been developed. The novelty is a hydraulic distributor, a diamond drill head with a multi-stage matrix and a separate system of flushing grooves. When drilling wells, the flow of flushing fluid is directed to the steps of the well face, loosening zones are formed, reducing the resistance of rocks to destruction. The universal downhole layout has an advantage over the serial NQ and HQ column sets in terms of mechanical speed, energy consumption and core integrity.

Key words: well, downhole assembly, drilling heads, matrix, cutters, loosening, rock, hydrojet, core, drilling fluid.

Введение

Основной способ геологоразведки – бурение скважин – предназначен для вскрытия рудных тел, жил, продуктивных пластов с целью получения источника информации – керна.

Проводка скважин в глубь недр земли со сложными построениями геологических разрезов, ростом температуры и давления с глубиной предъявляет высокие требования к конструкции и технологическим возможностям применяемых средств их совместимости с условиями горной среды.

Основные проблемы бурения глубоких скважин – сохранность заданного направления скважин, снижение энергозатрат и получение структурно цельного керна.

Решение проблем сооружения глубоких скважин на качественно высоком уровне представляется возможным при привлечении физических принципов, ресурсов, ранее малоизвестных, в области техники бурения скважин. Одним из таких

ресурсов является гидроструйное разрушение горных пород, основанное на использовании энергии высокоскоростных струй воды, которые, вырываясь из струеформирующих каналов под большим давлением, обеспечивают работу по разрушению материала.

По тематике проанализированы результаты научных исследований и опытно-конструкторских разработок, перспективные направления развития гидроструйного способа разрушения пород. Установлены конструктивные требования к средствам бурения скважин для создания условий проявления гидроструйного разрушения пород, благоприятного кернообразования и организованного выноса шлама с забоя скважин.

Объект разработки и исследования – универсальная забойная компоновка гидроструйного бурения скважин, результаты ее апробации на практике.

В работе [1] предложена схема экспериментальной установки для получения сверхвысокого давления

по способу двухступенчатого сжатия. В ней практический интерес представляют параметры: давление воды, 100-500 МПа; диаметр отверстия струеформирующей насадки 0,2...0,8 мм, расстояние между срезом струеформирующей насадки и поверхностью горной породы 2...200 мм.

Интенсивно развивается технология ударного бурения с использованием гидроударных частиц при бурении глубоких скважин на месторождениях угля. Механизм разрушения породы заключается в том, что высокоскоростные частицы и водоструйные удары о породу образуют кольцевую зону разрыхления породы. По мере того, как прочность пород уменьшается с образованием канавок, твердая порода может быть эффективно разрушена с помощью режущего действия бурового долота [2]. Технология ударно-струйного бурения частиц представляет собой метод бесконтактного разрушения горных пород, используемый для увеличения скорости проходки глубоких скважин [3].

В статье [4] приведены результаты применения технологии радиального водоструйного бурения пяти горизонтальных скважин в стенке карьера. Установлено влияние геометрии сопла гидромониторных устройств на скорость проходки скважин. Замечено, что выброшенные из отверстий струи могут пересекать трещины пород под разными углами, что сказывается на скорости проходки. Выбуренную породу, извлеченную из скважины, можно использовать для оценки проницаемости пород.

Исследования [5] показали, что гидроструйное бурение может увеличить скорость проходки, по сравнению с ротором, до 40% снижением механического усилия на долото PDC от 30% до 52%.

Существует множество факторов, влияющих на разрушающее воздействие водяных струй, среди которых нельзя не учитывать силу удара. Для изучения влияния формы контактной поверхности на характер течения струи и силу удара были проведены эксперименты по изучению плоскостей соударения скважин и струи воды при различных значениях давления [6]. Обнаружено, что при столкновении струи воды с разными формами контактных поверхностей материалов возникает отраженный поток, оказывающий влияние формы на силу удара.

Имеется исследование [7] механизма разрушающего бурения с использованием струйного долота высокого давления. В нем изложены результаты бурения боковых стволов с использованием скважинных высокоскоростных струйных насадок. Выполнены расчеты по определению значений конструктивных параметров насадок.

Особое место среди разновидностей гидроструйных технологий, используемых в горном деле, занимает гидромеханический способ разрушения горных пород [8], основанный на комбинации механического резцового и шарошечного инструмента с высокоскоростной струей воды. Сущность способа заключается в том, что струя воды, ориентированная относительно механического инструмента, обеспечивает

снижение его нагруженности, расширение области их применения для разрушения крепких пород.

Гидроабразивное резание горных пород основывается на совместном воздействии на материал

высокоскоростных струй воды и абразивных частиц, находящихся внутри этих струй [9, 10]. В результате такого воздействия в породе прорезается щель определенной глубины и ширины.

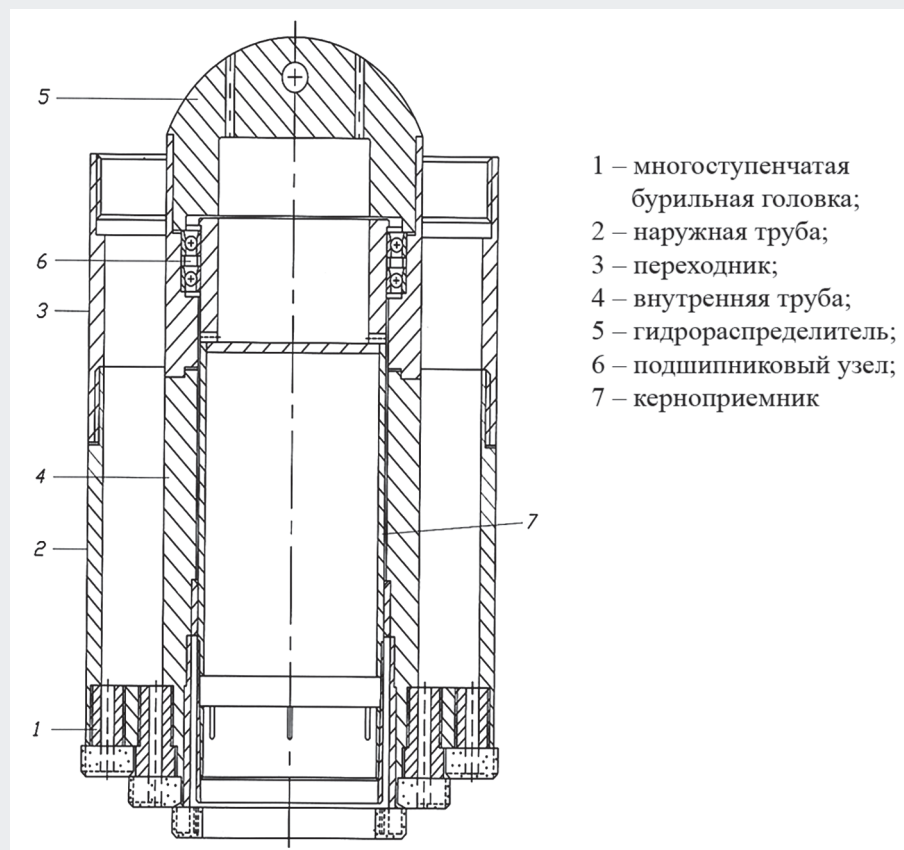


Рис. 1. Универсальная забойная компоновка диаметром 215,9 мм.
Сурет 1. Диаметрі 215,9 мм болатын эмбебап ұңғыма жинағы.
Figure 1. Universal bottomhole assembly with a diameter of 215.9 mm.



Рис. 2. Алмазные бурильные головки с гидроструйным эффектом разрушения пород диаметром 215,9 мм.
Сурет 2. Диаметрі 215,9 мм тау жыныстарының бұзылуының гидроағынды әсері бар алмас бұрғыларының бастиктері.
Figure 2. Diamond drill heads with hydrojet effect of rock destruction with a diameter of 215.9 mm.

Таблица 1
Сравнительные данные бурения скважин универсальной забойной компоновкой, оснащенной многоступенчатой бурильной головкой диаметром 75,6 мм и 95,6 мм и серийными колонковыми наборами NQ и HQ

Кесте 1
Диаметрі 75,6 мм және 95,6 мм көп сатылы бұрғылау бастиегімен және NQ және HQ сериялық керн жинақтарымен жабдықталған әмбебап ұңғыма жинағы бар бұрғылау ұңғымаларының салыстырмалы деректері

Table 1
Comparative data on drilling wells with a universal downhole assembly equipped with a multi-stage drill head with a diameter of 75.6 mm and 95.6 mm, and serial core sets NQ and HQ

Виды компоновки, колонковых наборов	Пробурено, м	Режимы бурения скважин			Механическая скорость бурения, м/ч	Выход керна, %	Затраты энергии, кВт·ч
		Осевая нагрузка, Н	Частота вращения, об/мин	Расход промывочной жидкости, л/мин			
1. Серийные колонковые наборы:							
NQ (75,6 мм)	300	18000-20000	600-700	60-70	3,1-3,3	93	1,6-1,8
HQ (95,6 мм)	242	2200-2500	500-600	80-90	2,8-3,0	93	2,1-2,4
2. Универсальная забойная компоновка:							
диаметром бурения 75,6 мм	275	4000-6000	400-500	35-40	2,7-3,0	95	0,7-0,9
диаметром бурения 95,6 мм	181	7000-9000	300-400	60-70	2,5-2,7	95	1,2-1,5

Причем, глубина щели в этом случае в 3-8 раз превышает глубину щели, получаемую при резании обычными высокоскоростными струями воды без добавления абразивного компонента.

Исследованиями [11] была сделана попытка инициирования и распространения трещин в горных породах при совместном воздействии механических и гидравлических способов. Проведены эксперименты по исследованию механизма разрушения пород под высоким давлением струи жидкости при применении шарошечных долот, оснащенных карбид-вольфрамовой вставкой. Выяснено, что размеры и формы вставки существенно влияют на интенсивность распространения сети трещин. По выводам авторов, наличие трещин на контакте взаимодействия напорной струи и горной породы способствуют расширению и увеличению глубины проникновения

жидкости в материнскую породу на забое скважин. Это возможно и при бурении скважин по плотным породам, если на их поверхностях предварительно появляются сети трещин, борозды и канавки [12].

Цель настоящей работы – создание универсальной забойной компоновки гидроструйного бурения скважин, в том числе с возможностью получения керна увеличенного диаметра.

Задачи:

1) разработка конструктивных схем универсальной забойной компоновки гидроструйного бурения скважин с отбором высокоинформативного керна и сплошным забоем, изготовление опытных образцов;

2) оценка промышленной применимости и эффективности универсальной забойной компоновки гидроструйного бурения скважин в сравнении с серийными колонковыми наборами в сопоставимых условиях горной среды.

Методы исследования

На основании исходных предположений, изложенных во введении, разработаны конструкции универсальных забойных компоновок, предназначенных для реализации эффекта гидроструйного разрушения горных пород. Универсальность забойной компоновки заключается в том, что повариантно она может быть использована как при бурении скважин с отбором керна, так и со сплошным забоем.

Разработка универсальных забойных компоновок согласно стандартным размерам горного оборудования велась по методике конструирования машин, принятой в области общего машиностроения, а именно: конструктивная преемственность, сфера применения, метод инверсии и компонование.

Метод инверсии был использован при разработке конструкции многокамерной забойной гидромашин. В узлах машин, установок

иногда бывает выгодным поменять детали ролями, ведущую деталь сделать ведомой, направляющую – направляемой, неподвижную – подвижной. Согласно методу инверсии, со сменой выполняемой функции неподвижный ротор расположен в полости вращающегося статора. Это позволило увеличить длину плеча моментов силы между составляющими элементами многокамерной забойной гидромашины, упростить конструкции и максимально использовать потенциальную энергию рабочего агента – промывочной жидкости.

При проектировании 3D моделей многоступенчатой алмазной бурильной головки со сменяемыми режцами и технологической оснастки в виде графитовой пресс-формы, необходимой для их изготовления, использовался вариант программы САПР Kompas 3DV14 Home, соответствующей стандартам ЕВРА-ЗЭС. По ней были разработаны чертежи короночной заготовки и детали пресс-форм. Рабочая программа ARTCAM была использована для изготовления этих деталей на станке 4ПУРЕМАХ40302.

Универсальная бурильная головка может быть встроена в конструкцию серийных колонковых наборов NQ и HQ. При бурении же скважин со сплошным забоем, врубная часть в виде коронки сменяется на буровое долото.

При бурении скважин важно получить информативный геологический материал в виде структурно цельного керна, необходимого для определения интервалов расположения рудных тел, продуктивных горизонтов, достоверности оценки содержания полезных компонентов, проницаемости и коллекторских свойств.

Информативность и структурная цельность керна достигается увеличением диаметра керна, более стойкого к разрушению и размыву промывочной жидкости. Весомый ресурс для получения керна увеличенного диаметра и снижения энергозатрат процесса разрушения пород – алмазные коронки с тонкостенной матрицей. Установлено, что уменьшение ширины торца

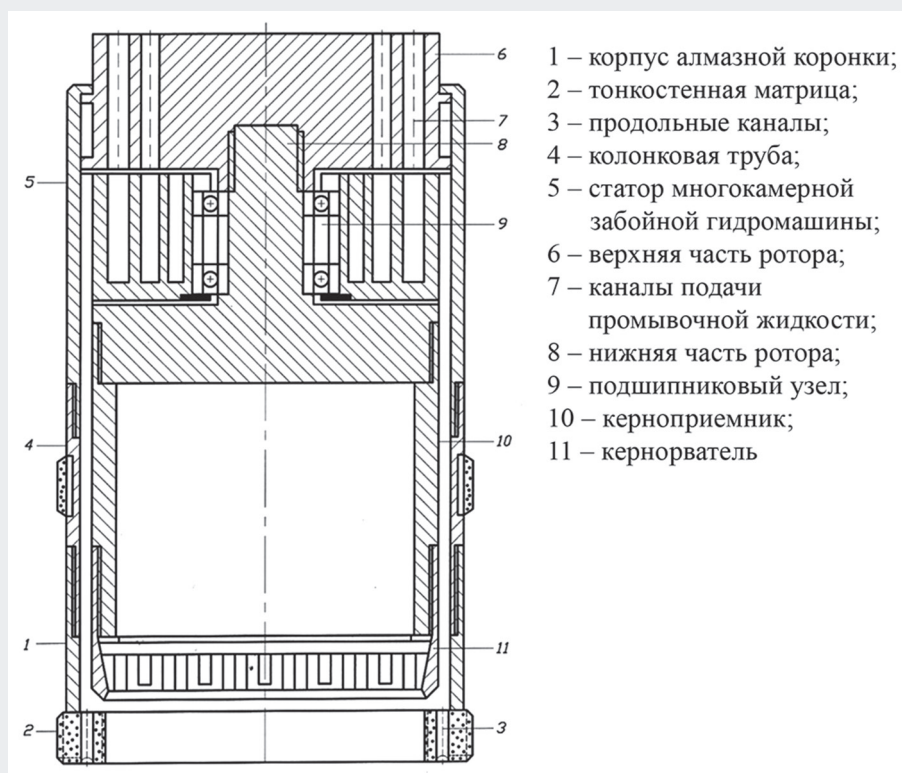


Рис. 3. Универсальная забойная компоновка диаметром бурения скважин 215,9 мм, предназначенная для отбора керна увеличенного диаметра.

Сурет 3. Диаметрі ұлғайтылған кернді сынамалауға арналған бұрғылау саңылауларына арналған диаметрі 215,9 мм әмбебап түптік жинақ.
Figure 3. Universal bottomhole assembly with a diameter of 215.9 mm for drilling holes, designed for sampling a core of increased diameter.

матрицы позволяет на 20-30% повысить концентрацию напряжения на забое скважин.

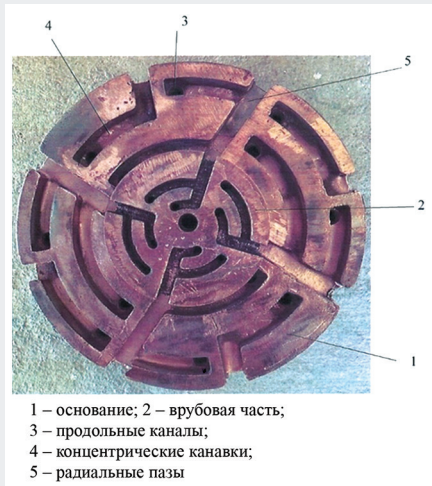
Производственные испытания опытных образцов универсальной забойной компоновки гидроструйного бурения проходили на месторождении полиметаллов центрального Казахстана. Геологический разрез месторождения сложен из горных пород (алевролиты с многочисленными прожилками кварца, кальциты и бариты), жил окремненных известняков и кремнистых аргиллитов, встречаются кремнистые сланцы. Средняя категория пород по буримости – 8.5. Угол наклона скважин – 70°. Бурение осуществлялось буровой установкой CDH-100, насос НБ-3-120/40. Промывочная жидкость – техническая вода.

За базу сравнения в сопоставимых условиях бурения скважин приняты показатели серийных алмазных коронок типа КБ-ИЗ-12АГ Ø75,6 мм колонкового набора NQ и КБ-ИЗ-12АГ Ø95,6 мм (HQ).

Планирование объемов экспериментального бурения скважин универсальными забойными компоновками и обработка результатов хронометражных наблюдений осуществлялись согласно основным понятиям теории вероятностей (математическое ожидание, вероятность события, дисперсия и точность определения оценки).

Результаты

На рис. 1 представлена конструктивная схема универсальной забойной компоновки диаметром 215,9 мм гидроструйного бурения скважин с отбором информативного керна; на рис. 2 – алмазные бурильные головки с гидроструйным эффектом разрушения пород диаметром 215,9 мм: с отбором керна и для бурения скважин со сплошным забоем. На рис. 3 показана универсальная забойная компоновка гидроструйного бурения скважин диаметром 215,9 мм с отбором керна увеличенного диаметра; на рис. 4 – алмазная бурильная головка со ступенчатой



1 – основание; 2 – врубная часть;
3 – продольные каналы;
4 – концентрические канавки;
5 – радиальные пазы

Рис. 4. Алмазная бурильная головка со ступенчатой матрицей диаметром 215,9 мм с разделной системой промывочных каналов и гидроструйным эффектом разрушения горных пород. Сурет 4. Диаметрі 215,9 мм сатылы матрицасы бар алмаз бұрғысының бастиегі бөлек жуғыш арналар жүйесі және тау жыныстарын бұзудың гидроағынды әсері.

Figure 4. Diamond drill head with a stepped matrix with a diameter of 215.9 mm with a separate system of flushing channels and a hydro-jet effect of rock destruction.

матрицей диаметром 215,9 мм, с разделной системой промывочных каналов и гидроструйным эффектом разрушения пород.

Применение и эффективность универсальной забойной компоновки с гидроструйным эффектом разрушения пород

На рис. 5 показано состояние отобранных керновых проб серийным колонковым набором HQ и универсальной забойной компоновкой с многоступенчатой алмазной бурильной головкой. По состоянию удельной кусковатости керна на погонный метр бурения скважин в сопоставимых геолого-технических условиях видно, насколько эффективны универсальные забойные компоновки в обеспечении структурной целостности керна. В табл. 1 приведены сравнительные данные бурения скважин универсальной забойной компоновкой,

оснащенной многоступенчатой бурильной головкой диаметром 75,6 мм и 95,6 мм со сменяемыми алмазными резцами и серийными колонковыми наборами NQ и HQ.

По результатам отработки универсальной забойной компоновкой и серийными колонковыми наборами (NQ и HQ) установлено, что ресурсные возможности универсальной забойной компоновки на 180-220 м больше, чем у серийных колонковых наборов.

Обсуждение результатов

Полученные результаты – снижение энергозатрат процесса разрушения пород, получение структурно цельного керна – объясняются конструктивными особенностями универсальной забойной компоновки, в силу чего меняются форма забоя скважин, вид разрушения пород, система подачи промывочной жидкости и выноса шлама, условия кернаобразования, появляется возможность перехода на низкие значения параметров режимов бурения.

Результаты подтверждаются конструкцией универсальных забойных компоновок, видами алмазных бурильных головок (рис. 1-4).

Конструктивные особенности универсальных забойных компоновок заключаются в использовании направленной потенциальной энергии промывочной жидкости для повышения интенсивности разрушения пород и снижения энергозатрат углубки скважин, сохранении целостности

керна и применении составных алмазных бурильных головок.

Направленным потоком промывочной жидкости по продольным каналам на ступеньках забоя скважин образуются зоны разрыхления, повышается проницаемость горной породы.

Реализуются конструктивные особенности посредством:

- появления опережающей зоны трещин на ступеньках забоя скважин – исходной предпосылки объемного разрушения пород, чему способствует и смещение концентрических канавок по горизонтали между секторами матрицы;

- выполнения концентрических канавок на торце матрицы, пересеченных радиальными пазми, исключающих попадание шлама выбуренной породы из одного сектора в другой; устранения гидравлической подпорки под матрицей алмазной бурильной головки;

- предохранения керна от воздействия потока напорной промывочной жидкости, появления условий для жидкостной смазки между керном и кернаприемником;

- снижения значений режимов бурения скважин, осевой нагрузки на забой и частоты вращения.

Совокупностью конструктивных особенностей и последствиями их применения универсальные забойные компоновки гидроструйного бурения скважин, оснащенные составными алмазными бурильными

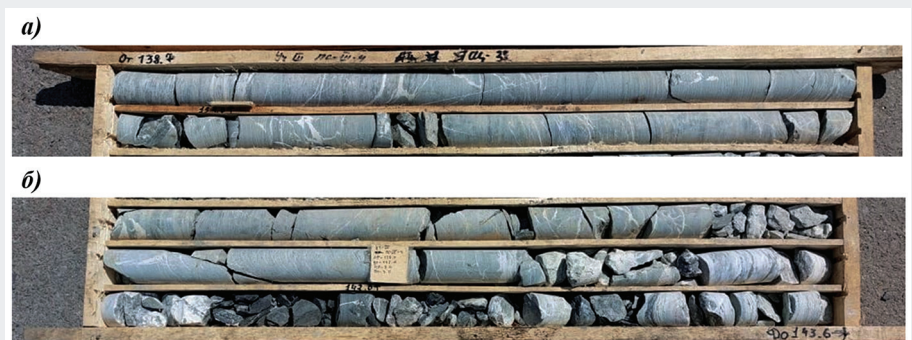


Рис. 5. Состояние отобранных керновых проб: а – универсальной забойной компоновкой, диаметром врубной части 95,6 мм; б – серийным колонковым набором HQ 95,6 мм.

Сурет 5. Таңдалған керн үлгілерінің шарттары: а – әмбебап ұңғыма жинағы, кесу диаметрі 95,6 мм; б – сериялық баған жиынтығы HQ 95,6 мм.

Figure 5. Conditions of selected core samples: a – universal bottomhole assembly, cut-in diameter 95.6 mm; b – serial column set HQ 95.6 mm.

головками со ступенчатой матрицей, принципиально отличаются от серийных колонковых наборов.

Недостаток – при бурении скважин по плотным глинам, суглинкам возможны закупорки продольных отверстий матрицы алмазных бурильных головок, перекрытие движения напорного потока промывочной жидкости. Недостаток может быть устранен подбором поперечных размеров продольных отверстий, соответствующих свойствам пород, и повышением расхода промывочной жидкости.

Перспективным направлением в расширении сферы применения универсальной забойной компоновки может быть применение ее при проходке стволов шахт, шурфов, вскрытии и освоении залежей подземных вод и термальных источников,

извлечении полезных ископаемых способом скважинной гидродобычи.

Заключение

1. Разработана конструкция универсальной забойной компоновки гидроструйного бурения скважин, содержащей составные алмазные бурильные головки со ступенчатой матрицей, оснащенные сменяемыми резами или врубовой частью.

Технологические возможности: объемное гидромеханическое разрушение пород, раздельная система подачи промывочной жидкости и удаления шлама с забоя скважин, чистота обработки поверхности стенки скважин, снижение энергозатрат.

Разработана конструкция универсальной забойной компоновки гидроструйного бурения скважин, предназначенной для отбора керна увеличенным диаметром 165 мм.

В качестве силового привода в конструкции может быть использована многокамерная забойная гидромашинка, мало-расходная по потреблению промывочной жидкости.

2. Проверка применимости универсальной забойной компоновки осуществлялась в производственных условиях бурения скважин на месторождениях полиметаллов Центрального Казахстана.

Эффективность универсальных забойных компоновок гидроструйного бурения скважин, в сравнении с серийными колонковыми наборами NQ и HQ, выражается в снижении энергозатрат процесса углубки скважин на 40-50%, получении структурно цельного керна с ростом механической скорости бурения на 8-9%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жабин А.Б., Пушкарев А.Е., Маликов А.А., Поляков А.В. Разрушение горных пород струями воды сверхвысокого давления. // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2014. – Вып. 2. – С.74-78 (на русском языке)
2. Fushen Ren, Tiancheng Fang, Xiaoze Cheng. Исследование повреждения горных пород и глубины разрушения при воздействии водоструйной муфты с частицами. // Международный журнал ударной техники. – 2020. – Т. 139. – С. 1-6 (на английском языке)
3. Tiancheng Fang, Fushen Ren, Hanxu Liu, Yuan Zhang, Jianxin Cheng. Прогресс и разработка технологии струйного бурения, увеличивающей скорость, и механизма разрушения пород для глубоких скважин. // Журнал технологии разведки и добычи нефти. – 2022. – №12. – С. 1697-1708 (на английском языке)
4. Thomas Reinsch, Bob Paap, Simon Hahn, Volker Wittig, Sidney van den Berg. Взгляд на технологию радиального водоструйного бурения – применение в карьере. // Журнал горной механики и геотехнической инженерии. – 2018. – Т. 10. – Вып. 2. – С. 236-248 (на английском языке)
5. Songyong Liu, Hongsheng Li, Huanhuan Chang. Производительность бурения буровой установки для бурения горных пород струей воды высокого давления при различных режимах конфигурации. // Удары и вибрация. – 2017. – Т. 3. – С. 1-14 (на английском языке)
6. Yabin Gao, Xin Xiang, Ziwen Li, Xiaoya Guo, Peizhuang Han. Экспериментально-имитационное исследование характеристик гидродинамических ударов в скважинах // Энергетика и разведка. – 2021. – Т. 40(6). – С. 1-21 (на английском языке)
7. Chunsheng Wang, Yang Liu, Qiji Sun, Shan Meng, Kai Zhang, Yufei Dong. Исследование механизма разрушающего бурения с использованием струйного долота высокого давления // Открытый нефтяной инженерный журнал. – 2017. – Т. 10. – С. 12-18 (на английском языке)
8. Бреннер В.А., Жабин А.Б., Пушкарев А.Е. и др. Перспективы развития гидроструйных технологий в горнодобывающей промышленности и подземном строительстве. // Горные машины и автоматика. – 2002. – №5. – С. 2-10 (на русском языке)
9. Бреннер В.А., Жабин А.Б., Пушкарев А.Е. Разрушение горных пород при помощи гидроструйных технологий. // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия Горно-электромеханическая. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – Вып. 99. – С. 81-93 (на русском языке)
10. Yiyu Lu, Jiren Tang, Zhaolong Ge, Binwei Xia, Yong Liu. Техника бурения твердых пород с помощью гидроабразивной струи. // Международный журнал механики горных пород и горных наук. – 2013. – №60. – С. 47-56 (на английском языке)

11. Thomas Stoxreiter, Robert Wenighofer u др. Иницирование и распространение трещин в горных породах механическим и гидравлическим воздействием. // Открытые науки о земле, – 2019. – №11. – С. 783-803 (на английском языке)
12. Mendebaev T.N, Smashov N.Zh, Kuatova M.Zh. Водоструйное разрушение горных пород при бурении скважин алмазными инструментами с независимыми промывочными отверстиями. // Евразийская горнодобывающая промышленность. – 2019. – №2(32). – С. 41-43 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жабин А.Б., Пушкарев А.Е., Маликов А.А., Поляков А.В. Тау жыныстарын аса жоғары қысымды су ағындарымен бұзу. // ТулГУ Известиясы. Жер туралы ғылымдар. – 2014. – Шығ. 2. – Б.74-78 (орыс тілінде)
2. Fushen Ren, Tiancheng Fang, Xiaoze Cheng. Бөлшектері бар су ағынының муфтасына ұшыраған кезде тау жыныстарының зақымдануын және жойылу тереңдігін зерттеу. // Халықаралық соқпалы инженерия журналы. – 2020. – Т. 139. – Б. 1-6 (ағылшын тілінде)
3. Tiancheng Fang, Fushen Ren, Nanxi Liu, Yuan Zhang, Jianxin Cheng. Жылдамдықты арттыратын реактивті бұрғылау технологиясының және терең ұңғымаларға арналған тау жыныстарын жою механизмінің дамуы мен дамуы. // Мұнай барлау және өндіру технологиясының журналы. – 2022. – №12. – Б. 1697-1708 (ағылшын тілінде)
4. Thomas Reinsch, Bob Paar, Simon Hahn, Volker Wittig, Sidney van den Berg. Радиалды су ағындарын бұрғылау технологиясына шолу – карьерде қолдану. // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. – 2018. – Т. 10. – Шығ. 2. – Б. 236-248 (ағылшын тілінде)
5. Songyong Liu, Hongsheng Li, Huanhuan Chang. Әртүрлі конфигурация режимдерінде жоғары қысымды су ағынымен тау жыныстарын бұрғылауға арналған бұрғылау машинасының өнімділігі. // Соққы және діріл. – 2017. – Т. 3. – Б. 1-14 (ағылшын тілінде)
6. Yabin Gao, Xin Xiang, Ziwen Li, Xiaoya Guo, Peizhuang Han. Ұңғымалардағы су ағынының соққыларындағы ағын сызбасының сипаттамаларын эксперименттік және имитациялық зерттеу. // Энергетикалық барлау және пайдалану. – 2021. – Т. 40(6). – Б. 1-21 (ағылшын тілінде)
7. Чуншэн Ван, Ян Лю, Цицзюнь Сун, Шан Менг, Кай Чжан, Юфэй Дон. Жоғары қысымды реактивті қашауды қолдана отырып, тау жыныстарын бұзатын бұрғылау механизмін зерттеу // ашық Петролеум инженерлік журналы. – 2021. – Т. 40(6). – Б. 1-21 (ағылшын тілінде)
8. Бреннер В.А., Жабин А.Б., Пушкарев А.Е. және т.б. Тау-кен өнеркәсібіндегі және жерасты құрылысындағы гидрореактивті технологиялардың даму болашағы. // Тау-кен машиналары және автоматика. – 2002. – №5. – Б. 2-10 (орыс тілінде)
9. Бреннер В.А., Жабин А.Б., Пушкарев А.Е. Гидрожеттік технологиялар көмегімен тау жыныстарын бұзу. / Донецк ұлттық техникалық университетінің ғылыми тәжірибелері. Тау-кен электромеханикалық сериясы. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – Шығ. 99. – Б. 81-93 (орыс тілінде)
10. Yiyu Lu, Jiren Tang, Zhaolong Ge, Binwei Xia, Yong Liu. Абразивті су ағынымен қатты жыныстарды бұрғылау технологиясы. // Тау жыныстары механикасы және тау-кен ғылымдарының халықаралық журналы. – 2013. – №60. – Б. 47-56 (ағылшын тілінде)
11. Thomas Stoxreiter, Robert Wenighofer және т.б. Механикалық және гидравликалық әсер ету арқылы тау жыныстарының бұзылуын бастау және тарату // Ашық жер туралы ғылымдар. – 2019. – №11. – Б. 783-803 (ағылшын тілінде)
12. Mendebaev T.N, Smashov N.Zh, Kuatova M.Zh. Тәуелсіз жуу тесіктері бар алмаз құралдарымен Ұңғымаларды бұрғылау кезінде тау жыныстарының су ағынының бұзылуы. // Еуразиялық тау-кен өнеркәсібі. – 2019. – №2(32). – Б. 41-43 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Zhabin A.B., Pushkarev A.E., Malikov A.A., Polyakov A.V. Razrushenie gornyx porod struyami vody sverkhvysokogo davleniya [Destruction of rocks by ultrahigh pressure water jets]. // Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle = News of TulGU. Earth Sciences, 2014. – Issue 2. – P. 74-78 (in Russian)
2. Fushen Ren, Tiancheng Fang, Xiaoze Cheng. Study on rock damage and failure depth under particle water-jet coupling impact. // International Journal of Impact Engineering. – 2020. – Vol. 139. – P. 1-6 (in English)

3. *Tiancheng Fang, Fushen Ren, Hanxu Liu, Yuan Zhang, Jianxun Cheng. Progress and development of particle jet drilling speed-increasing technology and rock-breaking mechanism for deep well. // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2022. – №12. – P. 1697-1708 (in English)*
4. *Thomas Reinsch, Bob Paap, Simon Hahn, Volker Wittig, Sidney van den Berg. Insights into the radial water jet drilling technology – Application in a quarry. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2018. – Vol. 10. – Issue 2. – P. 236-248 (in English)*
5. *Songyong Liu, Hongsheng Li, Huanhuan Chang. Drilling performance of rock drill By high-pressure water jet under different configuration modes. // Shock and Vibration. – 2017. – Vol. 3. – P. 1-14 (in English)*
6. *Yabin Gao, Xin Xiang, Ziwen Li, Xiaoya Guo, Peizhuang Han. An experimental and simulation study of the flow pattern characteristics of water jet impingements in boreholes. // Energy Exploration & Exploitation. – 2021. – Vol. 40(6). – P. 1-21 (in English)*
7. *Chunsheng Wang, Yang Liu, Qiji Sun, Shan Meng, Kai Zhang, Yufei Dong. Investigation on a rock-breaking drilling mechanism by using a high pressure jet bit. // The Open Petroleum Engineering Journal. – 2017. – Vol. 10. – P. 12-18 (in English)*
8. *Brenner V.A., Zhabin A.B., Pushkarev A.E. et al. Perspektivy razvitiya gidrostrujnyx texnologii v gorno-dobyvayushhej promyshlennosti i podzemnom stroitel'stve [Prospects for the development of hydrojet technologies in the mining industry and underground construction]. // Gornye mashiny i avtomatika = Mining machines and automation. – 2002. – №5. – P. 2-10 (in Russian)*
9. *Brenner V.A., Zhabin A.B., Pushkarev A.E. Razrushenie gornyx porod pri pomoshhi gidrostrujnyx texnologij [Destruction of rocks with the help of hydrojet technologies]. // Nauchnye trudy Doneckogo nacional'nogo texnicheskogo universiteta. Seriya Gorno-e'lektromexanicheskaya = Science practices of the Donetsk National Technical University. Mining and Electromechanical series. – Donetsk: DonNTU, 2005. – Issue 99. – P. 81-93 (in Russian)*
10. *Yiyu Lu, Jiren Tang, Zhaolong Ge, Binwei Xia, Yong Liu. Hard rock drilling technique with abrasive water jet assistance. // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. – 2013. – №60. – P. 47-56 (in English)*
11. *Thomas Stoxreiter, Robert Wenighofer et al. Rock fracture initiation and propagation by mechanical and hydraulic impact. // Open Geosciences. – 2019. – №11. – P. 783-803 (in English)*
12. *Mendebaev T.N., Smashov N.Zh., Kumatova M.Zh. Water jet destruction of rocks in well drilling by diamond tools with independent flushing ports. // Eurasian Mining. – 2019. – №2(32). – P. 41-43 (in English)*

Сведения об авторах:

Мендебаев Т.Н., д-р техн. наук, главный научный сотрудник Товарищества с ограниченной ответственностью «Научно-внедренческий центр Алмас» (г. Алматы, Казахстан), nvc_almas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9737-840X>

Смаилов Н.Ж., PhD, директор Товарищества с ограниченной ответственностью «Научно-внедренческий центр Алмас» (г. Алматы, Казахстан), nur_cm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1095-7431>

Исмаилов Х.К., Президент Товарищества с ограниченной ответственностью «Центргеолсьемка» (г. Караганда, Казахстан), zaocgs@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-1316-1246>

Изаков Б.К., главный инженер Товарищества с ограниченной ответственностью «Центргеолсьемка» (г. Караганда, Казахстан), zaocgs@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-1732-9783>

Авторлар туралы мәліметтер:

Мендебаев Т.Н., техника ғылыминың докторы, «Алмас ғылыми-енгізу орталығы» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Смаилов Н.Ж., PhD, «Алмас ғылыми-енгізу орталығы» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі директоры (Алматы қ., Қазақстан)

Исмаилов Х.К., «Центргеолсьемка» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің президенті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Изаков Б.К., «Центргеолсьемка» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі бас инженері (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Mendebaev T.N., Doctor of Technical Sciences, Chief Research Officer of the Limited Liability Company «Almas Research and Implementation Center» (Almaty, Kazakhstan)

Smashov N.Zh., Candidate of Technical Sciences, Director of the Limited Liability Partnership «Almas Research and Implementation Center» (Almaty, Kazakhstan)

Ismailov H.K., President of the Limited Liability Company «Tsentrgeolsemka» (Karaganda, Kazakhstan)

Izakov B.K., Chief Engineer of the Limited Liability Company «Tsentrgeolsemka» (Karaganda, Kazakhstan)

**OGU**

Oil&Gas Uzbekistan

Oil & Gas Uzbekistan

25Юбилейная Международная
Выставка и Конференция**17 | 18 | 19 Мая 2023**

Узэкспоцентр • Ташкент • Узбекистан

OGU - ключевое
нефтегазовое
событие Узбекистана

Организаторы



Iteca Exhibitions
Тел.: +99871 205 18 18
E-mail: oilgas@iteca.uz
www.oilgas.uz

Код МРНТИ 52.47.15

С.Т. Закенов¹, Л.К. Нуршаханова¹, *Б.Т. Ратов², А.А. Жәңгірханова²¹Yessenov University (Ақтау қ., Қазақстан),
²Satpayev University (Алматы қ., Қазақстан)

ӨНДІРУШІ ҰҢҒЫМАЛАРДЫҢ ТҮПМАҢЫ ҚЫСЫМЫНЫҢ ОҢТАЙЛЫ ШАМАСЫН НЕГІЗДЕУ

Аңдатпа. Ұңғымаларды пайдаланудың неғұрлым оңтайлы технологиялық режимдеріне қол жеткізілетін және мұнай кен орындарын ұтымды игеру мен пайдаланудың негізгі қағидаттары бұзылмайтын ұңғыма түпмаңы қысымды қанығу қысымынан төмен төмендетудің мүмкін болатын шектерін негіздеу өзекті міндет болып табылады. Бұл күнделікті мұнай өндірудің өсуіне байланысты жағымды жақтан басқа, теріс жағы да бар – кенжар қысымының шамадан тыс төмендеуі, бұл ұңғыма түпмаңы аймағында мұнайдың газдануын тудырады, ол өз кезегінде өндіруші ұңғыма жерасты қондырғыларының жұмысына айтарлықтай әсер етеді. Бұл мәселені шешу үшін кәсіптік зерттеулердің нәтижелерін егжей-тегжейлі талдауды, аналитикалық есептеулерді және ұңғымаларды тиісті ұңғыма түпмаңы қысымымен.

Түйінді сөздер: талдау, ұңғыма, пайдалану, кенжар қысымы, қанықтыру қысымы, мұнай, ұңғыма, индикатор диаграммасы.

Justification of the optimal downhole pressure values of producing wells

Abstract. Justification of the possible limits of reducing the bottom-hole pressure below the saturation pressure, at which the most optimal technological modes of well operation are achieved and the basic principles of rational development and operation of oil fields are not violated, is an urgent task. This is due to the fact that due to the increase in daily oil production, in addition to the positive side, there is also a negative side – an excessive decrease in downhole pressure, which causes oil to decompose in the bottom-hole zone, which, in turn, significantly affects the operation of underground well equipment. To solve this problem, it is necessary to use an integrated approach, including a detailed analysis of the results of professional research, analytical calculations and hydrodynamic modeling of well operation at the appropriate bottom-hole pressure.

Key words: analysis, well, operation, downhole pressure, saturation pressure, oil, well, indicator diagram.

Обоснование оптимальной величины забойного давления добычных скважин

Аннотация. Обоснование возможных пределов снижения забойного давления ниже давления насыщения, при котором достигаются наиболее оптимальные технологические режимы эксплуатации скважин и не нарушаются основные принципы рациональной разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, является актуальной задачей. В связи с ростом ежедневной добычи нефти, помимо положительной, есть и отрицательная сторона – чрезмерное снижение забойного давления, что вызывает разгазирование нефти в призабойной зоне, а это, в свою очередь, существенно влияет на работу подземного оборудования скважины. Для решения этой задачи необходимо использовать комплексный подход, включающий детальный анализ результатов профессиональных исследований, аналитические расчеты и гидродинамическое моделирование эксплуатации скважин при соответствующем забойном давлении.

Ключевые слова: анализ, скважина, эксплуатация, забойное давление, давление насыщения, нефть, скважина, индикаторная диаграмма.

Кіріспе

Ұңғымаларды пайдалануды талдау мұнайдың газбен қанығу қысымына қатысты оңтайлы ұңғыма түпмаңы қысымы бар өндіруші ұңғыманың технологиялық жұмыс режимін белгілеу мәселесін тұтастай алғанда мұнай кен орнының жұмыс режимін зерттеуге байланысты қарастыруға болмайтынын көрсетеді¹ [1].

Бұл, біріншіден, ұңғыманың түпмаңындағы аймағының геологиялық – кәсіптік ерекшеліктеріне байланысты, ұңғыма түпмаңы қысымын төмендету есебінен депрессияның ұлғаюы ұңғыма маңындағы аймақтың жыныстарының жойылуына және мұнайдың физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруіне, оның ішінде қайтымсыз өзгеруіне ғана емес, сонымен қатар бүкіл қабат-сұйықтық жүйесінің сүзу-сыйымдылық параметрлерінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Екіншіден, оңтайлы (сыни) сәйкес келетін қанығу қысымынан төмен ұңғыма түпмаңы қысымы бар өндіруші ұңғымаларды пайдалану мұнай (сұйықтық) бойынша жүйенің өткізгіштігінің қосымша төмендеуіне негізделген мұнай дебитінің шамасына теріс әсер етеді, ол мұнай бойынша фазалық өткізгіштіктің қабаттың газ қанықтылығына тәуелділігімен анықталады және

газдың тиісті негізсіз бөлінуі сорғы жабдықтарының берілу коэффициентін төмендетуге ықпал етеді.

Қанықтыру қысымының мөлшері әр кен орны, кенжар немесе көлбеу учаскесі үшін ғана емес, ол жеке ұңғыма үшін де жеке болып табылады, өйткені ұңғыма түпмаңы қысымын белгілі бір дәрежеде төмендету арқылы пайдалану ұңғымаларының сұйықтық дебитін реттеу қанықтыру қысымының мөлшерімен де шектеледі².

Жұмыста [2] Өзен мұнай кен орнындағы көптеген өндіруші ұңғымаларды орнатылған іріктеу (МУО) әдісімен жүргізілген зерттеулерге сәйкес, мұнай өнімділігі коэффициентінің төмендеуінің қанығу қысымынан төмен ұңғыма түпмаңы қысымының төмендеуіне белгілі бір тәуелділігі анықталды, ал Өзен кен орнының ұңғымаларында байқалған өнімділік коэффициентінің төмендеу дәрежесі Ромашкин кен орны ұңғымаларына қарағанда бес есе жоғары болды.

Жұмыста³ белгілі бір фазалық арақатынаста мұнайдың фазалық өткізгіштігі төмендейді, бұл біріншіден, сүзу кедергісінің жоғарылауына, екіншіден, дебиттің төмендеуіне әкеледі. Әрине, ұңғыма түпмаңы қысымын қанығу қысымынан төмен төмендетудің өндіруші ұңғымалар мен қабаттардың жұмысына

¹Корнаева Д.А. Қанығу қысымынан төмен кенжар қысымында жұмыс істейтін Ұңғымаларды гидродинамикалық зерттеу әдістерін жетілдіру. / Техника ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алуға арналған диссертацияның авторефераты. – Мәскеу, 2015. – 22 б. (орыс тілінде)

²Мищенко И.Т., Бравичева Т.Б., Ермолаев А.И. Алу қиын қорлары бар мұнай кен орындарының ұңғымаларын пайдалану тәсілін таңдау. – М.: Мұнай және газ, 2005. – 448 б. (орыс тілінде)

³Мищенко И.Т. Ұңғымалық мұнай өндіру: жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы. – М.: Мұнай және газ, 2007. – 826 б. (орыс тілінде)

Кесте 1

Бұрқақты әдісімен пайдаланылатын ұңғымалардың жұмыс параметрлері

Table 1

Operating parameters of wells used by the fountain method

Таблица 1

Рабочие параметры скважин, эксплуатируемых фонтанным методом

Көлбеу	Ұңғымалар саны, (%)	Көлбеу бойынша орташа мәндер				Қанығу қысымы, $P_{қан}$ орташа мәні, МПа
		Сұйықтық дебиті, $Q_{сқ}$, м ³ /сут., (%)	Қабат қысымы, $P_{қысым}$, МПа	Ұңғыма түпмаңы қысымы, $P_{оқпан}$, МПа	Депрессия, $\Delta P_{орташ}$, МПа	
XIII	26 (52)	83 (87)	10,3	9,6	0,7	5,9
XIV	9 (18)	82 (73)	11,1	9,2	1,9	6,8
XV	4 (8)	75 (91)	12,3	8,3	4	7,5
XVI	2 (4)	23 (80)	12,5	–	–	7,59
XVII	7(14)	81 (90)	12,6	10,1	2,5	7,59
XVIII	2 (4)	20 (35)	12,3	7,8	4,5	8,2
Барлығы	50	77 (85)	11,1	9,4	1,68	

әсері туралы кешенді кәсіптік зерттеулер жүргізу кен орнын игеру процесін сапалы бақылауға және басқаруға мүмкіндік береді. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, қанығу қысымына қатысты белгіленген ұңғыма түпмаңы қысымының градациясын ескере отырып, өндіруші ұңғымалардың жұмысын талдау қызығушылық тудырады.

Кесте 2

Қабаттардың, ұңғыма түпмаңы және қанығу қысымдарының орташа мәндерін көлбеулер бойынша бөлу

Table 2

Distribution of average values of layers, well head and saturation pressure by slopes

Таблица 2

Распределение средних значений слоев, напора скважины и давления насыщения по наклонам

Материалдар мен әдістер

Қарастырылып отырған Өзен кен орны, оның кесіндісінде 20-ға жуық көлбеу анықталған, негізгі пайдаланылатын XIII-XVIII көлбеулер бойынша ұңғымалардың жалпы саны кен орнының жалпы қорының 94,4% құрайды. Ұңғымалардың жұмыс істеп тұрған өндіру қоры өндіруші ұңғымалардың жалпы санының 96,2% құрайды. Дәл осындай қатынас қолданыстағы айдау қоры бойынша байқалады. Пайдалану кезінде таратылған өндіру және айдау ұңғымаларының қорлары тиісінше жалпы таратылған қордың 38,2% және 61,8% – құрады.

Механикаландырылған тәсілмен пайдаланылатын өндіруші ұңғымалар қоры негізінен жалпы өндіруші қордың едәуір бөлігін құрайды және олардың өзгеруі 96,9-99,4% шегінде.

Жұмыс істеп тұрған өндіруші ұңғымаларды пайдаланудың негізгі тәсілі штангалық тереңдік сорғы – 91,9%, механикаландырылған пайдаланудың басқа тәсілдері (электрортдан тепкіш сорап, бұрандалы сорап) – 7,4% және бұрқақты – 0,7% құрайды. Бұрқақты ұңғымаларының негізгі үлесі 55,6% XIII көлбеуге; 14,2% – XV-XVI көлбеулерге; 30,2% – XVII және XVIII көлбеулерге тиесілі.

Жұмыс істемейтін ұңғымалар қорының жартысынан көбі физикалық жоюды күтуде, қалғандары апатты жою және пайдалану бағанының ағып кетуін жою бойынша күрделі жөндеулерді күтуде.

Өндіруші ұңғымалар жұмыстарының нақты деректерінің жай-күйін талдау қордың негізгі құрамы тәулігіне 5 т дейін (64,7%) мұнайдың төмен дебитімен сипатталатынын көрсетеді. Мұнай дебиті тәулігіне 20-дан 50 тоннаға дейінгі ұңғымалардың саны шамалы және орташа есеппен 5,3% құрайды. Бұл ретте олардың

Көлбеу	Көлбеу бойынша орташа қысым, МПа			$P_{қан}$ орташа мәні, МПа
	$P_{қысым}$	$P_{оқпан}$	$\Delta P_{орташ}$	
XIII	10,3	6,3	4,0	5,9
XIV	11,1	6,6	4,5	6,8
XV	12,3	7,3	5,0	7,5
XVI	12,5	7,7	4,8	7,59
XVII	12,6	8,4	4,2	7,59
XVIII	12,3	7,1	5,2	8,20
Орташа	11,85	7,2	4,65	7,3

сулануы дебиттердің өзгеруінің барлық диапазоны шегінде 75,8-ден 82,4%-ға дейін ауытқиды.

Бұрқақты әдісімен сұйықтықтың салыстырмалы түрде жоғары дебиті орташа тәулігіне 77 м³ (жоғарғы шегі тәулігіне 170 м³ дейін), сулануы 35-тен 99%-ға дейін және қабатқа аздап депрессия кезінде жоғары ұңғыма түпмаңы қысымы бар ұңғымалар пайдаланылады. Бұл ұңғымалардың әдетте өнімділігі жоғары.

Бұрқақты әдісімен пайдаланылатын ұңғымалардың жұмыс параметрлері 1 кестеде келтірілген.

1 кестеде келтірілген мәліметтерден көрініп тұрғандай бұрқақты қорының ұңғымалары, әдетте, әлеуетті мүмкіндіктерді іске асырмайды ($\Delta P_{орташ} = 1,68$ МПа) және оларды механикаландырылған өндіруге ауыстырған жөн.

Ұңғымаларды штангалық-терең сорғы қондырғыларымен (ҰШТСК) пайдалану әдісі ең аз өнімді және

Кесте 3

Ұңғымалар қорын пайдалану көлбеу бойынша және ұңғыма түпмаңы қысымы шамаларының мәндері бойынша бөлу

Table 3

Distribution of well reserves by operational slope and by values of well pressure values

Таблица 3

Распределение запасов скважин по эксплуатационному наклону и значениям величин давления скважины

Ұңғыма түпмаңы қысымы интервалы	Сорғы диаметрі, мм	Көлбеу бойынша ұңғымалар саны								Барлығы
		XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIII-XIV	XV-XVI	
$P_{оқпан} > 1,2P_{қан}$	Барлығы	743	826	364	270	155	56	48	16	2478
	44	37	19	8	6	9	1	1	-	81
	57	184	126	53	44	34	6	17	8	472
	70	66	60	19	19	15	2	11	1	193
$0,8P_{қан} \leq P_{оқпан} \leq 1,2P_{қан}$	Барлығы	287	205	80	69	58	9	29	9	746
	44	106	127	50	42	27	14	1	-	367
	57	192	295	148	97	45	8	12	5	802
	70	23	35	18	14	12	2	4	2	110
$P_{оқпан} < 0,8P_{қан}$	Барлығы	321	457	216	153	84	24	17	7	1279
	44	62	96	43	28	6	15	4	-	254
	57	71	61	23	20	7	8	2	-	192
	70	2	2	2	-	-	-	-	-	6
	Барлығы	135	159	68	48	13	23	6	-	452

Кесте 4

Ұңғымаларды $P_{оқпан}$ -дан $P_{қан}$ өзгеру шегіне қатысты топтарға бөлу

Table 4

Distribution of wells by groups relative to the threshold of change in the $P_{қан}$ from the $P_{оқпан}$

Таблица 4

Распределение скважин по группам относительно порога изменения $P_{оқпан}$ от $P_{қан}$

Атауы	$P_{оқпан}$ -дан $P_{қан}$ өзгеру шектері		
	$P_{оқпан} = (0,2-0,4)P_{қан}$	$P_{оқпан} = (0,4-0,65)P_{қан}$	$P_{оқпан} = (0,65 \text{ жоғары})P_{қан}$
Ұңғымалар саны	29	64	44

көп еңбекті қажет етеді. Бұл әдісті әлемдік тәжірибеде кеңінен қолдану кен орындарында салыстырмалы түрде төмен дебиттері бар ұңғымалардың көп болуымен түсіндіріледі, олар үшін поршеньді штангалық сорғыларды пайдалану басқа пайдалану әдістерімен салыстырғанда техникалық негізделген және экономикалық тұрғыдан тиімді болып қала береді.

Кен орнын игеру тәжірибесі ұңғымаларды пайдалануды мұнайдың газбен қанығу қысымы шегінде ұңғыма түпмаңы қысымы кезінде, ұңғымадағы ең оңтайлы ұңғыма түпмаңы қысымын қанығу қысымынан 0,85-ке тең етіп белгілеу арқылы жүзеге асыру керектігін көрсетті. Сондықтан, ҰШТСҚ жабдықталған ұңғымалардың жұмыс режимдерін талдау кезінде ұңғыма түпмаңы қысымының мәніне үлкен мән берілді.

ҰШТСҚ-мен жабдықталған қолданыстағы қордың 2897 ұңғымасынан 2478 ұңғыма бойынша технологиялық режим деректері бойынша нақты орташа қабаттық және ұңғыма түпмаңы қысымдар, сондай-ақ қанығу қысымының ағымдағы орташа өлшеніп анықталған мәндері 2 кестеде көрсетілген.

2 кестеде келтірілген орташа деректерден ҰШТСҚ жабдықталған ұңғымалар оңтайлы жұмыс режимімен

сипатталады, яғни XIII көлбеуге тән ең төмен депрессия ($\Delta P_{орташа} = 4,0$ МПа) $P_{оқпан} \approx 0,94 P_{қан}$ кезінде, ең жоғары көрсеткіш XVIII көлбеу үшін ($\Delta P_{орташа} = 4,65$ МПа) $P_{оқпан} \approx 0,866 P_{қан}$ кезінде. Ұңғымалардың нақты жұмыс режимінің оңтайлы режимге сәйкестігі кен-жар қысымының мәндері бойынша бағаланды. Бұл ретте $0,8P_{қан} \leq P_{оқпан} \leq 1,2P_{қан}$ ұңғыма түпмаңы қысымы диапазонындағы ұңғымалардың жұмыс режимі оңтайлы болып табылады, өйткені $P_{оқпан} = (0,8P_{қан} \dots P_{қан})$ кезінде өнімділіктің айтарлықтай төмендеуі байқалмайды, ал $P_{оқпан} = (P_{қан} \dots 1,2P_{қан})$ кезінде ұңғыманың әлеуетті мүмкіндіктері жеткілікті толық көлемде іске асырылады.

Ұңғымалар қоры көбеулерге бөлініп, ұңғыма түпмаңы қысымының мәндері бойынша келесідей топтастырылды:

- ұңғыма түпмаңы қысымы $P_{оқпан} > 1,2P_{қан}$;
- ұңғыма түпмаңы қысымы $0,8P_{қан} \leq P_{оқпан} \leq 1,2P_{қан}$;
- $P_{оқпан} < 0,8P_{қан}$ ұңғыма түпмаңы қысымымен.

Ұңғымалар қорын пайдалану көлбеу бойынша және ұңғыма түпмаңы қысымы шамаларының мәндері бойынша бөлу 3 кестеде көрсетілген.

3 кестеде келтірілген кәсіпшілік деректердің статистикалық талдауы негізінде ұңғыма түпмаңы қысыммен

ХІІІ көкжиектің кейбір ұңғымаларының жұмыс режимдері

Кесте 5

Operating modes of some wells of the XIII horizon

Table 5

Режимы работы некоторых скважин ХІІІ горизонта

Таблица 5

Ұңғыма №	Қабат қысымы, P , кгс/см ²	Динамикалық тереңдік, H_0	$P_{z_{гир}}$, кгс/см ²	Нақты режим				$P_{қан}$, кгс/см ²	$P_{қан} \times 0,8$, кгс/см ²	$\Delta P_{окпан}$	$K_{прод}$ (м ³ /сут.)/(кгс/см ²)	Күтілетін параметрлер				Сорапты түсіру тереңдігі, м	$P_{окпан}$ -дан пайыздық мөлшері
				$P_{окпан}$, кгс/см ²	Мұнай дебиті, Q	Сұйықтық дебиті, Q	Сулануы, %					$P_{окпан}$, кгс/см ²	Мұнай дебиті, Q , м ³ /тәу	Сұйықтық дебиті, Q , м ³ /тәу	Сулануы, %		
3729	98,6	790	0,7	35,76	2	5	48	59,8	47,84	12,08	0,07	47,84	1,65	3,79	48,25	1000	0,60
2550	94,8	436	3	53,45	4	8	43	59,8	47,84	-5,61	0,19	47,84	4,28	8,95	43,00	944	0,89
3026	104,6	985	2	13,33	2	4	36	59,8	47,84	34,51	0,06	47,84	1,71	3,19	36,00	1040	0,22
6589	117,8	657	3,8	37,54	13	21	31	59,8	47,84	10,30	0,28	47,84	11,09	19,26	31,33	1064	0,63
8418	117,7	989	1,7	10,31	0	6	91	59,8	47,84	37,53	0,06	47,84	0,34	4,51	91,00	1000	0,17
2619	89,4	389	0	60,68	4	22	80	59,8	47,84	-12,84	0,76	47,84	5,45	31,69	79,50	872	1,01

Кесте 6

Ұңғымаларды гидродинамикалық зерттеу нәтижелері

Table 6

The results of the hydrodynamic study of wells

Таблица 6

Результаты гидродинамического исследования скважины

Ұңғыма №	Көлбеу	Блок	ҚГЖ*	ҮГДЗ	ҮГДЗ нәтижесі			
					$P_{қысым}$, кг/см ²	$P_{окпан}$, кг/см ²	Скин-фактор, бір.	$K_{прод}$, (м ³ /сут.)/(кгс/см ²)
3729	ХІІІ	1	17.11.2011	01.07.2014 ж. ДҚКҚ** – зерттеуде қателік				
2550	ХІІІ	2	23.09.2005	–				
3026	ХІІІ	2	13.11.2017	01-10.04.2014 ж. ДҚКҚ**	104,6	63,34	12,9	0,55
6589	ХІІІ	6	15.08.2014	–				
8418	ХІІІ	7		07-08.04.2017 ж. ДҚКҚ**	108	23,6	-3,39	0,0033
2619	ХІІІ	2	26.06.2006	20.05.-01.06.2016 ж. ДҚКҚ**	89,4	60,3	0,14	0,86

*ҚГЖ – Қабатты гидро жару
**ДҚКҚ – Деңгейді қалпына келтіру қисығы

қанықтыру қысымынан оңтайлы ауытқу шегінде 1279 ұңғыма, яғни қордың жартысынан астамы (~52%) талданатын қордың 2478 ұңғымасының жалпы санынан пайдаланылады. Бұл ұңғымаларды оңтайлы режимде жұмыс істейтін қорға жатқызуға болады.

Қанығу қысымынан жоғары ұңғыма түпмаңы қысыммен 746 ұңғыма жұмыс істейді, яғни қордың үшінші бөлігі (~30%). Бұл ұңғымаларда табиғи әлеуетті мүмкіндіктер толық іске асырылмаған, осыған байланысты орнатылған сорғы жабдығының жұмыс

режимін ұлғайту немесе механикаландырылған өндірудің неғұрлым өнімді қондырғыларын, мысалы, электр ортадан тепкіш сорғы қондырғыларын қолдану арқылы оңтайлы шектерде ұңғыма түпмаңы қысымын қанықтыру қысымына дейін төмендету есебінен дебитті ұлғайтуға болады. Өндіруші ұңғымаларды бұрғылау, игеру және пайдалану процесінде ұңғымалардың ұңғыма түпмаңы аймағында (ҰТА) сүзу-сыйымдылық қасиеттерінің (ССҚ) нашарлауына байланысты өнімділіктің төмендеуі байқалады.

Кесте 7

XIII көлбеу қабатындағы мұнайдың терең және рекомбинацияланған сынамаларын зерттеу нәтижелері

Table 7

Results of studies of deep and recombined oil samples in the XIII slope layer

Таблица 7

Результаты исследования глубоких и рекомбинированных проб нефти в наклонном слое XIII

Ұңғыма №	Көлбеу	Сынама алынған күн	Перфорация интервалы, м	Қабат көрсеткіші		$P_{қан}$, МПа	Газмөлшері		Есетелген $P_{оқпан.кр.}$, МПа	$P_{оқпан}$ $P_{қан}$ -дан пайыздық мөлшері
				P , МПа	T , °C		м ³ /т	м ³ /м ³		
6731 рек	XIII	29.12.15	1198-1200.6	10,41	57	5,50	37,00	31,19	4,8	0,85
6801	XIII	26.02.16	1217.2-1219; 1220.7-1224; 1227.5-1228,5	10,41	57	6,50	43,87	36,89	5,3	0,81
6937	XIII	27.04.16	1262-1263.6, 1279-1280	10,41	57	5,60	35,23	29,98	4,8	0,85
6948	XIII	03.06.15	1201.2-1202, 1206.2-1207.2, 1218-1218.8	10,41	57	5,20	35,95	30,71	4,7	0,9
9571	XIII	27.04.17	1131.5-1135, 1136-1137, 1142.5-1144, 1148.5-1150, 1151-1152.5, 1155-1156, 1158-1159, 1168-1172	10,41	57	7,33	60,53	51,49	6,4	0,87
XIII көлбеу бойынша орташа көрсеткіш						6,02	42,5	36,05	5,2	0,85

Жұмыста [2] ұңғымалардың өнімділік коэффициентінің кәсіпшілік зерттеулер нәтижелері бойынша белгіленген кенжар қысымына тәуелділігіне арналған жұмыстардың нәтижелері келтірілген.

Жұмыста³ [3-6] мұнай бойынша ұңғыманың дебиті барынша мүмкін (әлеуетті дебит) болатын қысым $P_{оқпан.кр.}$ сыни қысымының анықтамасы келтірілген. Ұңғымадағы түпмаңы қысымы $P_{оқпан.кр.}$ төмен төмендеген кезде мұнайдан газдың қарқынды бөлінуі байқалады, оның көлемі айтарлықтай болады, бұл ұңғымаға мұнай ағынының белгілі бір шектелуіне әкеледі. Оның келесі түрі бар:

$$P_{оқпан.кр.} = 3,5 + 68,33 \times 10^{-3} G_z \times P_{қан} / P_{қымсым}, \quad (1)$$

мұндағы:

G_z – ұңғыманың газ факторы, м³/т;

$P_{қан}$ және $P_{қымсым}$ – сәйкесінше қанықтыру қысымы және ұңғымадағы ағымдағы қабат қысымы, МПа.

Жұмыста [3-9] қанығу қысымынан төмен қысымда жұмыс істейтін ұңғымалар бойынша кең ауқымды зерттеулер жүргізілгеніне және депрессияға байланысты дебиттің сызықтық емес өзгеру фактілеріне қарамастан, іс жүзінде осы параметрлер арасындағы сызықтық байланыс қолданылады, бұл жұмыс режимдерін орнатуда, әсіресе ұңғыма жабдықтарын таңдауда және оның жұмысын оңтайландыруда айтарлықтай қателіктерге әкеледі.

Ұңғымаларды $P_{оқпан}$ -дан $P_{қан}$ өзгеру шегіне қатысты топтарға бөлінді. Нәтижелер 4 кестеде келтірілген. 4 кестеден көріп отырғанымыздай, ұңғымалардың 68% $(0,2-0,65)P_{қан}$ шегінде кең ауқымда өзгеретін

қанықтыру қысымынан төмен ұңғыма түпмаңы қысымымен жұмыс істейді.

Біз қосымша нақты кәсіптік материалдарды қорытындылауымыз керек және мүмкіндігінше қанығу қысымынан төмен ұңғыма түпмаңы қысымының оңтайлы (сыни) шамасын анықтау үшін тәуелділікті қолдануды ұсынуымыз керек.

Осыған байланысты алынған нәтижелерді түсіндіру жөніндегі қорытындыға сәйкес келетін ұңғыны гидродинамикалық зерттеу (ҰГДЗ), индикаторлық диаграмма (ИД) материалдарын егжей-тегжейлі талдау және зерттеу үшін әр топтан 2 ұңғымадан 5-кестеден көрсетілген келесі 6 ұңғыма таңдалды.

Таңдалған ұңғымалар бойынша ҰГДЗ зерттеулерінің нәтижелерімен бірге 5-кестеде келтірілген кәсіпшілік деректер алынып, 6-кестеде келтірілген мәліметтерге талдау жасалды.

Сонымен қатар қарастырып отырған XIII көкжиек бойынша ұңғыманың сынамалары іріктеліп, зерттелді. 7 кестеде сынамалар қабылданбаған ұңғымаларды қоспағанда, ұңғымалардың қабаттық мұнай сынамаларын зерттеу нәтижелері келтірілген.

Нәтижелерін талдау және қорытынды

6 кестенің деректерінен 8418 ұңғымасы бойынша Рокпан 23,6 кг/см²-ге тең және теріс скин факторы – 3,39-ға тең, өнімділіктің өте төмен коэффициенті $\Theta_{жск} = 0,0033$ (м³/тәулік)/(кг/см²) көрсетіп, ал 2619 ұңғымасы бойынша Рокпан 60,3 кг/см²-ге тең (іс жүзінде

шамасына тең қанықтыру қысымы) және оң скин факторы 0,14-ке тең, өнімділіктің жеткілікті жоғары коэффициенті $\Theta_{жк} = 0,86$ ($\text{м}^3/\text{тәулік})/(\text{кгс}/\text{см}^2)$ болып анықталды. Бұл 3026 ұңғымасынан да байқалады, оның өнімділік коэффициенті $\Theta_{жк} = 0,55$ ($\text{м}^3/\text{тәулік})/(\text{кгс}/\text{см}^2)$, скин факторы 12,9-ға тең.

Бұл 8418 ұңғыма маңы аймағының жақсы сүзусыйымдылық сипаттамаларында $P_{оклан} = 23,6$ $\text{кг}/\text{см}^2$ шамасы $P_{қан}$ қатысты өте төмен көрсеткіш екені анық. Егер ХІІІ көлбеудің $P_{қан}$ орташа мәні 59,8 $\text{кг}/\text{см}^2$ тең болса, онда осы ұңғыманың түпмаңы қысымы 0,39 $P_{қан}$ болады. Бұл ұңғыма маңы аймағында бос газдың бөлінуіне әкеліп соқтырды, сол себептен ұңғыманың өнімділік коэффициентінің төмендеуіне әкелді.

01.07.2017 ж. жағдай бойынша 2015 – I жартыжылдық кезеңінде 2017 ж. 71 ұңғыма іріктеліп, зерттелді, оның ішінде 81 тереңдік сынама және 9 рекомбинацияланған сынама. 1 формула бойынша 7 кестеде келтірілген шарттармен өндіруші ұңғымалардың $P_{оклан.кр.}$ сыни кенжар қысымын анықтау есебін жүргіземіз. Есептеу нәтижелері 7 кестенің 10 және 11 бағандарында берілген. Есептеу нәтижелері бойынша 1 формула ХІІІ көлбеу бойынша орташа сыни кенжар қысымын есептеу үшін қолайлы және қолдануға ұсынылады, сонымен қатар қысым 5,2 МПа тең болғанда ұңғыманың максималды мүмкін дебиті күтіледі, бұл ұңғымадағы ең оңтайлы кенжар қысымын қанықтыру қысымынан 0,85-ке тең орнатуға сәйкес келеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кашников О.Ю., Савельев О.Ю., Сатюков Ю.А. Өндіруші ұңғымалардағы оңтайлы кенжар қысымын кәсіпшілік және аналитикалық әдістермен негіздеу. // Мұнай шаруашылығы. – М., 2012. – №2. – Б. 76-79 (орыс тілінде)
2. Qi Yin., Peilin Xu, Xiumin Chen, Li Liu, Bo Liu, Lianfeng Yan, Xiran Zhao, Zhuo Sheng, Dongqin Li, Bin Yang, Baoqiang Xu, Wenlong Jiang, Dachun Liu. Механизмі және бір сатылы вакуумдық карботермиялық тотықсыздандырғыш нитрлеу әдісімен жоғары сапалы ванадий нитридін алуды эксперименттік зерттеу. // Шаңсорғыш. – 2023. – Т. 208. – Б. 111672 (ағылшын тілінде)
3. Мищенко И.Т., Сагдиев Р.Ф. Кенжар қысымы қанығу қысымынан төмен болған кезде өндіруші ұңғыманы пайдалану режимін белгілеу. // Мұнай шаруашылығы. – М., 2003. – №4. – Б. 104-106 (орыс тілінде)
4. Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Куттыбаев А.Е., Койбакова С.Е., Бораши А.Р. Сақиналы типті гауһар бұрғылау құралдарын жасаудың ғылыми негіздері. // Мұнай және газ – Алматы, 2022. – №4(130). – Б. 58-73 (орыс тілінде)
5. Dzyubyk A., Sudakov A., Dzyubyk L., Sudakova, D. Пайдалы қазбаларды байыту кезінде көп тіректі айналмалы агрегаттардың берілген жағдайын қамтамасыз ету. // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру. – 2019. – №13(4). – Б. 91-98 (ағылшын тілінде)
6. Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Кудайкулова Г.А., Куттыбаев А.Е., Бондаренко В.А., Омирзакова Э.Ж. Қатты жыныстарды барлау бұрғылау үшін жоғары өнімді алмаз коронка жасау. // ҚР ҰҒА жаңалықтары. – Бішкек, 2022. – №2. – Б. 42-52 (орыс тілінде)
7. Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Исонкин А.М., Закенов С.Т., Бораши Б.Р. Ұңғымаларды бұрғылауға арналған алмазды биттердің заманауи конструкциялары. // Мұнай және газ. – Алматы, 2022. – №2(128). – Б. 92-102 (орыс тілінде)
8. Sudakov A., Chuduk I., Sudakova D., Dzyubyk L. Термопластикалық материалдармен сіңіру аймақтарын оқшаулаудың инновациялық технологиясы. // E3S Веб-конференция. – 2019. – Т. 123. – Б. 1-10 (ағылшын тілінде)
9. Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Исонкин А.М., Сыздықов А.Х., Ильницкая Г.Д. Алмазды бұрғылау тәждерін жетілдірудің негізгі бағыттары. // Мұнай және газ. – Алматы, 2021. – №5(125). – Б. 46-59 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Kashnikov O.Yu., Savel'ev O.Yu. Satyukov Yu.A. Obosnovanie optimal'nogo zaboynogo davleniya v dobyvayushhix skvazhinax promyslovymi i analiticheskimi metodami [Justification of optimal downhole pressure in producing wells by field and analytical methods]. // Neftyanoe khozyajstvo = Oil industry. – 2012. – №2. – P. 76-79 (in Russian)
2. Qi Yin., Peilin Xu, Xiumin Chen, Li Liu, Bo Liu, Lianfeng Yan, Xiran Zhao, Zhuo Sheng, Dongqin Li, Bin Yang, Baoqiang Xu, Wenlong Jiang, Dachun Liu. Mechanism and experimental study on preparation of high-quality vanadium nitride by one-step vacuum carbothermal reduction nitridation method. // Vacuum. – 2023. – Vol. 208. – P. 111672 (in English)

3. Mishchenko I.T., Sagdiev R.F. *Ustanovlenie rezhima e'kspluatacii dobyvayushhej skvazhiny pri zabojnom davlenii nizhe davleniya насыshheniya [Establishing the operating mode of a producing well at bottom-hole pressure below saturation pressure]. // Neftyanoe hozyajstvo = Oil industry. – M., 2003. – №4. – P. 104-106 (in Russian)*
4. Ratov B.T., Fedorov B.V., Kuttybaev A.E., Kojbakova S.E., Borash A.R. *Nauchnye osnovy sozdaniyaalmaznyx burovyx instrumentov kol'cevogo tipa [Scientific bases of creation of diamond drilling tools of ring type]. // Neft' i Gaz = Oil and Gas. – Almaty, 2022. – №4(130). – P. 58-73 (in Russian)*
5. Dzyubyk A., Sudakov A., Dzyubyk L., Sudakova D. *Provision of a given position of multi-support rotating units during mineral processing // Development of mineral deposits. – 2019. – №13(4). – P. 91-98 (in English)*
6. Ratov B.T., Fedorov B.V., Kudajkulova G.A., Kuttybaev A.E., Bondarenko V.A., Omirzakova E.Zh. *Sozдание vysokoproizvoditel'nyxalmaznyx koronok dlya razvedochnogo bureniya tverdyyx gornyyx porod [Creation of high-performance diamond crowns for exploratory drilling of solid rocks]. // Izvestiya NAN KR = News of NAS KR. – Bishkek, 2022. – №2. – P. 42-52 (in Russian)*
7. Ratov B.T., Fedorov B.V., Isonkin A.M., Zakenov S.T., Borash B.R. *Sovremennyye konstrukciialmaznyx koronok dlya bureniya skvazhin [Modern designs of diamond crowns for drilling wells]. // Neft' i Gaz = Oil and Gas. – Almaty, 2022. – №2(128). – P. 92-102 (in Russian)*
8. Sudakov A, Chudyk I., Sudakova D., Dziubyk L. *Innovative technology of isolation of absorption zones by thermoplastic materials. // Web conference E3S. – 2019. – Vol. 123. – P. 1-10 (in English)*
9. Ratov B. T., Fedorov B.V., Isonkin A.M., Syzdykov A.H. Il'nickaya G.D. *Osnovnyenapravleniya sovershenstvovaniyaalmaznyx burovyx koronok [The main directions of improvement of diamond drill bits]. // Neft' i Gaz = Oil and Gas. – Almaty, 2021. – №5 (125). – P. 46-59 (in Russian)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кашников О.Ю., Савельев О.Ю., Сатюков Ю.А. *Обоснование оптимального забойного давления в добывающих скважинах промысловыми и аналитическими методами. // Нефтяное хозяйство. – М., 2012. – №2. – С. 76-79 (на русском языке)*
2. Qi Yin, Peilin Xu, Xiumin Chen, Li Liu, Bo Liu, Lianfeng Yan, Xiran Zhao, Zhuo Sheng, Dongqin Li, Bin Yang, Baoqiang Xu, Wenlong Jiang, Dachun Liu. *Механизм и экспериментальное исследование получения высококачественного нитрида ванадия методом одностадийного вакуумного карботермического восстановительного нитрирования. // Вакуум. – 2023. – Т. 208. – С. 111672 (на английском языке)*
3. Мищенко И.Т., Сагдиев Р.Ф. *Установление режима эксплуатации добывающей скважины при забойном давлении ниже давления насыщения // Нефтяное хозяйство. – М., 2003. – №4. – С. 104-106 (на русском языке)*
4. Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Куттыбаев А.Е., Койбакова С.Е., Бораш А.Р. *Научные основы создания алмазных буровых инструментов кольцевого типа. // Нефть и газ. – Алматы, 2022. – №4(130). – С. 58-73 (на русском языке)*
5. Dzyubyk A., Sudakov A., Dzyubyk L., Sudakova D. *Обеспечение заданного положения многоопорных вращающихся агрегатов при обогащении полезных ископаемых. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2019. – 13(4). – С. 91-98 (на английском языке)*
6. Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Кудайкулова Г.А., Куттыбаев А.Е., Бондаренко В.А., Омирзакова Э.Ж. *Создание высокопроизводительных алмазных коронок для разведочного бурения твердых горных пород. // Известия НАН КР. – Бишкек, 2022. – №2. – С. 42-52 (на русском языке)*
7. Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Исонкин А.М., Закенов С.Т., Бораш Б.Р. *Современные конструкции алмазных коронок для бурения скважин. // Нефть и газ. – Алматы, 2022. – №2(128). – С. 92-102 (на русском языке)*
8. Sudakov A, Chudyk I., Sudakova D., Dziubyk L. *Иновационная технология изоляции зон поглощения термопластичными материалами. // Веб-конференция E3S. – 2019. – Т. 123. – С. 1-10 (на английском языке)*
9. Ратов Б. Т., Федоров Б.В., Исонкин А.М., Сыздыков А.Х. Ильницкая Г.Д. *Основные направления совершенствования алмазных буровых коронок. // Нефть и газ. – Алматы, 2021. – №5(125). – С. 46-59 (на русском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:

Закенов С.Т., техника ғылымдарының докторы, Yesenov University, «Мұнай-газ инжинирингі» кафедрасының профессоры (Ақтау қ., Қазақстан), senbek@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1225-3203>

Нуршаханова Л.К., техника ғылымдарының кандидаты, Yesenov University, «Мұнай-газ инжинирингі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Ақтау қ., Қазақстан), aitore2010@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8745-9874>

Ратов Б.Т., техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты, «Геофизика» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан), ratov69@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4707-3322>

Жәңгірханова А.А., инженер, Satbayev University, Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты, «Геофизика» кафедрасының магистранты (Алматы қ., Қазақстан), zhangirxanova@list.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9999-1243>

Information about the authors:

Zakenov S.T., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Oil and Gas Business and Geology» of the Yesenov University (Aktau, Kazakhstan)

Nurshakhanova L.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department «Oil and Gas Engineering» of the Yesenov University (Aktau, Kazakhstan)

Ratov B.T., Doctor of Technical Sciences, Head at the Department of Geophysics of the Institute of Geology and Oil and Gas Business named after K.Turysov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Zhangirxanova A.A., Engineer, Master's Student at the Department of Geophysics of the Institute of Geology and Oil and Gas Business named after K.Turysov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Закенов С.Т., д-р техн. наук, профессор кафедры «Нефтегазовое дело и геология» Yesenov University (г. Ақтау, Казахстан)

Нуршаханова Л.К., канд. техн. наук, ассоциированный профессор кафедры «Нефтегазовый инжиниринг» Yesenov University (г. Ақтау, Казахстан)

Ратов Б.Т., д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Геофизика» Института геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова Satbayev University (г. Алматы, Қазақстан)

Жәңгірханова А.А., инженер, магистрант кафедры «Геофизика» Института геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова Satbayev University (г. Алматы, Қазақстан)

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С УЧАСТИЕМ ИНОСТРАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ»

13-16 июня
Горный институт КНЦ РАН, Апатиты

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Цифровые технологии и компьютерное моделирование объектов и процессов горного производства для решения задач рациональной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых
- Цифровые технологии в геомеханическом обеспечении горных работ
- Цифровые технологии для решения задач повышения полноты и комплексности извлечения полезных ископаемых из рудного и техногенного минерального сырья
- Цифровые технологии и компьютерное моделирование в решении экономических и экологических проблем горной отрасли

Заявки на участие принимаются по электронной почте conf2023@ksc.ru

Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, 184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д.24
Телефоны: (81555) 79567, (81555) 79268, факс: (81555) 74625





УФА | Республика
Башкортостан

31-я международная выставка-форум

ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ

23–26 мая 2023

📍 ВДНХ ЭКСПО

ОРГАНИЗАТОРЫ



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
ЭНЕРГЕТИКИ И ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

ТРАДИЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ РФ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

СОДЕЙСТВИЕ



СОЮЗ
НЕФТЕГАЗОПРОМЫШЛЕННИКОВ
РОССИИ



СОЮЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ



АССОЦИАЦИЯ
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И НЕФТЕХИМИКОВ



Национальная Ассоциация
Сжиженного природного газа



АССОЦИАЦИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ОБОРУДОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИИ
ГАЗОВОЙ
ОТРАСЛИ



ЭНЕРГОИННОВАЦИЯ
АССОЦИАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ



www.gntexpo.ru

+7 (347) 246-41-77 gasoil@bvkeexpo.ru

📍 [gazneftufa](#) [gntexpo2022](#)

Код МРНТИ 52.13.23

*A.G. Akpanbayeva, T.K. Isabek

Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

RECOMMENDATIONS FOR SUPPORTS OF MINE WORKINGS IN UNDERGROUND MINING

Abstract. The exploration of mine workings and analysis of the underground mining documentation have been resulted that the maximal volume of inrush was observed during the roadway driving along the strike with impact angle of $\Delta = 0^\circ$, and the minimal volume of inrush was found during the crosscutting with impact angle of $\Delta = \pm 90^\circ$. By reason of the insufficient efficiency of the applied shotcrete supports, the rock inrush in the working area could lead to the high risks of injury to the miners in the breakage and drifting faces, the detachment of rock slabs from the side walls or roof of the workings during the gadding, support and loading. In order to reduce the high risks, the pilot tests of MasterRoc STS 1510 shotcrete mix have been performed. The results have demonstrated that this mix is suitable and recommended to use in the mining as an independent support and as part of the anchor structure and metal mesh.

Key words: underground development, occurrence, tectonic disturbance, inrush, strength, support, tests, mining and geological conditions, shotcrete, mix, anchoring, setting.

Жер асты кенін өндіру мысалында бұрғыруларды бекіту бойынша ұсыныстар

Аңдатпа. Тау-кен қазбаларының жай-күйін зерттеу және жер асты кенішінің құжаттамасын талдау нәтижелері бойынша $\Delta = 0^\circ$ кездесу бұрышы бар тау жыныстарының соғуы бойымен дрейфтерді жүргізу кезінде құлаудың ең үлкен көлемі байқалатыны анықталды; құлаудың ең аз көлемі – кездесу бұрышы $\Delta = \pm 90^\circ$ болатын орттарды бату кезінде. Қолданылатын құйма-бетонды бекітудің жеткіліксіз тиімділігіне байланысты түптік кеңістіктегі тау-кен массасының құлауы жоғары тәуекелдерге әкеледі: кеншілерді тоқтау және батып бара жатқан беткейлердің жаракаттануы, төбедегі тау массасының бөліктерінің қабыршақтануы, санылауларды бұрғылау, бекіту және тиеу кезінде шахтаның бүйірлері. Жоғары тәуекелдерді азайту мақсатында MasterRoc STS 1510 бүріккіш бетон қоспасының тәжірибелік сынақтары жүргізілді. Нәтижелер қоспаның шахта жағдайында тәуелсіз төсем ретінде де, жорь төсемінің және металл тордың бөлігі ретінде де қолдануға жарамды және ұсынылғанын көрсетті.

Түйінді сөздер: жер асты қазбалары, кен орны, тектоникалық бұзылулар, құлау, беріктік, бекіту, сынау, тау-кен-геологиялық жағдайлар, бүріккіш бетон, қоспа, адгезия, қату.

Рекомендации по креплению горных выработок на примере подземного рудника

Аннотация. По результатам обследования состояния горных выработок и анализа документации подземного рудника установлено, что наибольший объем вывалов наблюдается при проходке штреков по простиранию пород с углом встречи $\Delta = 0^\circ$; наименьший объем вывалов – при проходке ортов с углом встречи $\Delta = \pm 90^\circ$. Вывалы горной массы в призабойном пространстве вследствие недостаточной эффективности применяемого торкрет-бетонного крепления приводят к возникновению высоких рисков: травмированию горнорабочих очистного и проходческого забоев, отслаиванию кусков горной массы с кровли и бортов выработки при бурении шпуров, креплении и зарядании. С целью снижения высоких рисков проведены опытно-промышленные испытания торкрет смеси MasterRoc STS 1510. Результаты показали, что смесь пригодна и рекомендована для применения в условиях рудника как в качестве самостоятельной крепи, так и в составе анкерной крепи и металлической сетки.

Ключевые слова: подземная разработка, месторождение, тектонические нарушения, вывал, прочность, крепление, испытания, горно-геологические условия, торкрет-бетон, смесь, сцепление, схватывание.

Introduction

The Abyz occurrence is located in the Central Kazakhstan fault zone. Therefore, its rocks had the significant processes of the dynamic metamorphism (foliation, grinding, mylonitization) and the intense hydrothermal-metasomatic changes. These changes have been referred to the tectonic regional formations with the propylitic, propylite-beresite and beresite statistically stable associations. The sequence of hydrothermal and metasomatic formations has been directed from propylites (chlorites) to bresites (sericites). The hydrothermally processed metasomatites are unstable, and they can lose strength during flooding¹. The peculiarity of this occurrence is an ore zone with some lens of ore bodies and zones of the disseminated mineralization, and frequent alternation of rocks in the ore zone differing in strength, soaking and strength.

The underground developments of this occurrence are made with a sublevel caving system at a sub-level of 540 m under the sides and bottom of the waste mine which has been flooded with water for some time. Results of exploration of mine workings and analysis of documentation have been found as follows:

1. The tectonic disturbance, fractures and rock contacts have a steep rock-fall and strike relevant to the strike of ore bodies.

2. The enclosing rocks outside the ore zone are strong, very strong and less fractured. Thus, their competence category can be estimated in the range from the above-average to stable constant.

3. The ore zone has the individual ore bodies (lens) and a frequent alternativeness of various types of hydrothermally altered rocks which differing in strength and competence.

4. The mine workings passed in the cross strike of ore bodies (roadways) are estimated as stable in the strong rocks, and as medium stable in the weak rocks.

5. The roof and sides of the mine workings passed in the cross strike of ore bodies (roadways) with the contour blasting operation are caved by systems of steeply dipping fissures. In some places, inrushes are observed between anchors and with bare anchors. Their length is about 0.7-1.0 m.

6. The development working and break-off conducted within the near-ore zone can lose the competence during the direction of the mine workings along strike of rocks².

7. The maximal volume of inrush is observed during the roadway driving along the strike with impact angle of $\Delta = 0^\circ$, and the minimal volume of inrush is found during the crosscutting with impact angle of $\Delta = \pm 90^\circ$ (Figure 1).

8. The applied anchor Monomatic cannot install a support with the admissible installation angle of the support (Figure 2). Measurement of the overall length of

¹Instructions for the selection and use of lining at the Abyz field. – Karaganda: Kazakhmys Corporation LLP, 2021 (in Russian)

²The practical guide for mining engineer. – Karaganda: Kazakhmys Corporation LLP, 2019. – 365 p. (in Russian)

Table 1
The technical characteristics of MasterRoc STS 1510

Кестме 1
Техникалық сипаттамалар MasterRoc STS 1510

Таблица 1
Технические характеристики MasterRoc STS 1510

Form	Powder (dry mix)
Color	Gray
Density	1700 kg/m ³ in dry condition
Maximum particle size	After spraying of 2200-2400 kg/m ³
Maximum particle size	Up to 3 mm
Tensile strength after 1 hour	At least 2 MPa
Tensile strength after 6 hours	At least 3.5 MPa
Tensile strength after 24 hours	At least 15 MPa
Tensile strength after 28 days	More than 35 MPa

the beam of the Monomatic №71 drilling machine is 5.40 m. The drilling of a roof support of the actual length of the beam is 4.30 m. The design height of the mine workings is 4.20 m, and width is 3.8 m. To construct the design height of the mine workings and the length of the drilling machine boom³, the maximum anchoring angle is 700.

9. The mine workings have the areas with the difficult mining and geological conditions.

10. The low efficiency of the shotcrete support used at the Abyz mine leads to the safety problems. Therefore, rock inrush in the working area can have the high risks of injury to miners in the breakage and drifting faces, the detachment of rock slabs from roof or the side walls of the workings during the gadding, support and loading.

Thus, in order to reduce the high risks, the mine tests of MasterRoc STS 1510 shotcrete mix have been performed. The pilot tests have been done in compliance with the current wet shotcrete process.

The test objective was to detect the probability and practicability to apply MasterRoc STS 1510 shotcrete mix in order to accelerate the shotcrete support process of the mine workings at the Abyz mine of Kazakhmys Corporation LLP.

In order to introduce the advanced technological solutions in the mining operations at the Kazakhmys Corporation LLP, the pilot tests of the shotcrete mix using the AC-1 rotating machine (Tornado Torcrete LLC) have been conducted at the Abyz underground mine. These tests have been performed in the airway of the transport slope (horizon of +490).

The basic three objectives have been applied as part of the exploration:

- 1) the rebound value should be measured;
- 2) the average thickness of the sprayed shotcrete layer during one drift should be defined;
- 3) the maximum layer thickness should be determined [1].

Research methods

Literary sources have been reviewed. The scientific

and technical documentation on shotcrete supports of the mine workings have been studied. Pilot tests have been made at the Abyz mine. Research results with their critical estimation to substantiate the further development and improvement of the studied object have been analyzed and generalized. The basic applied technical characteristics of the materials have been studied and described⁴ [2, 3].

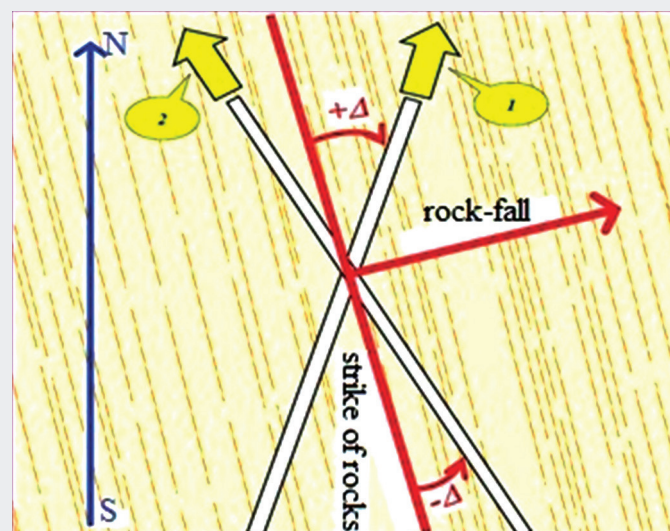
The mine tests of the MasterRoc STS 1510 shotcrete mix in compliance with the current dry shotcrete process using the AC-1 rotating machine (Tornado Torcrete LLC) have been performed.

The basic technical characteristics of the used materials have been studied and described.

MasterRoc STS 1510 is a ready-to-use, cement-based dry mix modified with a dry setting accelerator and microsilica powder. This mix has been developed for the dry concrete spraying of the mine workings. During the concrete spraying this dry mix can give the previous strength forces, the less rebound of particles and the thickest possible layers of the spraying (Table 1).

Results and discussion

All stages of these tests have been performed on the AC-1 shotcrete machine (Figure 3). The shotcrete mix has been sprayed with using the current dry shotcrete process. All rules of shotcrete spraying, i.e. washing



1 – with a positive impact angle;
2 – with a negative impact angle.

Figure 1. Scheme to determine an impact angle Δ between the strike of steep rock-fall and direction of roadway driving.

Сурет 1. Тіке батқан тау жыныстары қабаттарының соғуы мен жылжу бағыты арасындағы түйісу бұрышы Δ тұрғысынан анықтау схемасы.

Рис. 1. Схема для определения в плане угла встречи Δ между простираемостью толщи крутопадающих пород и направлением проходки штрека.

³Recommendations for fixing mine workings at the Abyz mine. – Karaganda: Kazakhmys Corporation LLP, 2019. (in Russian)

⁴Alejano R., Perucho Au., Olalla C., Jiménez R. Rock engineering and rock mechanics: structures in and on rock masses. – CRC Press, 2014. – 372 p. (in English)

of the surface before spraying, keeping of the nozzle angle of 90 degrees relative to the mine workings, distance of the nozzle of 1-1.5 m to surface of the side or roof of the mine workings have been kept.

During these tests, 12 m² of mine workings have been shotcreted along the sides. Thickness of spraying was 50-120 mm. In the area of beacons, the thickness of spraying was 300 mm depending on the mine working relief.

The roof has not been shotcreted by reason of the air supply interruptions (compressor shutdown at Abyz mine). During the concrete spraying the rebound was no more than 10%. 42 Packages of 25 kg have been loaded.

Thus, the results of tests have been found as follows:

- MasterRoc STS 1510 shotcrete mix had the good glutiness, adhesion to rocks, high setting rate and strength in the first hours of curing. Its composition has been laid without the falling or slumping of the applied layers;
- adhesion and setting time of the mix could create the shotcrete with a thickness of 50 to 300 mm in the places of beacons on sides and roof of the mine workings for one cycle;
- during the exploration of mine workings the rebound loss of material after spraying has amounted no more than 10% (Table 2).

The main factors affect quality, cost and labor capacity as follows:

- there is no need to prepare the mix, i.e. it takes up a considerable amount of the working time;
- there is no need for double and triple passage of the same mine workings, i.e. to achieve the design thickness during one drift;
- the loading rates of the receiving bunker of the shotcrete machine and the continuous, non-stop operation.

Also important factor is that the manufacturer of this mix gives a guarantee for the technical requirements of the finished mix and its further operation in compliance with permissible standards.

The practice has noted that the spraying of shotcrete mix without additives and modifiers in the composition of concrete is able to apply a layer of not more than 10-30 mm in one drift with a rebound of 50-70%. Thickness of a sprayed layer, capacity and the amount of rebound are the main indicators to calculate the economic evaluation for using of a particular method of shotcreting in the mine. Thus, it significantly affects the cost of shotcrete operations^{5, 6}.

Conclusion

Based on the obtained results, MasterRoc STS 1510 mix is suitable and recommended to apply at the Abyz mine of Kazakhmys Corporation LLC as an independent support and as part of the anchor structure and metal mesh.

It is recommended to examine the probability to purchase one carload (64 tons) of MasterRoc STS 1510 mix and the AC-2 shotcrete rotating machine in order to continue the spraying of this mix with the technical support of Optimus kz LLP for the partial introduction of the dry shotcrete process in the production cycles of

the mine. Thus, it should significantly increase labor capacity and improve the quality characteristics of the applied concrete. As a result, the cost of the work in progress should be reduced.

Material of MasterRoc STS 1510 can have the early setting (2-3 min) and strength of shotcrete (after 60 min – more 2.0 MPa). Thus, the design thickness of shotcrete mix of 50-120 mm or more for one spraying can be used.

The shotcrete layer with a thickness of 3-5 cm has the role to protect the mined rocks from breaking due to weathering process and access of water and oxygen, and its secondary role is a support in view of thickness of a layer of shotcrete. Therefore, the rock pressure can exceed

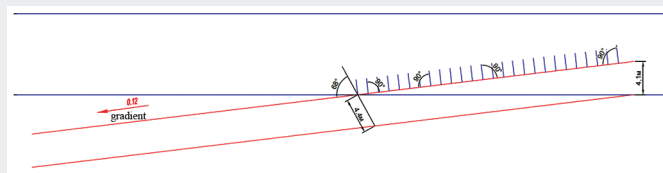


Figure 2. Installation angle of Monomatic drilling machine.

Сурет 2. Мономатты бұрғылау жабдығын орнату бұрышы.

Рис. 2. Угол установки бурового оборудования Мономатик.

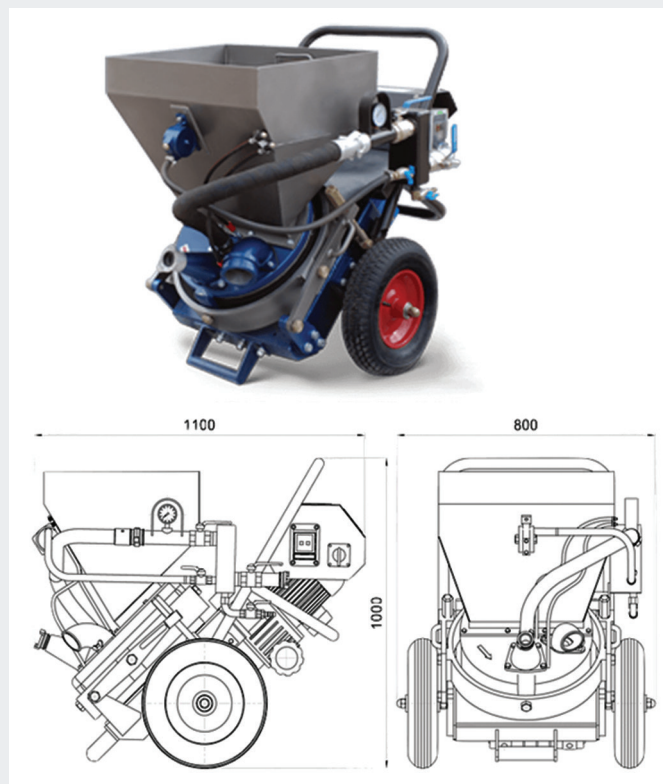


Figure 3. AC-1 shotcrete machine.

Сурет 3. АС-1 штепельдік бетонды орнату.

Рис. 3. Торкрет установка АС-1.

⁵Amanzholov E.A. Mounting of mine workings. / Presentation on the course of training of mountain masters. – 2016 (in Russian)

⁶ACT of test testing of the finished dry shotcrete mix MasterRoc STS 1510 manufactured by Master Builders Solutiond Central Asia LLP (BASF Central Asia) and shotcrete plant AS-1 manufactured by Tornado Shotcrete LLC. – 2021 (in Russian)

Table 2

Test results

Кесте 2

Тест нәтижелері алынды

Таблица 2

Полученные результаты испытаний

Material	Setting time of mix, min	Thickness per one spraying	Rebound losses, %	Strength, MPa
Concrete sprayed with the wet shotcrete process without MasterRoc STS 1510 additives	>180 min	5-10 mm	More 50%	After 24 hours – up to 5 MPa
MasterRoc STS 1510	Up to 10 min	50-120 mm and more	No more than 10%	After 24 hours – up to 15 MPa

the tensile strength of sprayed concrete for bending and compression, i.e. it directly depends on thickness of the layer and armoring. As a result, it is recommended to apply the anchor-mesh-sprayed concrete system of the reinforced-combined supports.

MasterRoc STS 1510 is recommended to apply in the difficult mining and geological conditions. Also it can be used in conditions of water drip and thus, the drainage boreholes, troughs and other methods of water flow control should be applied.

As a result, in order to prevent detachment of rocks from the sides, the roof and sides of the mine workings should be anchored during the driving of the field roadways along the strike of the ore zone in all types of rocks.

In order drive the mine workings in the difficult mining and geological conditions, the changes should, if necessary, be made in passports of supports by the geological and geotechnical service and should be approved by a chief engineer of the mine.

In the future, the geological and technical departments of the mine should examine the geology of the site in plan to design the mine workings. The changes should be added to the local projects in terms of direction of the mine workings during the crossing of faults and contacts.

It is recommended to add the Sandvik DS211L-M rock bolter machine to the investment plan for the quality anchoring of the mine workings. Now, the drilling equipment at the mine does not properly install the anchors⁷.

Before purchasing of the Sandvik DS211L-M rock bolter machine, the design parameters of the mine workings should be reviewed to ensure the quality anchoring with the Monomatic drilling machine.

In order to prevent shifts on contour of solid mass and sudden inrushes, the mine supports should not lag behind in conformity with requirements of the «Instructions to select and use of supports at the Abyz mine». The high-quality ventilation of the mine workings should be constantly established.

⁷Yun A.B. Development and substantiation of the parameters of the mining and technical system for the integrated development of the Zhezkazgan deposit in the conditions of replenishment of the retiring capacities of mines. / Dissertation for the degree of PhD. – M.: NUST «MISiS». – 2016 (in Russian)

REFERENCES

1. Mustafin M.G. Mexanizm vozniknoveniya gornyx udarov s razrusheniem pochvy vyrabotok. [The mechanism of occurrence of rock bursts with the destruction of the soil workings]. // Zapiski Gornogo instituta = Notes of the Mining Institute. – 2016. – Vol. 217. – P. 41-49 (in Russian)
2. Barton N. Shear strength criteria for rock, rock joints, rockfill and rock masses: Problems and some solutions. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2013. – Vol. 5(4). –P. 249-261 (in English)
3. Bidgoli Majid Noorian, Zhihong Zhao, Lanru Jing. Numerical evaluation of strength and deformability of fractured rocks. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2013. Volume 5(6). –P. 419-430 (in English).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мұстафин М.Ғ. Тау жыныстарының пайда болу механизмі топырақ қабаттарының бұзылуымен бірге жүреді. // Тау-кен институтының жазбалары. – 2016. – Т. 217. – Б. 41-49 (орыс тілінде)
2. Barton N. Тау жыныстары, тау жыныстары, тау жыныстары және жыныс массалары үшін ығысу беріктігі критерийлері: мәселелер және кейбір шешімдер. // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. – 2013. – Т. 5(4). – Б. 249-261 (ағылшын тілінде)

3. Bidgoli Majid Noorian, Zhihong Zhao, Lanru Jing. Жарылған жыныстардың беріктігі мен деформацияланғыштығын сандық бағалау. // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. – 2013. – Т. 5(6). – С. 419-430 (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мустафин, М.Г. Механизм возникновения горных ударов с разрушением почвы выработок. // Записки Горного института. – 2016. – Т. 217. – С. 41-49 (на русском языке)
2. Barton N. Критерии прочности на сдвиг для горных пород, швов горных пород, каменной наброски и горных массивов: проблемы и некоторые решения. // Журнал горной механики и геотехнической инженерии. – 2013. – Т. 5(4). – С. 249-261 (на английском языке)
3. Bidgoli Majid Noorian, Zhihong Zhao, Lanru Jing. Численная оценка прочности и деформируемости трещиноватых горных пород. // Журнал горной механики и геотехнической инженерии. – 2013. – Т. 5(6). – С. 419-430 (на английском языке)

Information about the authors:

Akpanbayeva A.G., PhD Student at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), 777a88@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5848-8115>

Isabek T.K., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), tyiak@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7718-933X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ақпанбаева Ә.Г., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)
Исабек Т.К., техника ғылымдарының докторы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Ақпанбаева А.Г., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Исабек Т.К., д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

The article was prepared on the basis of pilot tests carried out by the commission of the Abyz underground mine of «Kazakhmys Corporation» LLP and specialists of «Optimus kz» LLP.

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С УЧАСТИЕМ ИНОСТРАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ»

13-16 июня
Горный институт КНЦ РАН, Апатиты

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Цифровые технологии и компьютерное моделирование объектов и процессов горного производства для решения задач рациональной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых
- Цифровые технологии в геомеханическом обеспечении горных работ
- Цифровые технологии для решения задач повышения полноты и комплексности извлечения полезных ископаемых из рудного и техногенного минерального сырья
- Цифровые технологии и компьютерное моделирование в решении экономических и экологических проблем горной отрасли

Заявки на участие принимаются по электронной почте conf2023@ksc.ru

Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, 184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д.24
Телефоны: (81555) 79567, (81555) 79268, факс: (81555) 74625



Код МРНТИ 52.45.23

*K.S. Turebekova¹, G.L. Katkeeva², R.B. Sultangaziev¹, I.M. Oskembekov²¹Non-profit Joint Stock Company Karaganda Technical University after named Abylkas Saginov (Karaganda, Kazakhstan),²Chemical-metallurgical institute after named Zh. Abishev (Karaganda, Kazakhstan)

STUDY ON EFFECT OF SINTERING CONDITIONS ON EXPLORATION OF BARITE RAW MATERIALS

Abstract. The object of works has been the barite-bearing technogenic wastes. These wastes have been not recycled yet. A promising solution to the issue is to explore the raw materials with the chemical methods, in particular, by a method of ammonium fluorosulfate desilicization. The partial dependences of the raw material exploration on temperature, sintering time and consumption of the exploring reagents have been obtained. Based on the partial dependences, a mathematical model of the sintering as a generalized multifactor equation has been created. This equation has determined the optimal conditions to explore the barite raw materials. A scheme of ammonium fluorosulfate exploration of the barite raw materials has been developed.

Key words: technogenic wastes, final tailings, concentration, leaching, desilicization, barite raw materials, exploration of raw materials, silicon-bearing minerals, barite-polymetallic ore, sintering.

Барит шикізатының ашылуына бірігу жағдайларының әсерін зерттеу

Андатпа. Жұмыс объектісі – Қарағайлы кен байыту фабрикасының құрамында барит бар техногендік қалдықтар. Минералогиялық құрамы күрделі болғандықтан құрамында барит бар қалдықтарды өңдеу мәселесі күрделі болып табылады. Мәселені шешудің перспективалы жолы – шикізатты химиялық әдістермен ашу. Ашудың математикалық моделін құру және процестің оңтайлы шарттарын анықтау мақсатында фторидпен және аммоний сульфатымен біріктіру арқылы барит шикізатын ашу бойынша зерттеулер жүргізілді. Шикізатты ашудың температураға, біріктіру уақытына және ашу реагенттерінің шығынына ерекше тәуелділіктері алынған. Жартылай тәуелділіктер негізінде жалпыланған көпфакторлы теңдеу түріндегі біріктіру процесінің математикалық моделі алынды, оған сәйкес барит шикізатын ашудың оңтайлы шарттары анықталды. Барит шикізатын фторсульфат аммонийді ашу схемасы әзірленді.

Түйінді сөздер: техногендік қалдықтар, үйінділік қалдықтар, байыту, сілтісіздендіру, кремнийсіздендіру, бариттік шикізат, шикізатты ашу, кремнийлі минералдар, барит-полиметалл кені, біріктіру.

Исследование влияния условий спекания на вскрытие баритового сырья

Аннотация. Объектом работ являются баритсодержащие техногенные отходы Карагайлинской обогатительной фабрики. Проблема переработки баритсодержащих отходов состоит в сложном минералогическом составе. Перспективным решением проблемы является вскрытие сырья химическими методами. Проведены исследования вскрытия баритового сырья спеканием с фторидом и сульфатом аммония с целью построения математической модели вскрытия и определения оптимальных условий проведения процесса. Получены частные зависимости вскрытия сырья от температуры, времени спекания и расхода вскрывающих реагентов. На основании частных зависимостей получена математическая модель процесса спекания в виде обобщенного многофакторного уравнения, по которому определены оптимальные условия вскрытия баритового сырья. Разработана схема фторо-сульфато-аммонийного вскрытия баритового сырья.

Ключевые слова: техногенные отходы, отвальные хвосты, обогащение, выщелачивание, обескремнивание, баритовое сырье, вскрытие сырья, кремнийсодержащие минералы, барито-полиметаллическая руда, спекание.

Introduction

The object of works has been the barite-bearing technogenic wastes. The wastes include the final tailings of the Karagaily mining and processing plant. They are stored in the tailing dumps, and they have been formed during the flotation concentration of the barite-polymetallic ores of the Karagaily deposit [1, 2]. These tailing dumps occupy a huge territory. Thus, the dumps are pollution sources of soil, air and water by the heavy metals and barite dust. These wastes have been not recycled yet, i.e. there is no effective technology that would allow the cost-effective production of the quality commercial products. The issue with the barite-bearing waste recycling is its complex mineralogical composition. Thus, it leads to the inefficiency of the traditional recycling methods such as the acid leaching and flotation. In order to solve these issues on this raw material recycling, some methods should be found to explore the ore mineral aggregates with the silicon-bearing gangue minerals [3, 4].

The recycling wastes of the barite-polymetallic ores from the Karagaily deposit have a great economic potential. Their composition includes $BaSO_4$ up to 40%; Cu – 0.4%; Zn – 0.8% and Pb – 0.6%. Thus, these wastes can be classified as the industrial polymetallic barite raw materials.

Their advantage over the mineral raw materials is that they do not require the expenditures connected with extraction from the subsurface resources and grinding. The waste reserves are significant. There are up to two tens of millions of tons.

The problem of processing this type of raw materials is the disclosure of clusters of ore minerals with silicon-containing minerals in the waste rock.

The issue on this raw material recycling is to explore the ore mineral aggregates with the silicon-bearing gangue minerals. An innovative solution [5-7] to the issue is to explore the raw materials with using the chemical methods, namely, by a method of ammonium fluorosulfate desilicization.

Studies to explore barite raw materials by sintering with ammonium fluorosulfate have been made to create a mathematical model of exploration and to define the optimal conditions for this process.

Research methods

The studies have been performed with using the probabilistic and deterministic method of an experiment planning^{1, 2}. The experiments have included the barite raw materials, composition in wt. %: SiO_2 – 40.9; $BaSO_4$ – 32.6; Al_2O_3 – 5.3; Fe – 4.6; S – 6.8; Zn – 0.6; Pb – 0.5 and Cu – 0.2.

¹Malyshev V.P. Probabilistic-deterministic planning of experiment. – Alma-Ata: Science, 1981. – 116 p. (in Russian)

²Malyshev V.P. Mathematical planning of metallurgical and chemical experiment. – Alma-Ata: Science, 1977. – 37 p. (in Russian)

Table 1
Effect of sintering factors on exploration of barite raw materials

Кесте 1
Барит шикізатын ашуға біріктіру факторларының әсері

Таблица 1
Влияние факторов спекания на вскрытие баритового сырья

Experiment No.	T, °C	τ, min	C _c , %	C _f , %	Exploration of materials, α, %
1	350	30	50	50	55.2
2	350	90	100	100	91.69
3	350	60	75	75	75.9
4	350	180	150	150	99.32
5	350	120	125	125	97.99
6	400	30	100	75	80.07
7	400	30	75	150	99.85
8	400	60	150	125	98.40
9	400	180	125	50	67.05
10	400	120	50	100	96.38
11	375	30	75	125	96.38
12	375	90	150	50	65.85
13	375	60	125	100	89.08
14	375	180	50	75	83.03
15	375	120	100	150	98.48
16	450	30	150	100	92.12
17	450	90	125	75	88.10
18	450	60	50	150	99.74
19	450	180	100	125	99.38
20	450	120	75	50	66.38
21	425	30	125	150	99.26
22	425	90	50	125	99.08
23	425	60	100	50	63.59
24	425	180	75	100	96.64
25	425	120	150	75	84.57
Overall average					87.34

The effect of four factors on the exploration of the raw materials has been studied such as the sintering temperature T , sintering time τ , consumption of ammonium sulfate relative to stoichiometry of reaction with aluminum oxide C_c and consumption of ammonium bifluoride relative to stoichiometry of reaction with silicon oxide C_f .

The sintering of the barite raw materials with ammonium fluorosulfate has been studied with the method described in [8]. The exploration of materials has been estimated with the degree of desiliconization of raw materials. Results of the experiments are demonstrated in Table 1.

Exploration of the barite raw materials relative to the degree of desiliconization has been used as a function of this study. Thus the experimental data on levels of factors

under Table 1 have been selected. As a result, the average experimental values of the functions have been found. The experimental values of the partial functions and their average values are presented in Table 2.

Based on data in Table 2, the dot diagrams of the partial dependences to explore raw materials on the studied factors have been plotted. They are illustrated in Figure 1.

Referring to the point data, the approximating functions have been selected to describe the dependences of exploration of raw materials on the sintering factors under study:

$$\alpha_1 = -6.36 \times 10^{-4} \times T^2 + 0.558T - 33.30. \quad (1)$$

$$\alpha_2 = -3.38 \times 10^{-4} \times \tau^2 + 0.103\tau + 81.42. \quad (2)$$

$$\alpha_3 = 8.65 \times 10^{-5} \times C_c^2 - 0.003C_c + 86.60. \quad (3)$$

$$\alpha_4 = -4.7 \times 10^{-3} \times C_f^2 + 1.287C_f + 11.34. \quad (4)$$

By equations (1-4), values of the partial functions and their average values have been calculated. Results on calculation are demonstrated in Table 3. The insignificant deviation in the average calculated values of functions from an overall experimental average has proved the close correspondence of equations to the dot diagrams.

By equation (5), a coefficient of the nonlinear multivariable correlation has been determined. Thus, by equation 6, the signification of the obtained partial dependencies has been calculated. Results are presented in Table 4.

$$R = \{1 - [(N-1)\Sigma_1^N \times (\alpha_{exp.} - \alpha_{cal.})^2] / \quad (5)$$

$$/ [(N-K-1)\Sigma_1^N \times (\alpha_{exp.} - \alpha_{a.v.})^2]\}^{0.5}.$$

$$t_R = R(N-K-1)^{0.5} / (1-R^2). \quad (6)$$

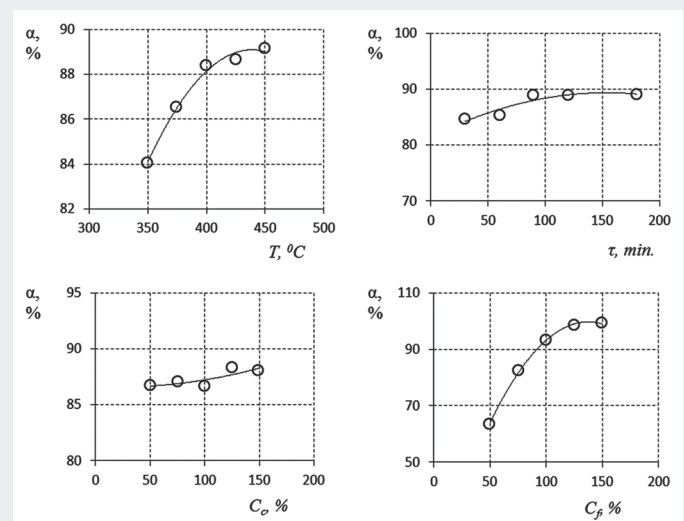


Figure 1. Dependences of exploration of barite raw materials on sintering factors.

Сурет 1. Барит шикізатын ашуға біріктірудің факторларға тәуелділіктері.

Рис. 1. Зависимость вскрытия баритового сырья от факторов спекания.

Table 2
Experimental values of partial functions on exploration of the barite raw materials

Барит шикізатын ашуда жеке функциялардың тәжірибелік мәндері

Экспериментальные значения частных функций по вскрытию баритового сырья

Function	Levels					Average value
	1	2	3	4	5	
α_1	84.02	86.56	88.35	88.63	89.14	87.34
α_2	84.606	85.34	88.91	88.76	89.08	87.34
α_3	86.69	87.03	86.64	88.30	88.05	87.34
α_4	63.61	82.33	93.18	98.25	99.33	87.34

Table 3
The calculated values of partial functions on exploration of barite raw materials

Барит шикізатын ашуда жеке функциялардың есептік мәндері

Расчетные значения частных функций по вскрытию баритового сырья

Function	Levels					Average value
	1	2	3	4	5	
α_1	84.09	86.51	88.14	88.97	89.01	87.34
α_2	84.21	86.38	87.95	88.91	89.01	87.29
α_3	86.67	86.86	87.16	87.58	88.10	87.27
α_4	63.94	81.43	93.04	98.78	98.64	87.17

Table 4
Correlation coefficient and its signification for private functions on exploration of barite raw materials

Корреляция коэффициенті және оның барит шикізатын ашуда жеке функциялар үшін маңыздылығы

Коэффициент корреляции и его значимость для частных функций по вскрытию баритового сырья

Function	R	t_R	Signification of function
α_1	0.99	122.48	significant
α_2	0.92	10.35	significant
α_3	0.74	4.93	significant
α_4	0.999	576.76	significant

Analysis of the partial dependencies has demonstrated that in the matrix experiments, the high effect on degree of exploration of barite raw materials relative to silicon has been made by consumption of ammonium bifluoride. Thus, desilicization of raw materials has scaled upaverage by 35% during the increase in consumption of ammonium bifluoride from 50% to 125%. Moreover the increase in exploration has been observed in the entire studied interval. All dependencies have been significant.

The generalized multifactor equation (8) to explore barite raw materials has been made under (7) on the basis of the significant partial dependences, and it is presented as

$$\alpha_n = \prod_{i=1}^n \alpha_i / \alpha_{av}^{n-1}, \quad (7)$$

$$\alpha = 1,5 \times 10^{-6} \times (-6,36 \times 10^{-4} T^2 + 0,558 T - 33,30) \times (-3,38 \times 10^{-4} \tau^2 + 0,10^3 \tau + 81,42) \times (8,65 \times 10^{-5} C_c^2 - 0,003 C_c + 86,60) \times (-4,7 \times 10^{-3} C_f^2 + 1,287 C_f + 11,34). \quad (8)$$

This equation is a mathematical model of the sintering of the barite raw materials with ammonium fluorosulfate in relation to the exploration in terms of silicon. Thus, it has significantly correlated with the experimental data ($R = 0.989$, $t_R = 195.95$).

Based on this equation, the optimal conditions can be determined to explore the studied barite raw material in terms of silicon. In particular, to make 100%

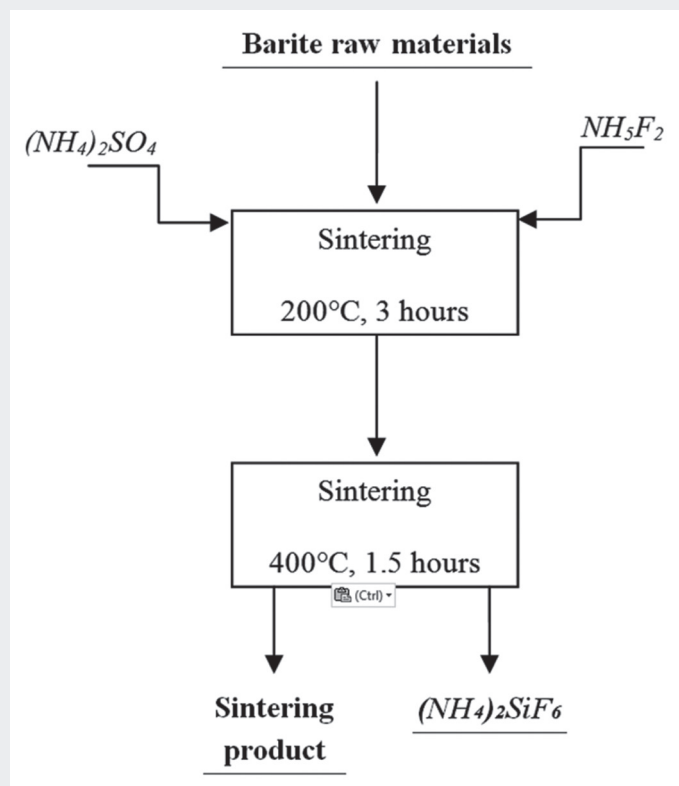


Figure 2. Technological scheme of exploration of barite raw materials.

Сурет 2. Барит шикізатын ашудың технологиялық схемасы.

Рис. 2. Технологическая схема вскрытия баритового сырья.

desiliconization of raw materials at the specified sintering conditions such as temperature 400 °C, time 90 min, consumption of ammonium bifluoride 100%, the optimum rate of ammonium sulfate should be 277%.

The recommended technological scheme of the ammonium fluorosulfate exploration of barite raw materials is illustrated in Figure 2.

Results and conclusion

As a result, the study on sintering of the barite raw materials with the exploring reagents such as bifluoride and ammonium sulfate has determined the essential

effect of the sintering conditions on exploration of the raw materials in terms of silicon.

The partial dependences of exploration of the raw materials on temperature, sintering time and consumption of the exploring reagents have been obtained. Based on the partial dependencies, a mathematical model of the sintering as a generalized multifactor equation has been created. This equation has calculated the optimal conditions to explore the barite raw materials.

The scheme of ammonium fluorine sulfate exploration of the barite raw materials has been developed.

REFERENCES

1. Borsynbayev A., Omarov K., Mustafin Yu., et al. A study of copper leaching from the tailings of the Karagaily (Republic of Kazakhstan) concentrating factory using an electric hydropulse discharge. // *Journal of the Serbian Chemical Society*. – 2022. – Vol. 87(7-8). – P. 925-937 (in English)
2. Mustafin E.S., Omarov K.B., Borsynbaev A.S. et al. Possibility of enrichment of ore processing waste from Karagaily and Zheskazgan mining plants by dry separation method. // *Bulletin of the University of Karaganda. Chemistry*. – 2020. – Vol. 97. – P. 117-123 (in English)
3. Ochrowicz K., Jeziorek M., Wejman K. Copper (II) extraction from ammonia leach solution. // *Physicochemical problems of mineral processing*. – 2014. – Vol. 50(1). – P. 327-335 (in English)
4. Sinclair L., Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. // *Hydrometallurgy*. – 2015. – Vol. 157. – P. 306-324 (in English)
5. Ponomarenko T., Nevskaya M., Jonek-Kowalska I. Mineral resource depletion assessment: alternatives, problems, results. // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13. – P. 862(15 p.) (in English)
6. Rötzer N., Schmidt M. Decreasing metal ore grades—is the fear of resource depletion justified? // *Resources*. – 2018. – Vol. 7. – P. 88 (14 p.) (in English)
7. Meinert L.D., Robinson G.R., Nassar N.T. Mineral resources: reserves, peak production and the future. // *Resources*. – 2016. – Vol. 5. – P. 14 (in English)
8. Turebekova K.S., Sultangaziyev R.B., Morozov Yu.P. Razrabotka sxemy fluoro-sul'fatoammonijnogo vskrytiya syr'ya [Development of a scheme for fluoro-ammonium sulphate opening of raw materials]. // *Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj online konferencii «Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizacii Plana nacii» (Saginovskie chteniya №12) = Proceedings of the International scientific and practical online conference «Integration of science, education and production – the basis for the implementation of the Plan of the Nation» (Saginov Readings №12)*. – Karaganda, 2020. – P. 135-138 (in Russian)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Borsynbayev A., Omarov K., Mustafin Yu., және т. б. Қарағайлы кен орнының қалдық қоймаларынан мыс шаймалауын зерттеу (Қазақстан Республикасы) электрлік гидроимпульстік разрядты пайдаланатын зауыттар. // *Сербия химия қоғамының журналы*. – 2022. – Шығ. 87(7-8). – Б. 925-937 (ағылшын тілінде)
2. Mustafin E.S., Omarov K.B., Borsynbaev A.S., және т. б. Қарағайлы және Жезқазған КБК кен өңдеу қалдықтарын құрғақ айыру әдісімен байыту мүмкіндігі. // *Қарағанды университетінің хабаршысы. Химия*. – 2020. – Шығ. 97. – Б. 117-123 (ағылшын тілінде)
3. Ochrowicz K., Jeziorek M., Wejman K. Аммиакты шаймалау ерітіндісінен мыс (II) алу. // *Минералды өңдеудің физика-химиялық мәселелері*. – 2014. – Шығ. 50(1). – Б. 327-335 (ағылшын тілінде)
4. Sinclair L., Thompson J. Мысты жерасты шаймалау: проблемалары мен болашағы. // *Гидрометаллургия*. – 2015. – Шығ. 157. – Б. 306-324 (ағылшын тілінде)
5. Ponomarenko T., Nevskaya M., Jonek-Kowalska I. Минералды ресурстардың сарқылуын бағалау: баламалар, қиындықтар, ресурстар. // *Тұрақтылық*. – 2021. – Шығ. 13. – Б. 862 (15 б.) (ағылшын тілінде)

6. Rötzer N., Schmidt M. Кендегі металдардың азаюы – ресурстардың таусылуынан қорқуорынды ма? – Ресурстар. – 2018. – Шығ. 7. – Б. 88 (14 б.) (ағылшын тілінде)
7. Meinert L.D., Robinson G.R., Nassar N.T. Пайдалы қазбалар: қорлар, өндірістің шыңы және болашағы. // Ресурстар. – 2016. – Шығ. 5. – Б. 14 (ағылшын тілінде)
8. Туребекова К.С., Султангазиев Р.Б., Морозов Ю.П. Шикізатты фтор-аммоний сульфатымен ашу схемасын құру // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарыне жүзеге асырудың негіздері» Халықаралық ғылыми-тәжірибелік онлайн-конференцияның еңбектері (Сағынов оқулары №12). // – Қарағанды, 2020. – Б. 135-138 (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Vorsynbaev A., Omarov K., Mustafin Yu. и др. Исследование выщелачивания меди из хвостов Карагайлинского месторождения (Республика Казахстан) обогатительной фабрики с использованием электрического гидроимпульсного разряда. // Журнал Сербского химического общества. – 2022. – Вып. 87(7-8). – С. 925-937 (на английском языке)
2. Mustafin E.S., Omarov K.B., Vorsynbaev A.S. и др. Возможность обогащения отходов рудопереработки Карагайлинского и Жезказганского ГОКов методом сухой сепарации. // Вестник Карагандинского университета. Химия. – 2020. – Вып. 97. – С. 117-123 (на английском языке)
3. Ochromowicz K., Jeziorek M., Wejman K. Извлечение меди (II) из аммиачного выщелачивающего раствора. // Физико-химические проблемы обогащения полезных ископаемых. – 2014. – Вып. 50(1). – С. 327-335 (на английском языке)
4. Sinclair L., Thompson J. Подземное выщелачивание меди: проблемы и перспективы. // Гидрометаллургия. – 2015. – Вып. 157. – С. 306-324 (на английском языке)
5. Popotarenko T., Nevskaya M., Jonek-Kowalska I. Оценка истощения минеральных ресурсов: альтернативы, проблемы, ресурсы. // Устойчивость. – 2021, – Вып. 13. – С. 862 (15 с.) (на английском языке)
6. Rötzer N., Schmidt M. Снижение содержания металлов в руде – оправдан ли страх истощения ресурсов? // Ресурсы. – 2018. – Вып. 7. – С. 88 (14 с.) (на английском языке)
7. Meinert L.D., Robinson G.R., Nassar N.T. Минеральные ресурсы: запасы, пиковая добыча и будущее. // Ресурсы. – 2016. – Вып. 5. – С. 14 (на английском языке)
8. Туребекова К.С., Султангазиев Р.Б., Морозов Ю.П. Разработка схемы фторо-сульфатоаммонийного вскрытия сырья // ТРУДЫ Международной научно-практической online конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12). – Караганда, 2020. – С. 135-138 (на русском языке)

Information about the authors:

Turebekova K.S., Doctoral Student at the Department «Nanotechnology and Metallurgy» of the Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University after named Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), kakosh-94@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0338-679X>

Katkeeva G.L., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head at the Laboratory «Chemistry and Technology of High-Siliceous Materials» of the Chemical-Metallurgical Institute after named Zh. Abishev (Karaganda, Kazakhstan), katkeeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3910-7599>

Sultangaziev R.B., PhD, Acting Assistant Professor at the Department of «Nanotechnology and Metallurgy» of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), sulrus83@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3928-486X>

Oskembekov I.M., Senior Researcher at the Laboratory «Chemistry and Technology of High-Silicon Materials» of the Chemical and Metallurgical Institute named after Zh. Abishev (Karaganda, Kazakhstan), ilyasosk@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3074-3572>

Авторлар туралы мәліметтер:

Туребекова К.С., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Нанотехнологиялар және металлургия» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Каткеева Г.Л., техника ғылымдарының кандидаты, Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институтының, «Жоғары кремнийлі материалдардың химиясы және технологиясы» зертханасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Султангазиев Р.Б., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Нанотехнологиялар және металлургия» кафедрасының м.а. доценті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Оскембеков И.М., Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институтының, «Жоғары кремнийлі материалдардың химиясы және технологиясы» зертханасының аға ғылыми қызметкері (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Туребекова К.С., докторант кафедры «Нанотехнологии и металлургия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Каткеева Г.Л., канд. техн. наук, доцент лаборатории «Химия и технология высококремнистых материалов» Химико-металлургического института им. Ж. Абишева (г. Караганда, Казахстан)

Султангазиев Р.Б., PhD, и.о. доцента кафедры «Нанотехнологии и металлургия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Оскембеков И.М., старший научный сотрудник лаборатории «Химия и технология высококремнистых материалов» Химико-металлургического института им. Ж. Абишева (г. Караганда, Казахстан)

TECH MINING СИБИРЬ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

06-07 апреля 2023, Иркутск

TECH MINING СИБИРЬ объединяет участников всей цепочки горнодобывающей промышленности Сибири для взаимодействия, презентации инноваций и экспертных мнений, поиска новых потенциальных клиентов и партнерских отношений и построения будущего развития отрасли.

Даты проведения:
06-07 апреля 2023

Место проведения: Иркутск,
отель Иркутск Сити Центр,
ул.Чкалова, д.15.

**Контакты организаторов и
регистрация на участие:**
+7-499-11-205-11
nfo@techmining.ru
www.techmining.ru

**УЧАСТИЕ ДЛЯ ДЕЛЕГАТОВ ОТ
ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ
БЕСПЛАТНОЕ.**

MinTech-2023

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ,
УГОЛЬНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

24-26 мая
г.Павлодар

30 мая - 1 июня
г.Усть-Каменогорск

18-20 октября
г.Актобе

КАЗАХСТАН



www.kazexpo.kz



БИЗНЕС-ТУРЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ КАЗАХСТАНА



АО "УМЗ"



Акская электростанция
АО "ЕЭК"



Донской ГОК
АО ТНК "Казхром"



ТОО "Актюбинская
медная компания"

По вопросам участия
обращайтесь к организаторам:



тел: +7 (727) 250-75-19, 313-76-28,
моб: +7 707 456-53-07
e-mail: kazexpo@kazexpo.kz

Код МРНТИ 52.47.25

Д.А. Исмаилова, С.А. Заурбеков, *Д.Е. Балгаев, К.С. Заурбеков

Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

ОБЗОР И АНАЛИЗ ОТКАЗОВ СКВАЖИННЫХ ШТАНГОВЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация. С ростом срока эксплуатации все большее число нефтяных месторождений переходит на насосную добычу углеводородного сырья. Более половины фонда действующих скважин в мире оснащено скважинными штанговыми насосными установками. В данной статье проведен анализ работы скважинных штанговых насосных установок, который показал, что на первом месте находятся отказы, связанные с обрывом колонны штанг, на втором – отказы, связанные с неисправностью клапанных узлов и на третьем месте отказы из-за негерметичности пары «цилиндр – плунжер». При насосном способе добычи нефти с применением скважинных штанговых насосных установок порядка 15-30% остановок нефтяных скважин на текущий ремонт связаны с их заменой.

Ключевые слова: скважинная штанговая насосная установка, ресурс работы, межремонтный период, анализ отказов, клапанный узел, шариковый клапан, запорный элемент, углубленная посадка, седло, шарик.

Ұңғымалық штангалық сорғы қондырғыларының істен шығуына шолу және талдау

Аңдатпа. Ұңғыманы пайдалану мерзімінің өсуімен көптеген мұнай кен орындары, көмірсутек шикізатын сораптық өндіруге көшуде. Әлемде жұмыс істеп тұрған ұңғымалар қорының жартысынан астамы штангалық ұңғымалық сорғы қондырғыларымен жабдықталған. Бұл мақалада штангалық ұңғымалық сорғы қондырғыларының жұмысы талданады және ол бірінші кезекте штангалар бағанының үзілуіне байланысты істен шығулар, екінші орында – клапан түйіндерінің дұрыс жұмыс істемеуіне байланысты істен шығулар және үшінші орында «цилиндр – плунжер» жұбының тығыздығына байланысты дұрыс жұмыс істемеуі екенін көрсетеді. Мұнайды штангалық ұңғымалық сорғы арқылы өндіру кезінде шамамен 15-30% мұнай ұңғымаларының ағымдағы жөндеуге арналған тоқтаулар штангалық ұңғымалық сорғыны ауыстырумен байланысты болады.

Түйінді сөздер: штангалық ұңғымалық сораптық қондырғысы, қызмет ету мерзімі, жөндеу аралық мерзім, істен шығуды талдау, клапан торабы, шарикті клапан, бекіту элементі, терең отырғызу, ерішкі, шар.

Review and analysis of failures of borehole rod pumping units

Abstract. With the increase in the service life, an increasing number of oil fields are switching to pumping production of hydrocarbons. More than half of the fund of operating wells in the world is equipped with downhole rod pumping units. This article analyzes the work of downhole rod pumping units, and it shows that in the first place there are failures associated with the breakage of the column of rods, in the second place there are failures associated with the malfunction of valve assemblies and in the third place there are failures due to the non-tightness of the cylinder – plunger pair. During pumping oil production with the use of downhole rod pumping units, about 15-30% of oil well shutdowns for routine repairs are associated with the replacement of downhole rod pumping units.

Key words: downhole rod pumping unit, service life, overhaul period, failure analysis, valve assembly, ball valve, shut-off element, deep fit, saddle, ball.

Введение

В последние годы в Республике Казахстан и мире причиной снижения показателей добычи нефти является то, что имеющиеся в настоящее время мощности и применяемые нефтедобывающими предприятиями технологии не соответствуют изменившейся структуре разведанных запасов.

Возросло число месторождений с высокой выработанностью и обводненностью запасов. Опережающая выработка высокопродуктивных залежей привела к накоплению на балансе низкодебитных объектов. Себестоимость добычи нефти из малодебитных скважин значительно превышает среднепромысловую себестоимость добываемой нефти, поэтому проблема повышения технико-экономических показателей эксплуатации малодебитных скважин остается актуальной и является важной в области техники и технологии добычи нефти.

Характерной особенностью современной нефтедобычи является увеличение в мировой структуре сырьевых ресурсов доли трудноизвлекаемых запасов. Компонентный состав имеющихся в настоящее время скважинных твердых и жидких отложений характеризуется резким увеличением содержания твердых составляющих, гидратов, солей и продуктов коррозии¹.

Основные показатели работы скважинных штанговых насосных установок (СШНУ) – коэффициент наполнения, срок службы штанг и глубинного насоса, межремонтный период – улучшаются при увеличении длины хода плунжера насоса. Поэтому перед разработчиками новой техники для эксплуатации скважин как в нормальных технико-технологических условиях, так и при добыче нефти с аномальными свойствами стоит ответственная задача по созданию СШНУ, способных работать более эффективно.

Общие сведения о добыче нефти с применением СШНУ

Для большинства месторождений в мире характерна поздняя стадия эксплуатации, при которой проводится комплекс технологических и геологических мероприятий для поддержания уровня добычи нефти. Для поддержания пластового давления закачивается подтоварная вода, поэтому значительная доля скважин на данных месторождениях продуцирует высокообводненную нефть с содержанием воды более 90%. При этом значительная часть скважин переходит в категорию малодебитных.

Стратегия разработки месторождений, направленная на интенсификацию добычи нефти, приводит к необходимости увеличения глубины спуска насосов. В таких условиях значительно возрастает перепад давления на рабочих органах насосов, что отрицательно сказывается на коэффициенте полезного действия насосов объемного принципа

¹Уточнение методики интерпретации ГИС для месторождения Узень (13-18 горизонты). – Актау: КазНИПИмұнайгаз, 2016.

²Ишмухаметов Б.Х. Совершенствование штангового скважинного насоса для добычи обводненной нефти из глубоких скважин. / Дисс... канд. техн. наук. – Уфа, 2018.

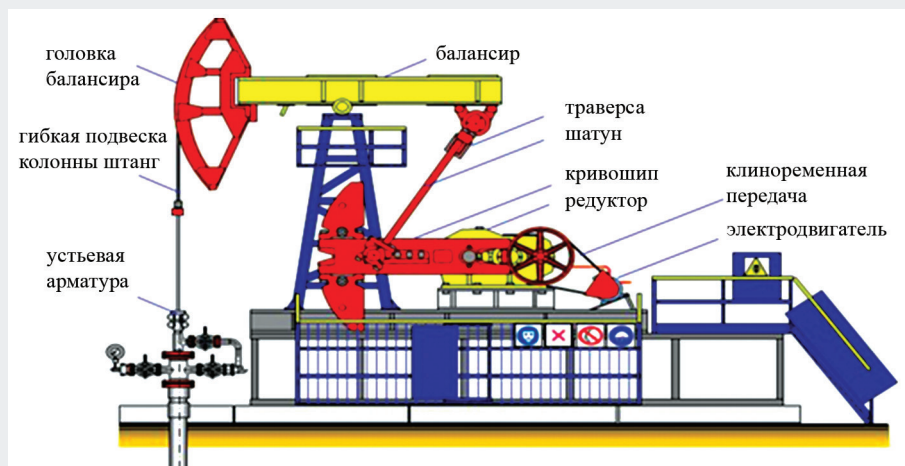


Рис. 1. Скважинная штанговая насосная установка.
Сурет 1. Штангалық ұңғымалық сорғы қондырғысы.
Figure 1. Downhole rod pumping unit.

действия, в которых увеличивается утечка жидкости через плунжерную пару. Утечки возрастают также с уменьшением вязкости жидкости. В отдельных случаях² вязкость высокообводненной нефти может снижаться до 1 МПа·с.

Наибольшую распространенность для эксплуатации таких скважин получил способ добычи нефти с применением скважинных штанговых насосных установок, в которых рабочие органы – плунжер и цилиндр – подвержены износу, что также приводит к росту утечек жидкости в процессе эксплуатации. Все это ведет к необходимости поиска решений по совершенствованию штангового насоса, что позволит повысить подачу насоса и межремонтный период работы скважин в осложненных условиях эксплуатации. Более половины фонда действующих скважин оснащены СШНУ³ (рис. 1).

Разнообразие профилей скважин, состава продукции обуславливает необходимость иметь несколько конструктивных вариантов внутри скважинных элементов оборудования, наиболее приспособленных к условиям эксплуатации, и варианты исполнения этих элементов оборудования, соприкасающихся с продукцией, также

и по применяемым материалам, с тем, чтобы обеспечить их наибольшую износостойкость, коррозионную стойкость и коррозионно-усталостную прочность в условиях воздействия различных сред.

Все виды СШНУ включают три главные взаимосвязанные части: привод, устанавливаемый у устья скважины; плунжерный насос, располагаемый в глубине скважины, и колонну насосных штанг, присоединяемую к приводу, сообщаемую подвижной части насоса возвратно-поступательное движение, и этим приводящую его в действие.

В качестве привода СШНУ в нашей стране и за рубежом наиболее широко применяются баланси́рные станки-качалки, состоящие из редуктора и сдвоенного четырехзвенного шарнирного механизма, преобразующего вращательное движение кривошипов в поступательное движение баланси́ра, к дуге головки которого с помощью гибкого звена – канатной подвески – подсоединен устьевый шток с прикрепленной к нему колонной насосных штанг.

Принцип действия погружного штангового насоса (рис. 2) заключается в следующем: при ходе поршня 3 в цилиндре 6 вверх открывается всасывающий шариковый клапан 1 и закрывается

шариковый клапан 2, что обеспечивает поступление жидкости в цилиндр насоса, а также подъем жидкости на поверхность. При ходе поршня вниз закрывается клапан 1 и открывается клапан 2. Происходит подача жидкости в надплунжерное пространство. Далее процесс повторяется⁴.

Основные причины, влияющие на эффективность работы скважинных штанговых насосов

Эффективность насосной добычи во многом обусловлена условиями сокращения расходов на обслуживание, правильным подбором и приобретением промышленного оборудования, в первую очередь, глубинных насосов, насосно-компрессорных труб, насосных штанг, т. к. они подвержены наибольшему износу, от их состояния зависит подача штанговой насосной установки⁵.

В целом ряде работ отмечается тенденция к снижению срока службы насосов, обусловленному ухудшением условий их эксплуатации,



Рис. 2. Устройство скважинного штангового насоса.
Сурет 2. Штангалық ұңғымалық сорғы құрылғысы.
Figure 2. The device of the borehole rod pump.

³Жук Е., Шимчак П.Д. Откачали! Российские производители УЭЦН преодолели кризис. / Oil & Gas Eurasia. – 2010. [электронный ресурс]

⁴Gao Q., Sun S., Liu J. Fault diagnosis of suck rod pumping system via extreme learning machines. / IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems. – 2015. [электронный ресурс]

⁵Бахтизин Р.Н., Уразаков К.Р., Топольников А.С., Азизов А.М., Комков А.Г., Ишмухаметов Б.Х. Добыча нефти штанговыми установками в осложненных условиях: монография. – Уфа: УГНТУ, 2016. – 172 с.

что связано с увеличением глубин спуска скважинных штанговых насосов, прогрессирующей обводненностью продукции скважин, усилением коррозионных свойств откачиваемой жидкости и целым рядом других факторов.

Основные причины отказов подземного оборудования на примере месторождения Узень приведены на рис. 3.

Основными причинами отказа являются негерметичные насосно-компрессорные трубы – 33% (3113 рем.), механические примеси – 28%

(2641 рем.), заклинивание насосов – 12% (1101 рем.), обрыв – 9% (887 рем.) и отворот насосных штанг – 7% (694 рем.). Эксплуатация скважин также осложнена другими причинами подземного ремонта скважин, доля которых составила 12%: это влияние асфальтосмолопарафиновых отложений – 8% (724 рем.), отложение солей – 2% (201 рем.) и износ насоса – 2% (182 рем.). Всего за 2020 г. было проведено 9543 ремонта подземного оборудования.

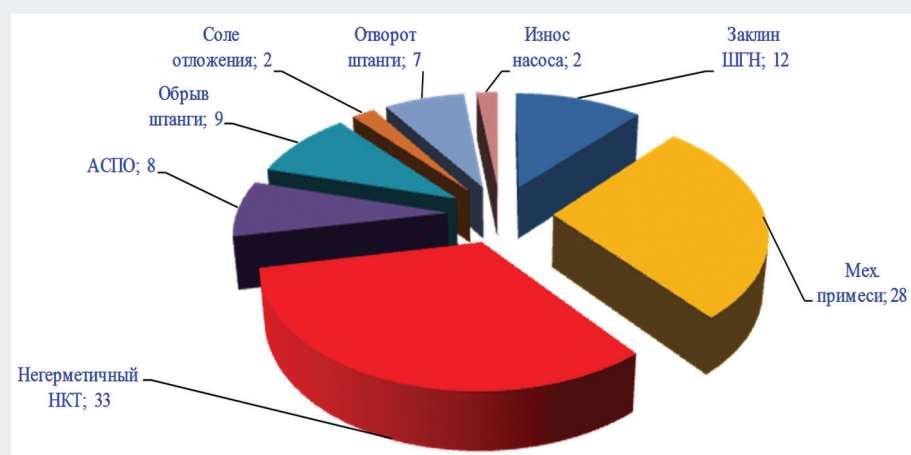


Рис. 3. Основные причины отказов подземного оборудования.
Сурет 3. Жерасты жабдыктарының істен шығуының негізгі себептері.
Figure 3. The main causes of underground equipment failures.



Рис. 4. Причины отказов штанговых установок.
Сурет 4. Штангалық қондырғылардың істен шығу себептері.
Figure 4. Reasons for failures of rod installations.

Наиболее эффективным способом увеличения срока службы штанговых глубинных насосов является повышение их износостойкости, что позволяет сохранить первоначальный, полученный при изготовлении зазор между плунжером и цилиндром насоса, клапанной пары и, тем самым, избежать роста утечек продукции скважин в процессе эксплуатации. Но для увеличения износостойкости необходимо использовать высокопрочные сплавы для изготовления трущихся деталей насосов, а их применение может оказаться экономически невыгодным из-за высокой стоимости. Следовательно, основным направлением снижения эксплуатационных затрат является определение и поиск нетрадиционных путей снижения утечек в подземной части традиционного насосного оборудования скважин⁶.

Основной причиной утечек в плунжерной паре и клапанном узле скважинных штанговых насосов является износ, обусловленный содержащимися в перекачиваемой жидкости механическими примесями, в первую очередь, песком. Основными факторами, определяющими величину утечки откачиваемой жидкости через зазор, являются перепад давления на торцах плунжера и величина зазора. Перепад давления увеличивается с ростом глубины подвески насоса и уменьшением давления на приеме насоса, что характерно для глубоких малобитных скважин или скважин с низким коэффициентом продуктивности.

Анализ отказов подземного оборудования штанговых установок

В работе⁷ приводятся результаты анализа причин отказов подземного оборудования СШНУ на основе выборки из 10 тыс. отказов, показанных на рис. 4, на котором видно, что обрыв колонных штанг занимает первое место как причина отказов, на втором – отказы, связанные с неисправностью клапанных узлов и на третьем – отказы

⁶Зубаиров С.Г. Проектирование штанговых насосных установок для осложненных условий эксплуатации. – Уфа: УГНТУ, 1999. – 157 с.

⁷Долов Т.Р. Исследование работы клапанных узлов скважинных штанговых насосных установок. / Дисс... канд.техн.наук. – Москва, 2017.



Рис. 5. Шаровой клапан углубленной посадки.

Сурет 5. Терең қондырылған шар клапаны.

Figure 5. Deep seat ball valve.

из-за негерметичности пары «цилиндр – плунжер».

Как уже отмечалось, из-за большого количества механических примесей в насосе пара «цилиндр – плунжер» и клапаны также быстро приходят в негодность. Абразивные частицы попадают в зазор пары «цилиндр – плунжер» и могут вызвать истирание поверхности, увеличение утечек через зазор и заклинивание пары.

Клапаны штанговых насосов являются основным узлом, от которого зависит работоспособность всего насоса. Клапаны подвержены одновременно механическому, коррозионному и эрозионному износу. В клапанных узлах откладывается песок, парафин, смолы, соли и другие продукты выноса из пласта. Все это приводит к частым подъемам насосов для замены или ревизии клапанных узлов. Стоимость спуско-подъемных операций на порядок превышает стоимость насоса, к этому еще необходимо добавить стоимость недобытой нефти по причине простоев. Малые проходные сечения

в клапанах серийных отечественных и импортных насосов являются причиной очень высоких гидравлических сопротивлений и, как следствие, частых обрывов и зависания штанг, заклинивания плунжера, снижения КПД насоса и выхода его из строя.

Шариковый клапан углубленной посадки. В условиях повышенного содержания в жидкости механических примесей ударные нагрузки приводят к повышенному износу притирочной поверхности и потере герметичности.

Технической задачей, решаемой клапанной парой с углубленной посадкой⁸, изготовленной из твердого сплава, является обеспечение устойчивости посадки запорного органа в седло, повышение его надежности и долговечности в условиях повышенного содержания в жидкости механических примесей.

Технический результат достигается углублением посадки шара в седло, что приводит к увеличению диаметра и, соответственно, площади контактной кольцевой поверхности пары «шар – седло» при сохранении неизменной ширины контакта (не менее 0,6 мм) путем увеличения радиуса закругления R и входной кромки седла клапана, повышению устойчивости посадки шара в седло, благодаря смещению центра его тяжести относительно седла, соответственно, повышению герметичности и рабочего ресурса клапанной пары.

Увеличение же площади притира при увеличении диаметра контактной поверхности пары «шар – седло» позволяет снизить удельные нагрузки и контактные напряжения, повысить ресурс работы клапана. Использование клапанных пар с углубленной посадкой обеспечивает

принципиальный показатель герметичности пары и долговременной работы клапана за счет взаимной геометрической формы сопряжения шара к поверхности притира седла.

Клапанная пара с углубленной посадкой обеспечивает устойчивость запорного органа в седле, что, соответственно, улучшает его герметичность, повышает рабочий ресурс клапанной пары и износостойкость.

Клапан в запорном состоянии, как показано на рис. 5, представляет собой: седло 1 с посадочной поверхностью 2 (с профилем вогнутой дуги) и закруглением R верхней грани 3; запорный орган 4 в виде шара с притертой контактной поверхностью шириной не менее 0,6 мм к посадочной поверхности седла.

Работа шарового клапана углубленной посадки заключается в том, что седло 1 с посадочной поверхностью 2 и закруглением R верхней грани 3, и запорный орган 4 контактируют друг с другом в запорном состоянии по посадочным поверхностям шириной 0,6 мм.

Данная конструкция клапана отличается тем, что седло имеет притертую посадочную поверхность, позволяющую центру тяжести запорного органа сместиться в сторону нижней грани до положения статического устойчивого равновесия при ширине контактной поверхности соприкосновения не менее 0,6 мм, с радиусом закругления верхней грани, зависящем от глубины посадки. Притертость рабочих поверхностей седла и рабочего органа дает качественное уплотнение, углубленная посадка обеспечивает устойчивость запорного органа, тем самым способствует герметичности клапанной пары [1, 2].

⁸Шариковый клапан углубленной посадки (KZ). / Патент №34268 МПК F16K 15/00.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Li K., Gao X.W., Zhou H.B., Han Y. Диагностика неисправностей в скважинных системах штангового перекачивания на основе метода FBH–SC. // Наука о нефти. – 2015. – Вып. 12. – С. 135-147 (на английском языке)
2. Jiang M., Cheng T., Dong K., Liu J., Zhang H. Эффективная скважинная система разделения нефти и воды с помощью штангового насоса. // Производство и эксплуатация SPE. – 2020. – Вып. 35(03). – С. 522-536 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Li K., Gao X.W., Zhou H.B., Han Y. FBH–SC әдісі негізінде штангалық сорғы жүйелерінің ұңғыма жағдайындағы ақаулықтарды диагностикалау. // Мұнай туралы ғылым. – 2015. – Шығ. 12. – Б. 135-147 (ағылшын тілінде)
2. Jiang M., Cheng T., Dong K., Liu J., Zhang H. Мұнай мен суды штангалық сорғымен бөлудің тиімді ұңғыма жүйесі. // SPE өндіру және пайдалан. – 2020. – Шығ. 35(03). – Б. 522-536 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Li K., Gao X.W., Zhou H.B., Han Y. Fault diagnosis for down-hole conditions of sucker rod pumping systems based on the FBH–SC method. // Petroleum Science. – 2015. – Vol. 12. – P. 135-147 (in English)
2. Jiang M., Cheng T., Dong K., Liu J., Zhang H. An efficient downhole oil/water-separation system with sucker-rod pump. // SPE Production & Operations. – 2020. – №35(03). – P. 522-536 (in English)

Сведения об авторах:

Исмаилова Дж.А., Ph.D., ассоциированный профессор кафедры «Нефтяная инженерия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), Dfamilya577@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7680-7084>

Заурбеков С.А., канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Технологические машины и транспорт» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), s.zaurbek@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8025-0824>

Балгаев Д.Е., магистр техники и технологии, докторант кафедры «Технологические машины и транспорт» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), dos_mjk@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9278-7653>

Заурбеков К.С., магистр техн. наук, преподаватель кафедры «Нефтяная инженерия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), kadmen.95@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7425-7448>

Авторлар туралы мәліметтер:

Исмаилова Дж.А., PhD, Satbayev University, «Мұнай инженериясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Заурбеков С.А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Satbayev University, «Технологиялық машиналар және көлік» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Балгаев Д.Е., техника және технология магистрі, Satbayev University, «Технологиялық машиналар және көлік» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Заурбеков К.С., техника ғылымдарының магистрі, Satbayev University «Мұнай инженериясы» кафедрасының оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Ismailova J.A., PhD, Associate Professor at the Department of Petroleum Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Zaurbekov S.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Technological Machines and Transport of the Satbayev University (г. Almaty, Kazakhstan)

Balgayev D.Ye., Master of Engineering and Technology, Doctoral Student at the Department of Technological Machines and Transport of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Zaurbekov K.S., Master of Engineering, Professor at the Department of Petroleum Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Статья подготовлена в рамках НИР по ГФ ИРН АР09261282
«Увеличение ресурса работы насосов штанговых скважинных насосных установок»

Код МРНТИ 52.13.17

A. Shakenov¹, I. Stolpovskih¹, A. Iskak²¹Satbayev University (Almaty, Kazakhstan),²Borusan Makina Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)

TROLLEY TRUCK SIMULATION ON KACHAR MINE HAUL ROAD

Abstract. Transportation costs in open pit mining may take 50 to 70% of overall open pit mining cost. Diesel fuel consumption takes more than 25% of owning and operating costs of large mining haul trucks and represents about 50% of carbon emissions at open pit sites. Modern software uses built-in characteristics of machine as rimpull and breaking performance, fuel, and electricity consumption rates. Computer simulation of CAT 794AC with trolley assist on conditions of Kachar mine 3068-meter haul road with 1100-meter trolley line section demonstrated 22% fuel consumption reduction and 10,9% higher production compare with conventional CAT 794AC. Study shown possible future efficiencies and practical recommendations for trolley assist application. During the study the real haul road condition's data taken from mine site and used for simulation of future operational performance indicators.

Key words: mining hauling truck; mine haul road; trolley assist; carbon emission, fuel efficiency, computer simulation, hydraulic front shovel, cost analyses, operator efficiency, lithium battery.

Качар кені жолында троллей тасымалдау жүйесінің қолдану модельдеуі

Аннотация. Тау-кен ашық әдіспен өндіруге арналған тасымалдау шығындары, әдетте, ашық әдіспен өндірудің жалпы шығындарының 50-ден 70%-ға дейін болады. Дизельді отынды тұтыну ірі тау-кен жүк көліктерін иелену және пайдалану шығындарының 25%-дан астамын құрайды және карьерлерден шығатын көміртегі шығындыларының шамамен 50%-ын құрайды. Қазіргі замангі компьютерлік шешімдер машинаның кіріктірілген сипаттамаларын пайдаланады, мысалы, тарту және тежеу өнімділігі, отын мен электр энергиясын тұтыну. Компьютерлік симуляция 1100 м троллейбус желісі бар 3068 метрлік көлік жолының Качар кенінің ортасында троллей жүйесі бар CAT 794AC үлгісінің симуляциясы кәдімгі CAT 794AC-пен салыстырғанда отын шығынының 22%-ға төмендеуін және өнімділіктің 10,9%-ға артқанын көрсетті. Зерттеу болашақта мүмкін болатын тиімділікті және троллей тарту жүйесін пайдалану бойынша практикалық ұсыныстарды көрсетті. Зерттеуде карьердер тасымалдауға арналған нақты жол жағдайлары пайдаланылды.

Түйінді сөздер: тау-кен автосамосвалы; технологиялық жол; троллей тартқыш жүйесі; көміртегі шығарындылары, отын үнемдеу, компьютерлік модельдеу, гидравликалық экскаватор, шығындарды талдау, оператордың тиімділігі, литий батареясы.

Моделирование применения технологии троллейной тяги в условиях технологических дорог Качарского рудника

Аннотация. Транспортные расходы при добыче открытым способом могут составлять от 50% до 70% от общих затрат на добычу. Потребление дизельного топлива составляет более 25% расходов на владение и эксплуатацию карьерных самосвалов и составляет около 50% выбросов углерода на карьерах. Современные программные решения используют встроенные характеристики машины, такие как тяговое усилие и тормозные характеристики, расход топлива и электроэнергия. Программное моделирование эксплуатации самосвала CAT 794AC с системой троллейной тяги в условиях Качарского рудника 3068-метровой технологической дороги с 1100-метровым участком троллейной линией продемонстрировало снижение расхода топлива на 22% и повышение производительности на 10,9% по сравнению с CAT 794AC в обычном исполнении. Исследование показало возможную эффективность в будущем и практические рекомендации по применению системы троллейной тяги.

Ключевые слова: карьерный самосвал; технологическая дорога; система троллейной тяги; выброс углерода, топливная экономичность, компьютерное моделирование, гидравлический экскаватор, анализ затрат, эффективность оператора, литиевые батареи.

Introduction

According to International Energy Agency mining companies should reduce their carbon emissions by 58% by 2050 compared with 2010. Meeting this target is going to be the big challenge considering that demand for minerals is growing as population is growing and mining is getting harder. Globe is running out high grade deposits and mining low grade ore means task to move more tonnage to longer distances¹.

Diesel-electric drive mining hauling trucks are widely used in mining industry and demonstrate efficient cost per ton parameters within a range 140-tonn payload up to 400-tonn. Already run electric motor drive components are opening opportunity to upgrade those trucks to hybrid or fully electric drive considering recent development of lithium battery technology become cost effective and safe energy storage. However, there is a treat regarding the shortage of lithium for battery production. The treat of lithium shortage shifted focus on recycling of batteries to ensure a continues supply of material and eliminating risk of lithium battery elements pollute the environment [1].

Nowadays there are solutions for significant reduction of diesel fuel consumption on large mining

haul trucks from global original equipment manufacturers (OEM) are available.

Trolley assist solution

Caterpillar as a leading mining equipment manufacturer have available retrofit kit for CAT 794AC, 795AC, 796AC, 798AC trucks. With payload range from 291 to 372 metric tons. Trolley assist offers miners opportunity between 20 to 60% to reduce CO₂ emissions from diesel engine for more environmentally friendly sustainable mining operation. While trolley assist applied more than 90% fuel consumption and average wear of engine is reduced up to 25%. Trolley assist system² required wiring and pantograph equipment of trucks and significant mine site infrastructure investment such as AC substation, DC substations, support poles, catenary lines, and the load height check points (Figure 1, 2).

Boliden started trolley assist application project as trial to test potential of technology in weather conditions of the region where temperature can go down to minus 40 degree on Celsius. Trial 700 meters long trolley line was extended by 3000 meters to cover more mine haul road. As project was successful Boliden is planning to implement it Boliden's Kevitsa nickel mine in Finland. Target is overall diesel fuel saving by 5,5 million liters per year when implemented³.

¹Muralidharan R., Kirk T., Koch Blank T. Pulling the weight of heavy truck decarbonization. Exploring Pathways to Decarbonize Bulk Material Hauling in Mining. – Basalt (USA): Rocky Mountain Institute®, 2019. – 19 p.

²Cat® Trolley Assist. Caterpillar global mining. / An overview. – 2021 [electronic resource]. <https://cat.com/mining>

³Mining with principles at Boliden's Aitik mine in Sweden. – 2021 [electronic resource]. <https://www.icmm.com/en-gb/case-studies/2021/icsv/boliden-electric-trolley>



Figure 1. Trolley Assist truck run in Aitik iron ore mine of Boliden in Sweden.

Сурет 1. Болиден фирмасының Швециядағы Айтiк темiр кенiшiндегi троллей жүйесi бар самосвал.

Рис. 1. Самосвал с троллейной системой на железорудном руднике Айтiк компании Болиден в Швеции.



Figure 2. Mine site infrastructure in Aitik iron ore mine of Boliden in Sweden.

Сурет 2. Болиденнің Швециядағы Айтiк темiр кенiшiндегi троллей желiсiнiң инфрақұрылымы.

Рис. 1. Инфраструктура троллейной линии на железорудном руднике Айтiк компании Болиден в Швеции.

Recommendations for haul roads

Trolley assist truck request significant improvement in mine road building and maintenance culture. Well-kept constant grade is mandatory for trolley assist section of the road. Reducing dust on trolley-assisted haul roads involves processes like evaluating haul road design, traffic flow management, inspection for structural failures such as rutting, analyses the upper layer and material selection and per site constrains⁴. Selection of appropriate water tank and water spaying equipment and dust suppression management

are critical part of dust control in order to prevent dust build up on pantograph and trolley line. Mine haul road grade should be as per gradeability performance chart of mine haul truck manufacturers (Figure 3). Ambient temperature 30°C; *E* – Empty operating weight 217419 kg; *L* – Target GMW 521631 kg.

To determine gradeability performance: read from gross weight down to the percent of total resistance. Total resistance equals actual percent grade plus 1% for each 10 kg/t of rolling resistance⁵.

Recommendations of off-the-road (OTR) tire manufacturers also must be taken into consideration while designing mine haul road grade and profile. Most of OTR manufacturers recommend 8% grade as optimal to reach target life of OTR tires.

Methodology

Preliminary modeling and simulation of various equipment and technology is important part of decision making in mining industry. Fleet Production and Cost Analysis (FPC) software designed by Caterpillar Inc. for estimation of productivity and costs for different combinations of earth moving equipment models and site conditions.

FPC takes as inputs such as: speed limits, grades, rolling resistance, distance, waiting time, loading time, dumping time, machine availability, bucket fill factor, material density, operator efficiency and costs data. FPC use rimpull and retarding capabilities of mining dump trucks and cycle time of loading tool and provides accurate prediction of current and future productivity. Miners can identify bottle necks as truck spotting, operator efficiency or road conditions as well as safety aspects of operations.

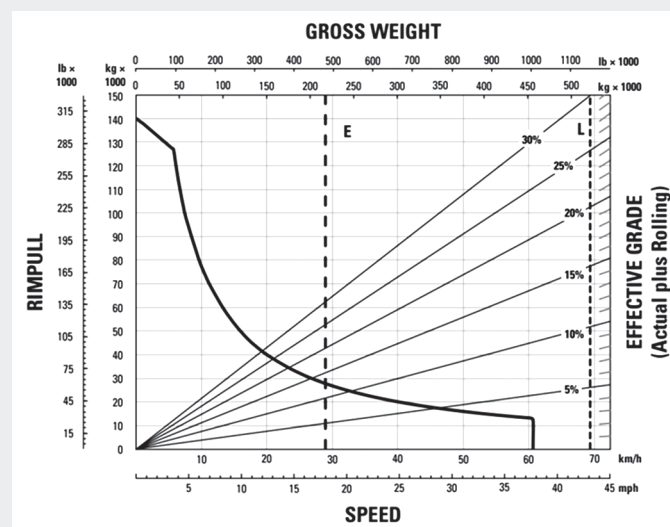


Figure 3. Gradeability performance chart of CAT 794AC at sea level.

Сурет 3. САТ 794АС самосвалының теңіз деңгейіндегі тарту сипаттамаларының графигі.
Рис. 3. График тяговых характеристик самосвала САТ 794АС на уровне моря.

⁴Adams T. Trolley-assisted haul roads construction and maintenance. / Industry articles. – 2022 [electronic resource]. <https://globalroadtechnology.com/trolley-assisted-haul-roads-construction-and-maintenance/>

⁵CAT 794AC Mining Truck Specifications. Caterpillar. AEHQ7160-03 (05-2016). – 2016 [electronic resource]. <https://caterpillar.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20200930-dba70-c067f>

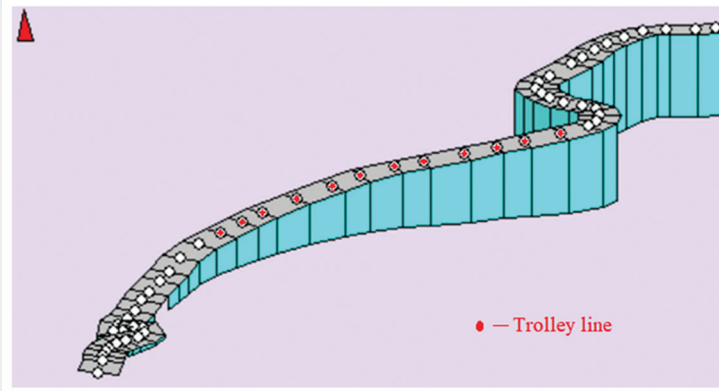


Figure 4. Kachar iron ore mine haul road for overburden removal.

Сурет 4. Қачар темір кеніші кенішінің үстіңгі қабатын тасымалдауға арналған технологиялық жол.
Рис. 4. Технологическая дорога по транспортировке вскрышной породы железорудного рудника Качар.

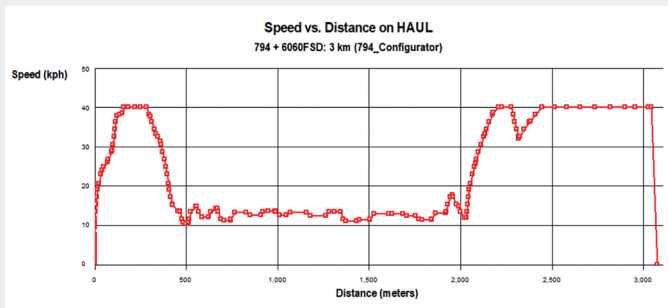


Figure 5. Speed vs Distance graph of conventional CAT 794AC truck. Average speed up-hill is 13 km/h.
Сурет 5. Кәдімгі дизайндағы CAT 794AC жолының қашықтығына жылдамдықтың өзгеру графигі.
Орташа жылдамдықтың жоғарылауы 13 км/сағ.
Рис. 5. График зависимости скорости CAT 794AC обычного исполнения от протяженности дороги.
Средняя скорость на подъем – 13 км/ч.

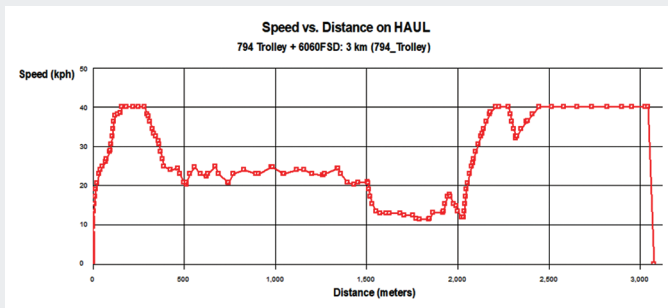


Figure 6. Speed vs distance graph of CAT 794AC with trolley assist. Average speed on route with 1100 meters trolley line is 23 km/h.
Сурет 6. Троллей жүйесі бар CAT 794AC жолының қашықтығына жылдамдықтың өзгеру графигі.
1100 метр троллей линиясы бар жолда орташа жылдамдықтың жоғарылауы 23 км/сағ.
Рис. 6. График зависимости скорости CAT 794AC с троллейной системой от протяженности дороги.
На аналогичном участке с троллейной линией в 1100 м средняя скорость на подъем 23 км/ч.

Table 1

Estimated cost inputs used for FPC study

Кесте 1

FPC бағдарламасындағы есептеулер үшін пайдаланған кіріс деректер

Таблица 1

Вводные данные, использованные для расчетов в программе FPC

Parameter	Value		
	6060FSD	794AC	794AC Trolley
Ownership period, year	10	10	10
Operator cost, \$/h	6	6	6
Fuel cost, \$/h	217	173.13	141.12
Tires, \$/h	–	50	50
Cost of trolley line, \$/h	–	–	13

Notes: Owning costs of 794AC Trolley is higher than 794AC because of higher capital cost of machine equipped with pantograph. Cost of trolley line includes costs per 20 trucks and 20 years depreciation. All costs information is given for study purpose only as per life cycle cost calculation methodology of OEM based on recommended preventive maintenance and repair periods.

Table 2

Operational, fuel and electricity cost information inputs for FPC study

Кесте 2

Операциялық деректер, отын және электр энергиясы шығындары FPC бағдарламасына енгізіледі

Таблица 2

Эксплуатационные данные, затраты на топливо и электричество, введенные в FPC

Parameter	Value
Operator efficiency, %	90
Annual effective operational time, hours/year	5500
Diesel fuel price, \$/liter	0.56
Electricity tariff, \$/kWh	0.06

Note: Diesel fuel price and Electricity tariffs are taken as average on open market in Republic of Kazakhstan valid in June 2022.

Key outcomes of FPC simulation study

Table 3

FPC бойынша негізгі модельдеу нәтижелері

Кесте 3

Ключевые результаты симуляции на FPC

Таблица 3

Parameter	Value	
	794AC	794AC Trolley
Quantity required to reach annual production target of 100 mln. tonnes, Pcs	20	20
Total trip cycle time, min	21.11	19.77
Cycles per hour, c/h	2.84	3.08
Hourly productivity of fleet, t/h	14988	15 791
Hourly fuel consumption, liter/h	343.52	215.49
Hourly electricity consumption, kWt-h	–	198.34
Fuel consumption per total cycle, liters	120.88	70.99
Diesel fuel consumption for course, liters	41254632	24563278
Electricity consumption per course, kWt-h	–	68630552
Total diesel fuel equivalent consumption per course, liters	41254632	31916552
Tonnes per liter, t/l	2.42	3.13

Simulation of Trolley assisted CAT 794AC operation was done on FBC with bellow inputs. Figure 4 shows the real mine haul road of Kachar iron ore in the North Kazakhstan was used.

GPS data is taken 10th of May 2022 with the permission of mine management. Length of road 3068 meters. For FPC simulation purposes trolley line for 1100 meters are modeled for acceptable straight parts of the haul road. Average grade of trolley line in is 11% which is on acceptable recommended level. Rolling resistance is 2% for dry compacted gravel haul road. Speed limit of 40 km/h is applied as per Safety regulations for mining operation in Republic of Kazakhstan.

Simulation was done for production target of 100 million metric tonnes for year. Material bank density is 2320 kg per bank cubic meter (BCM) and material loosen density 1750 kg per loosen cubic meter (LCM).

CAT 6060FSD – hydraulic front shovel with 34 cubic meter bucket as per SAE 2:1 and CAT 794AC – mining haul truck with nominal payload 291 metric tonnes with trolley assist and without it. This combination is considered as the most optimal with 4-5 bucket pass match.

Table 1 and 2 shows number of inputs entered to FPC software to study performance of trolley assist.

Results

FPC taking to algorithm all inputs generated two scenarios of reaching target production and costs for each. Figure 4 and 5 shows how up-hill direction speed over the haul road on conventional 794AC and 794AC with Trolley assist higher for 13 km/h on 1100-meter trolley line.

Advantage of higher speed on trolley line let 794AC with Trolley assist make 3,08 trips per hour vs 2.84 trips for conventional 794AC truck.

Discussion

Fuel efficiency of CAT 794AC with trolley is 40% lower, FPC considers 60 630 552 kWt-h electricity consumption and convert it to equivalent fuel. Thus, total fuel equivalent consumption over the 10 year course is 31 916 552 liters for fleet of 20 trucks.

Figure 7a shows equivalent fuel consumption per course (fleet of CAT 794AC with trolley consumes 22% less fuel that fleet of conventional CAT 794AC); 7b – cost per tonnes of CAT 794AC with trolley 6,6% lower

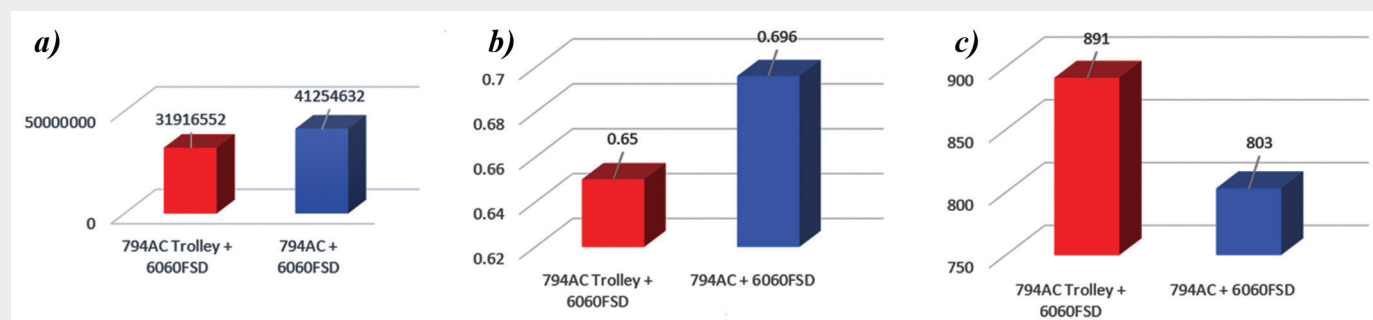


Figure 7. Graphical comparison of a – fuel consumption; b – cost per tonnes and c – production data.

Сурет 7. Графикалық салыстыру: a – отын шығыны; b – тоннаға кететін шығын; c – өнімділік.

Рис. 7. Графическое сравнение: a – расход топлива; b – себестоимость за тонну; c – производительность.

than conventional CAT 794AC; 7c shows that production of each CAT 797AC with trolley can be higher 10.9% than conventional CAT 794AC.

Difference in CO_2 emission between CAT 794AC with Trolley assist and conventional CAT 794AC can be calculated⁶ by below formula:

$$CO_2(t) = \sum_i VK.$$

$$CO_2(t) = (41254632 - 31916552) \times 2,65 = 24745912 \text{ liters,}$$

Where:

K – Diesel fuel burn CO_2 emission coefficient CO_2 EF kg CO_2/l – 2.65;

V – difference in fuel consumption.

Conclusion

Regulations to reduce carbon footprint for mining companies will grow year by year and designing of expansion

and existing and mine mines should be done considering effective technologies on reducing CO_2 emissions by most economical effective way. Individual mine conditions should be considered during feasibility study of technology applications. Analyses of trolley assist use at mine sites are proven way to reduce diesel fuel consumption and dust, improve air quality at minesite and extend diesel engine overhaul intervals [2]. Road construction materials of higher strength and less cohesion improves the general properties of the road in terms of its carrying capacity and durability and can reduce the need for maintenance [3]. A dump truck operators can have a significant effect on the energy efficiency of material handling operations [4].

Using 1100 meter trolley line on CAT 794AC with trolley assist on conditions of 3068 meters haul of Kachar iron ore mine showed 22% fuel efficiency and 6,6% cost per tonnes efficiency.

⁶Breisinger M. Greenhouse gas assessment emissions methodology. / Inter-American development bank. – 2012. – VPS8/ESG Technical note №IDB-TN-455. – 10 p. [electronic resource]. <https://www.iadb.org/en>

REFERENCES

1. Rahman A. Lithium battery recycling management and policy. // *International Journal of Energy Technology and Policy*. – 2017. – №13(3). – P. 278-291 (in English)
2. Nurić S., Nurić A., Brčanić M. Haulage Solutions with trolley assist diesel-electric AC trucks on the pit RMU Banovic. // *Journal of Mining and Metallurgy*. – 2009. – №45A(1). – P. 78-87 (in English)
3. Nurić A., Nurić S. Numerical modeling of transport roads in open pit mines. // *Journal of Sustainable Mining*. – 2019. – Vol. 18. – Issue 1. – P. 25-30 (in English)
4. Awuah-Offei K. Energy efficiency in mining: a review with emphasis on the role of operators in loading and hauling operations. // *Journal of Cleaner Production*. – 2016. – Vol. 117. – P. 89-97 (in English)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Rahman A. Литий батареяларын басқару және қайта өңдеу саясаты. // *Халықаралық журнал энергетикалық технологиялар және саясат*. – 2017. – №13(3). – Б. 278-291 (ағылшын тілінде)
2. Nurić S., Nurić A., Brčanić M. Тасымалдау шешімдері RMU Banovic карьердағы дизельді-электрлік айнымалы ток троллей көмекші құрал. // *Тау-кен және металлургия журналы*. – 2009. – №45A(1). – P. 78-87 (ағылшын тілінде)
3. Nurić A., Nurić S. Карьерлердегі көлік жолдарын сандық модельдеу. // *Тұрақты тау-кен журналы*. – 2019. – Т. 18. – Шығ. 1. – Б. 25-30 (ағылшын тілінде)
4. Awuah-Offei K. Тау-кен өнеркәсібіндегі энергия тиімділігі: тиеу-көлік операцияларындағы операторлардың рөліне баса назар аудара отырып шолу. // *Таза өндіріс журналы*. – 2016. – Шы. 117. – Б. 89-97 (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rahman A. Политика и управление вторичной переработки литиевых аккумуляторов. // *Международный журнал «Технология энергетики и политика»*. – 2017. – №13(3). – С. 278-291 (на английском языке)
2. Nurić S., Nurić A., Brčanić M. Решения по транспортировке с троллейной передачей тяги на дизель-электрических самосвалах с переменным напряжением на карьере RMU Banovic. // *Горно-металлургический журнал*. – 2009. – №45A(1). – P. 78-87 (на английском языке)
3. Nurić A., Nurić S. Цифровое моделирование транспортных дорог в карьерах. // *Журнал по устойчивой добыче полезных ископаемых*. – 2019. – Т. 18. – Вып. 1. – С. 25-30 (на английском языке)
4. Awuah-Offei K. Энергоэффективность в горнодобывающей промышленности: обзор с акцентом на роли операторов в погрузочно-транспортных операциях. // *Журнал чистого производства*. – 2016. – Vol. 117. – P. 89-97 (на английском языке)

Information about authors:

Shakenov A.T., Master of Technical Science, Doctoral Student at the Department «Mining» of the Institute of Mining and Metallurgy of the Satbaev University (Almaty, Kazakhstan), a.shakenov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-1336-4140>

Stolpovskikh I.N., Doctor of Technical Science, Professor at the Department «Technological Machines and Transport» of the Institute of Energy and Mechanical Engineering of the Satbaev University (Almaty, Kazakhstan), i.stolpovskikh@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-2893-5070>

Iskak A.B., Master of Technical Science, Mining Application Manager of the Limited Liability Company Foreign Enterprise «Borusan Makina Kazakhstan» (Almaty, Kazakhstan), aiskak@borusan.com; <https://orcid.org/0000-0002-4023-9222>

Авторлар туралы мәліметтер:

Шакенов А.Т., техника ғылымдарының магистрі, Satbaev University, Metallurgiya және өнеркәсіптік инженерия институтының, «Тау-кен ісі» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Столповских И.Н., техника ғылымдарының докторы, Satbaev University, Энергетика және машина жасау институты, «Технологиялық машиналар және көлік» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Ыскак А.Б., техника ғылымдарының магистрі, «Борусан Макина Қазақстан» Шетелдік Кәсіпорын Жауапкершілігі шектеулі серіктестік, Тау-кен техника колдану бөлімінің басшысі (Алматы қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Шакенов А.Т., магистр технических наук, докторант кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института Satbaev University (г. Алматы, Казахстан)

Столповских И.Н., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологические машины и транспорт» Института энергетики и машиностроения Satbaev University (г. Алматы, Казахстан)

Ыскак А.Б., магистр технических наук, менеджер отдела по применению горных машин Товарищества с ограниченной ответственностью Иностранное Предприятие «Борусан Макина Казахстан» (г. Алматы, Казахстан)

Authors are gratitude management of Kachar mine for provided haul road data and cooperation during the study.

KAZAKHSTAN
INDUSTRY WEEK



KAZAKHSTAN
MACHINERY FAIR



МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

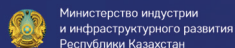
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ПО МАШИНОСТРОЕНИЮ И МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

10-12 мая 2023

Международный выставочный центр «EXPO»
г. Астана, Казахстан

promweek.kz

Организаторы:



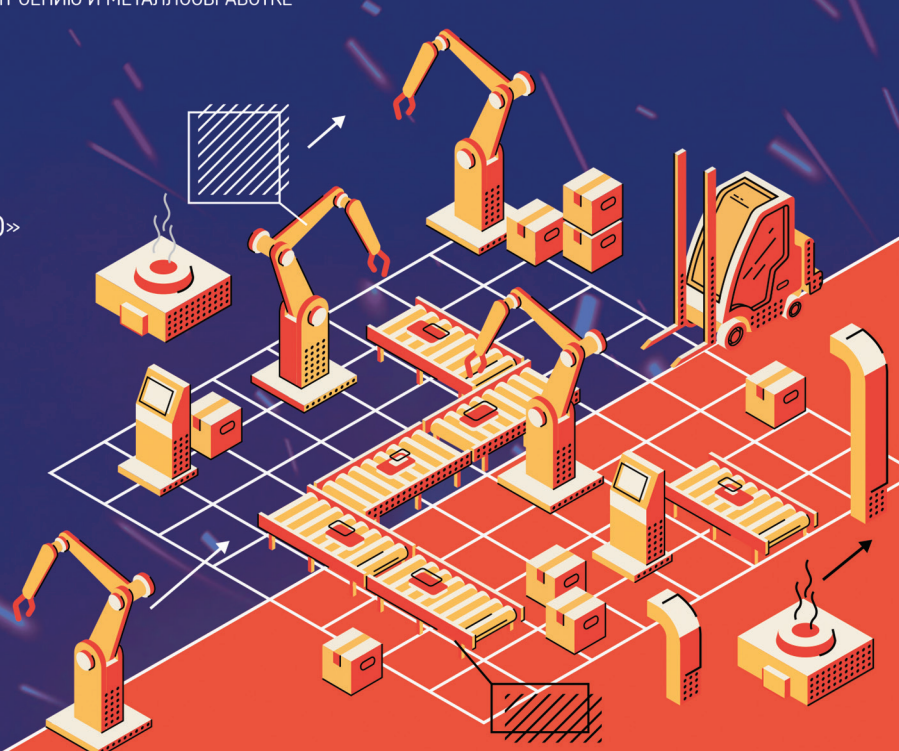
Министерство индустрии
и инфраструктурного развития
Республики Казахстан



AEXKS

Контакты:

Выставочная компания
«Астана-Экспо КС»
+7 (7172) 64 23 23





**6-9 июня 2023
Новокузнецк**

XXXI Международная специализированная
выставка технологий горных разработок

УГОЛЬ и МАЙНИНГ **РОССИИ**

XIII Международная специализированная выставка

ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

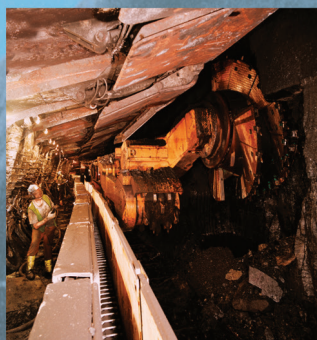
VIII Международная специализированная выставка

НЕДРА РОССИИ

II Специализированная выставка

ПРОМТЕХЭКСПО

ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС! ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!



уголь



руды



промышленные минералы



охрана и безопасность труда



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Выставочный комплекс «Кузбасская ярмарка»,
ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк,
т/ф: 8 (3843) 32-22-22, 32-11-89, 32-11-18



MPHTI 86.40.00

N.B. Ermukhanova, D.B. Nurzhanova, A.A. Tashimova, S.E. Aliyaskar*

Korkyt Ata Kyzylorda University (Kyzylorda, Kazakhstan)

ANALYSIS MODELING OF THE HAZARDOUS SUBSTANCES IMPACT AFFECTING THE SHIFT TOWN OF THE KUMKOL FIELD

Abstract. The article analyzes and simulates the impact of hazardous substances affecting the shift camp of the Kumkol field. The probability of the main explosive gases and vapors accumulation at the field occurs in pipelines with oil and gas wells, in the factory for complex oil preparation and injection, oil and gas separators. The article describes on the basis of accident performance models in the zone of damaging factors influence: thermal radiation due to fire, excessive explosion pressure and toxic effects of hydrogen sulfide. The initial data on the main scenarios of forecast accidents are based on weather, including wind speed, when the oil and gas mixture in the well ignites from a fire and is exposed to thermal radiation from accidents in the oil and gas separator, equipment is destroyed, people are damaged and poisoned with hydrogen sulfide.

Key words: Kumkol field, hazardous factors, accident scenarios, well, oil and gas separator, weather, thermal radiation, overpressure, fire, fireball, toxic effects of hydrogen sulfide.

Құмкөл кен орны вахталық қалашығына әсер ететін қауіпті заттар әсерін талдау модельдеу

Андатпа. Мақалада Құмкөл кен орны вахталық қалашығына әсер ететін қауіпті заттар әсері талданып, модельдеу қарастырылады. Кен орнындағы басты жарылғыш газдар мен булардың жиналу ықтималдығы мұнай және газ ұңғымаларымен, мұнайды кешенді дайындау және айдау цехында, мұнай-газ сепараторларымен құбырларда орын алады. Мақалада авария қойылымдарының модельдері негізінде зақымдаушы факторлардың әсер ету аймағында: өрт әсерінен жылулық сәулелену, жарылыстың артық қысымы және күкіртті сутегінің уытты әсері сипатталады. Болжамдық апаттардың негізгі сценарийлері бойынша бастапқы деректер ауа райы, оның ішінде желдің жылдамдығы негізінде, өрттен ұңғымадағы мұнай-газ қоспасы тұтанып және мұнай-газ сепараторындағы апаттардан жылулық сәулеленуге ұшырап, жабдықтар қирап, адамдар зақым алып, күкіртсутегімен уланады.

Түйінді сөздер: Құмкөл кен орны, қауіпті факторлар, авария қойылымы, ұңғыма, мұнай-газ сепараторы, ауа райы, жылулық сәулелену, артық қысым, өрт, отты шар, күкіртсутектің уытты әсері.

Анализ моделирования воздействия опасных веществ на вахтовый поселок месторождения Кумколь

Аннотация. В статье анализируется и рассматривается моделирование воздействия опасных веществ, влияющих на вахтовый городок Кумкольского месторождения. Вероятность накопления основных взрывоопасных газов и паров на месторождении возникает в нефтяных и газовых скважинах, в цехе комплексной подготовки и перекачки нефти, в трубопроводах с нефтегазоотделителями. В статье на основе моделей аварий описываются зоны воздействия поражающих факторов (тепловое излучение от воздействия пожара, избыточное давление взрыва и токсическое воздействие сероводорода). Исходные данные по основным сценариям прогнозных катастроф основаны на погодных условиях, в том числе на скорости ветра. При пожаре воспламеняется нефтегазовая смесь в скважине и от аварий на нефтегазоносном сепараторе подвергается тепловому излучению, разрушается оборудование, люди получают повреждения и отравляются сероводородом.

Ключевые слова: Кумкольское месторождение, опасные факторы, сценарии аварий, скважина, нефтегазовый сепаратор, погода, тепловое излучение, избыточное давление, пожар, огненный шар, токсическое воздействие сероводорода.

Introduction

At the Kumkol field, 6 shift settlements operating on a rotational basis work in 2 shifts. Its number of workers per shift: in Kumkol – 350 people, Arysium – 120, Kyzylkiya – 70, South-Western Kyzylkiya – 12, Maibulak – 8, Karabulak – 32. The distance of the shift settlement from the mines and from the place of work is different, from 3 km to 15 km. Control points (operator) were organized to monitor and manage technological processes for oil production and processing at the Kumkol field: central operator (dispatching) – in shift settlement and factory operator (dispatching) – in each department. Operators are equipped with a technological process control system at each stage of oil and gas movement, an emergency disconnection system in case of exceeding the process parameters, a fire detection system, turning on automatic fire extinguishing,

an emergency alarm system. The operator's premises are built of fire-resistant materials, equipped with heating, ventilation systems, fluorescent lighting, and personal protective equipment. The magnitude of the risk to which employees are exposed at field facilities is determined by the method of quantitative risk assessment. The resulting level of risk is assessed according to eligibility criteria, after which the necessary measures to reduce it are developed [1].

Materials and research methods

The process of production, transportation, processing and storage of oil and gas products at the Kumkol field is characterized as extremely hazardous production. This is associated with explosive and fire hazardous products and the risk of technological processes occurring under high pressure.

Potential damaging factors in the oil and gas industry, resulting from

non-compliance with safety measures, injury to personnel in this industry, and even death:

- thermal radiation from a combustible oil and gas mixture of gas or oil;
- poisoning with toxic hydrocarbon combustion products;
- exposure to excess pressure from the explosion of vapors of petroleum products;
- poisoning with gas vapors containing hydrogen sulfide.

The main hazardous substances involved in the technological process at the field are oil production products: reservoir oil, oil gas, degassed oil, demulsifiers used to separate water from oil in the process of oil emulsion decomposition and oil separation, inhibitors used to prevent corrosion and salt scale, as well as other chemical reagents and substances^{1,2}.

Hydrogen sulfide is present in many operations related to oil and gas. If safety measures are constantly

¹Davydova S.L., Teplyakov V.V. Hydrocarbon fuel and its impact on the environment. – M.: RUDN, 2012. – 136 p. (in Russian)

²Priymak V.V. Methodology of complex technological listening for fire safety management of petroleum products storage facilities. – SPb., 2017. – 146 p. (in Russian)

observed, work with it can be safely carried out. Many fatal cases are caused by poisoning from it. The consequences of an accident are likely to be different. It depends on the number, volume of discarded materials, duration of disposal, speed, non-combustion combustion. The severity of the consequences of an accident is influenced by the stability of atmospheric phenomena, wind speed and direction [2, 3]. Therefore, in models of accident performances to identify the main damaging factor:

- in case of fire – distance to beam acquisition level $37,5 \text{ kW/m}^2$;
- the distance of the gas-air mixture cloud to the shock wave when it explodes 35 KPa;
- toxic effects of spills – is determined by the distance to the maximum impact level.

The effects of spilled hydrogen sulfide are determined in these parameters:

- the content of hydrogen sulfide in the air (MES) in the working area of oil, which belongs to hazardous substances, mg/m^3 : H_2S – 3,0, $R-SH$ – 0,8 (GOST 12.1.011);
- maximum allowable amount in the air, mg/m^3 : H_2S – 0,008; $R-SH$ – 9×10^{-6} (RK SanRaN.3.02.036.99);
- lethal dose LCt_{50} , dose H_2S – 750 – 100 mg/m^3 ;
- threshold sensing toxic dose PCt_{50} , H_2S – 200-280 mg/m^3 ;
- lethal concentration $JK50$: H_2S – 227 mg/l , $R-SH$ – 20 mg/l .

Results and their discussion

The main scenarios of predicted accidents are a well fire, a pipe explosion, a drop in pressure at the joints, a failure of shut-off equipment, the formation of excess pressure in the tanks [4].

1. **Ignition of the oil and gas mixture in the well.** In Figures 2-3 the horizontal flow of fire from the well in the diagram of the ellipses of thermal radiation 4 kW/m^2 , 12 kW/m^2 , $37,5 \text{ kW/m}^2$, the ignition of the oil and gas mixture in the well was considered. The simulation predicted the formation of a horizontal flare (jet) fire. At a wind speed of 1/A, 105,2 m, and at a distance of 5/D – 85,0 m, all technological equipment from the fire center will be damaged, and under the influence of thermal radiation there

will be 100% mortality. At a distance of 345.0 m at 1/A and at a distance of 192.2 m at 5/D, metal structures are destroyed under the influence of explosion wave overpressure.

In Figure 2, the thermal radiation flows from the well fire at 4 kW/m^2 , 12 kW/m^2 , $37,5 \text{ kW/m}^2$ move only slightly at a wind speed of 1 meter

per second, and the effect of the heat flow from the fire increases, in Figure 3 although the flows of thermal radiation flare up due to the wind at a wind speed of 5 meters per second, the effect of thermal radiation weakens. The effect of hydrogen sulfide on the human body when the wind speed is 5 meters per second, the concentration

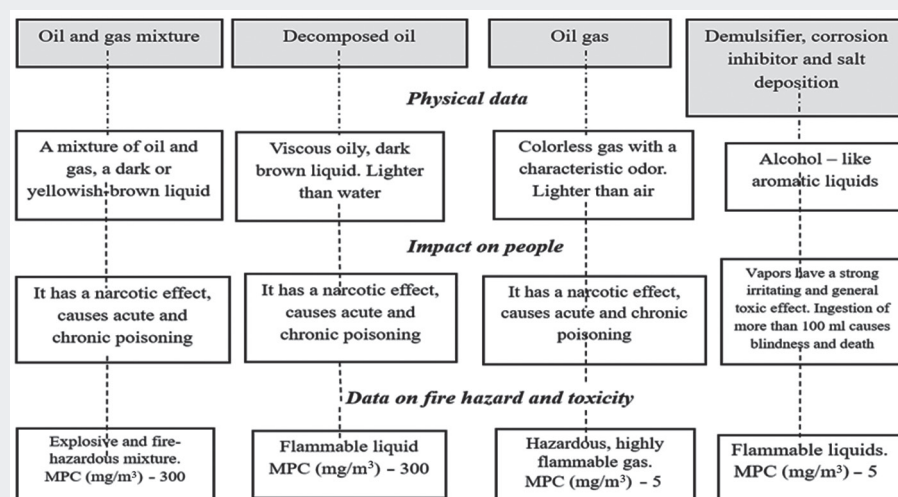


Figure 1. Characteristics of hazardous substances in the production, preparation and transportation of oil at the field of JSC «PKKR».

Сурет. 1. «ПҚКР» АҚ кен орнында мұнай өндіру, дайындау және тасымалдау кезіндегі қауіпті заттардың сипаттамасы.

Рис. 1. Характеристики опасных веществ при добыче, подготовке и транспортировке нефти на месторождении АО «ПҚКР».

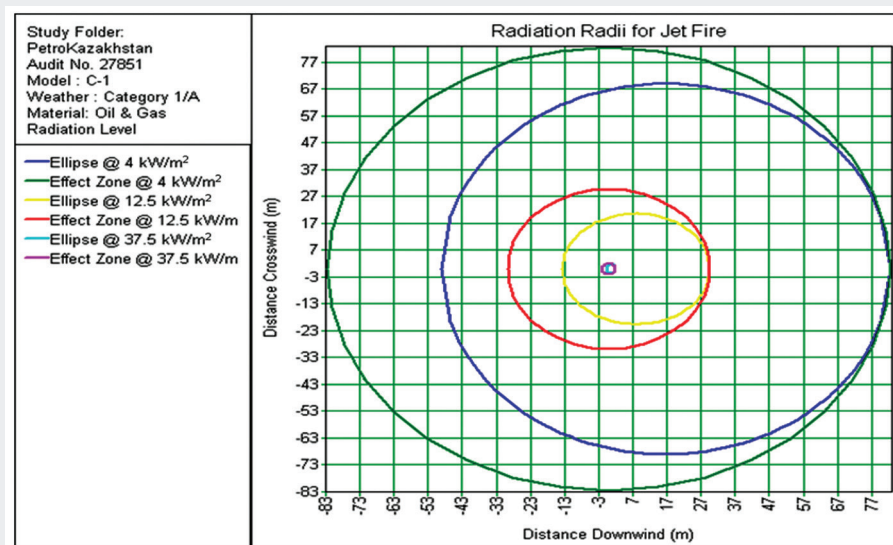


Figure 2. Graph of ellipses of thermal radiation of 4 kW/m^2 , 12 kW/m^2 , $37,5 \text{ kW/m}^2$ of jet fire with horizontal discharge from a well (weather category 1/A).

Сурет 2. Ұңғымадан көлденең шығарылатын ағынды өрттің 4 kW/m^2 , 12 kW/m^2 , $37,5 \text{ kW/m}^2$ жылулық сәулелену эллипстерінің сызбасы (ауа райы санаты 1/A).

Рис. 2. График эллипсов теплового излучения 4 kW/m^2 , 12 kW/m^2 , $37,5 \text{ kW/m}^2$ струйного пожара при горизонтальном выбросе из скважины (категория погоды 1/A).

dissipates and the effect is small. And the effect on the human body is felt from a distance of 9 meters, when the wind speed is 1 meter per second [4, 5].

The level of thermal radiation emanating from the flame in the well:

- at 4 kW/m² in case of emergency actions, people without protective

equipment can walk for a duration of up to 1 minute, but the second degree burns can get. Fatal outcome – 0%;

- at 12,5 kW/m² with prolonged exposure to thermal radiation, the number of cases of ignition of surrounding objects and fatal outcome in 1 minute is likely to be 1%;

- at 37,5 kW/m² in the absence of protection of technological equipment in thermal radiation, its damage and «exacerbation» of the situation in a matter of minutes can occur. Fatal outcome in 1 minute 100%.

The toxic hazard of oil depends on the composition and amount of impurities, oil with a high hydrogen sulfide content is the most dangerous. But compared to marine oil, Kumkol oil contains a much smaller percentage of hydrogen sulfide, carbon dioxide than marine oil. In a gas separator accident, the effect of hydrogen sulfide on the human body is observed at a distance of 3-5 meters, and in 15 minutes fainting begins. Collector of the oil and gas mixture the effect of hydrogen sulfide on the human body occurs at a distance of 28-30 meters. The smell of hydrogen sulfide is felt at a distance of 1100-1230 meters.

2. *In an oil and gas separator accident, the effect of hydrogen sulfide on the human body can occur at a distance of 30-35 meters. The possibility of a catastrophic explosion of an oil and gas separator, followed by ignition and explosion, was considered. As a result of the catastrophic explosion, a fireball was formed. At wind speeds of 1/A and 5/D the radius of the fireball was 138.31 m, the action time was 17.99 seconds. All technological equipment at a distance of 312.97 meters from the fire center will be damaged, and under the influence of thermal radiation there will be 100% mortality. In figures 4-5, the radius of action is 921.1 m at wind speeds of 1/A and 5/D with thermal radiation of 4 kW/m²; at 12 kW/m² – 543.3 m; at 37,5 kW/m² the radius of action is 312.97 meters. As thermal radiation increases, the exposure distance becomes closer.*

Conclusion

The development of emergency situations for equipment and pipelines of oil and gas mixture, gas and oil and

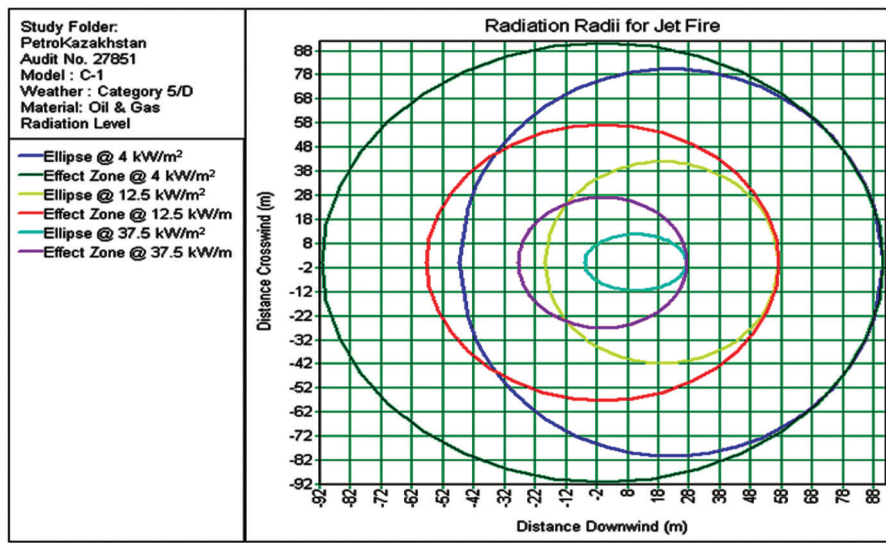


Figure 3. Graph of ellipses of thermal radiation of 4 kW/m², 12 kW/m², 37,5 kW/m² of jet fire with horizontal discharge from a well (weather category 5/D).

Сурет 3. Ұңғымадан көлденең шығарылатын ағынды өрттің 4 кВ/м², 12 кВ/м², 37,5 кВ/м² жылулық сәулелену эллипстерінің сызбасы (ауа райы санаты 5/D).

Рис. 3. График эллипсов теплового излучения 4 кВ/м², 12,5 кВ/м², 37,5 кВ/м² струйного пожара при горизонтальном выбросе из скважины (категория погоды 5/D).

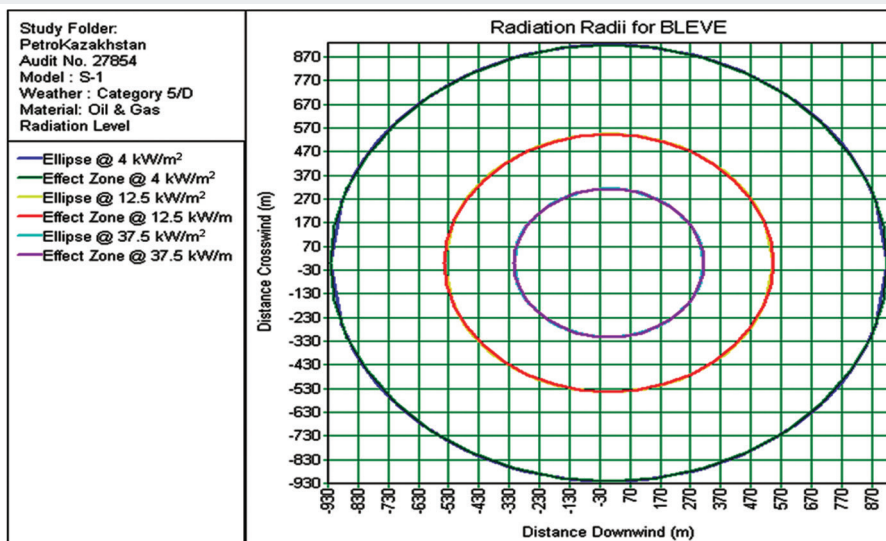


Figure 4. Graph of ellipses of thermal radiation of 4 kW/m², 12 kW/m², 37,5 kW/m² of a fireball during a catastrophic rupture of an oil and gas separator (weather category 1/A).

Сурет 4. Мұнай-газ сепараторының апатты жарылуы кезіндегі отты шардың 4 кВ/м², 12 кВ/м², 37,5 кВ/м² жылу сәулелену эллипстерінің графигі (ауа райы санаты 1/A).

Рис. 4. График эллипсов теплового излучения 4 кВ/м², 12 кВ/м², 37,5 кВ/м² огненного шара при катастрофическом разрыве нефтегазового сепаратора (категория погоды 1/A).

their localization during equipment depressurization corresponds to the following general sequence: depressurization of equipment or pipeline → release of oil and gas mixture, gas, oil under pressure → distribution of gaseous and liquid fractions of emission products → environmental pollution → possible ignition and explosion → sealing of the damaged area, equipment or pipeline by means of valves and pressure relief valves → turning off compressors and pumps → localization and elimination of bottling (fires).

An effective tool for reducing the risks of exposure to personnel is the reduction of personnel to the minimum required number, especially at particularly dangerous facilities and primarily due to complex mechanization and automation of production processes. The work area requires only a small number of employees who enter to check technologies that work without people, to provide technological services [5, 6].

Poisoning, burns, wounds, skin charring, which occurs in a well, compressor station, oil refining plant, can occur due to improper handling of alkalis, acids, polymers, surfactants during well processing and with improper handling of containers for storing toxic substances.

In order to prevent the release of hazardous substances into the environment, liquid substances are stored in containers, solid chemicals are stored in storage pockets, and strong chemicals are stored in steel containers. When transporting and storing items and materials, they should not interact with each other. This is because effects such as

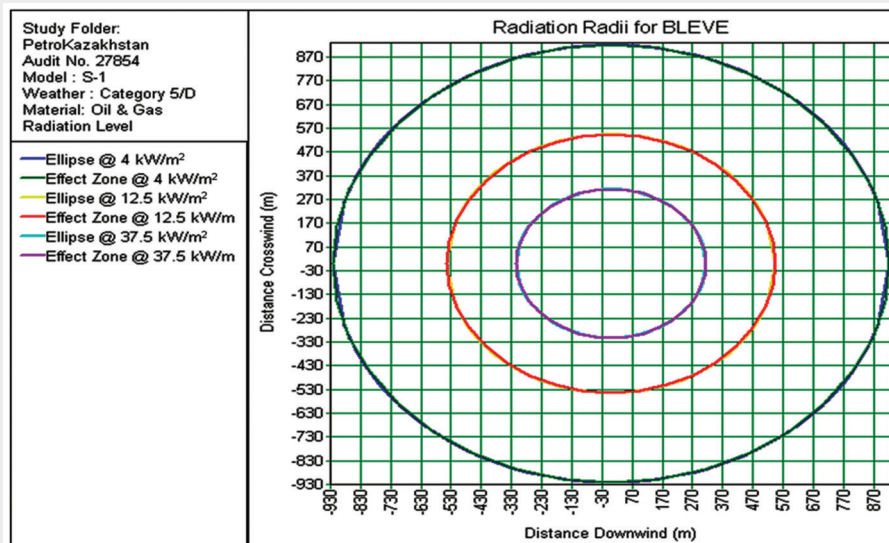


Figure 5. Graph of ellipses of thermal radiation of 4 kW/m², 12 kW/m², 37.5 kW/m² of a fireball during a catastrophic rupture of an oil and gas separator (weather category 5/D).

Сурет 5. Мұнай-газ сепараторының апатты жарылуы кезіндегі отты шардың 4 кВт/м², 12 кВт/м², 37,5 кВт/м² жылу сәулелену эллипстерінің графигі (ауа райы санаты 5/D).

Рис. 5. График эллипсов теплового излучения 4 кВт/м², 12 кВт/м², 37,5 кВт/м² огненного шара при катастрофическом разрыве нефтегазового сепаратора (категория погоды 5/D).

combustion, eruption, and explosion occur. Hazardous waste is stored in containers and barrels of special brands that meet special standards of the Republic of Kazakhstan and the international standard. Measures to reduce losses in the event of a spill of chemical and hazardous substances are carried out using equipment and reagents in accordance with the methods of stopping with a specially developed plan.

For a significant reduction in the risk of accidents, impacts on personnel and equipment:

- conducting systematic anti-accident exercises and accident

response exercises in the field workshops;

- organization, equipment and training of volunteer firefighters, fountain and gas rescue teams at the facilities;

- preparation of funds for the rescue of people and the elimination of accidents, implementation of constant control over their condition;

- creation of reserves of material reserves, reserve fund of financial resources.

The implementation of these measures will reduce the risk of accidents at the Kumkol field, and if they occur, reduce the severity of the consequences³ [7, 8].

³Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (second edition). – New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000. – 756 p. (in English)

REFERENCES

1. Ermukhanova N.B., Kerymbekova Z.M., Baibotaeva A.D., et al. Criteria of acceptance and quantitative estimation of risks on oil fields Kumkol. // *Industrial technologies and engineering: V International scientific practical conference*. – 2018. – P. 123-129 (in English)
2. Kubas J., Polorecka M., Holla K., et al. Use of toxic substance release modelling as a tool for prevention planning in border areas. // *Atmosphere*. – 2022. – Vol. 13. – P. 836 (in English)
3. Nikitin N.A., Ivakhnyuk G.K., Trofimov I.V. Osnovy obespecheniya bezopasnosti na potencial'no opasnykh ob'ektax obrashheniya nefteproduktov [Fundamentals of safety at potentially hazardous oil products circulation facilities]. // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii* =

- Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia.* – 2013. – №3. – P. 27-31 (in Russian)
4. *Abdrakhmanov S.T., Ermukhanova N.B., Kulmagambetova N. «Sauts Ojl» ZhShS ob"ektileriniń ónerkásiptik қауipsizdigin taldaу [Analysis of industrial safety of objects of Sauts Oil LLP]. // Adam men қоғамның қауipsizdigi Әлеуметтік zhәне гуманитарлық ғылымдар мәselesi retinde: zheltoқsandaғы II Халықаралық ғылыми konferenciya materialdary = Safety of a person and society as a problem of social sciences and humanities: materials of the II International scientific conference. – Prague: Sociosféra-CZ, 2015. – P. 99-103 (in Kazakh)*
 5. *Abdrakhmanov S.T., Ermukhanova N.B., Sagyndyk A. «ҚТС» ZhShS nysandaryndaғы texnogendik қауiptiliktiń personaldarға tigizetin әserin taldaу [Analysis of the impact of man-made hazards personnel at the facilities of LLP «KTS»]. Әлеуметтік zhәне гуманитарлық ғылымдар мәselesi retinde: 2015 zhылғы 5-6 zheltoқsandaғы II Халықаралық ғылыми konferenciya materialdary Safety of a person and society as a problem of social sciences and humanities: materials of the II International scientific conference. – Prague: Sociosféra-CZ, 2015. – P. 96-99 (in Kazakh)*
 6. *Sulejmenova G.K. Analiz uslovij vozniknoveniya i razvitiya avarij neftegazovogo mestorozhdeniya Dulat TOO «Sagiz Petroleum Kompani» [Analysis of the conditions of occurrence and development of accidents of the oil and gas field Dulat LLP «Sagiz Petroleum Company»]. // Vestnik Kazaxsko-Russkogo Mezhdunarodnogo universiteta = Bulletin of the Kazakh-Russian International University. – 2017. – №2(19). – P. 456-464 (in Russian)*
 7. *Kostyuk A., Tumanov A., Tumanov V., Zybina O. Improving emergency response systems In the oil and gas industry to reduce environmental. // E3S Web of Conferences. – 2020. – 221. – P. 01008 (10 p.) (in English)*
 8. *Zhukov O.V. Pokazateli e'ffektivnosti upravleniya riskami neftegazovyx proektov [Indicators of the effectiveness of risk management of oil and gas projects]. // Problemy e'konomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom = Problems of economics and management of the oil and gas complex. – 2013. – Vol. 4. – P. 17-24 (in Russian)*
- ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**
1. *Ermukhanova N.B., Kerymbekova Z.M., Vaibotaeva A.D., et al. Құмкөл мұнай кен орындарындағы тәуекелдерді қабылдау критерийлері және сандық бағалау. // Өнеркәсіптік технологиялар және инжиниринг: V Халықаралық ғылыми-практикалық конференция. – 2018. – Б. 123-129 (ағылшын тілінде)*
 2. *Kubas J., Polorecka M., Holla K., et al. Шекара аймақтарында улы заттардың бөлінуін модельдеуді алдын алуды жоспарлау құралы ретінде пайдалану. // Атмосфера. – 2022. – Шығ. 13. – Б. 836 (ағылшын тілінде)*
 3. *Никитин Н.А., Ивахнюк Г.К., Трофимов И.В. Мұнай өнімдері айналымының ықтимал қауіпті объектілерінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету негіздері. // Ресей ТЖМ Санкт-Петербург мемлекеттік өртке қарсы қызмет университетінің хабаршысы. – 2013. – №3. – Б. 27-31. (орыс тілінде)*
 4. *Абдрахманов С.Т., Ермуханова Н.Б., Күлмағамбетова Н. «Саутс Ойл» ЖШС объектілерінің өнеркәсіптік қауіпсіздігін талдау. // Адам мен қоғамның қауіпсіздігі әлеуметтік және гуманитарлық ғылымдар мәселесі ретінде: II Халықаралық ғылыми конференция материалдары. – Прага: Социосфера-CZ. – 2015. – Б. 99-103 (қазақ тілінде)*
 5. *Абдрахманов С.Т., Ермуханова Н.Б., Сағындық А. «ҚТС» ЖШС нысандарындағы техногендік қауіптіліктің персоналдарға тигізетін әсерін талдау. // Адам мен қоғамның қауіпсіздігі әлеуметтік және гуманитарлық ғылымдар мәселесі ретінде: II Халықаралық ғылыми конференция материалдары – Прага: Социосфера-CZ. – 2015. – Б. 96-99 (қазақ тілінде)*
 6. *Сүлейменова Г.К. Мұнай-газ кен орнының аварияларының туындау және даму жағдайларын талдау Дулат TOO «Сагиз Петролеум Компани». // Қазақстан-Ресей университетінің хабаршысы. – 2017. – №2(19). – Б. 456-464 (орыс тілінде)*
 7. *Kostyuk A., Tumanov A., Tumanov V., Zybina O. Қоршаған ортаға әсерді азайту үшін мұнай-газ саласындағы төтенше жағдайларға ден қою жүйелерін жетілдіру. // E3S Веб-конференциясы. – 2020. – 221. – Б. 01008 (ағылшын тілінде)*
 8. *Жуков О.В. Мұнай-газ жобаларының тәуекелдерін басқару тиімділігінің көрсеткіштері. // Экономика және мұнай-газ кешенін басқару мәселелері. – 2013. – Шығ. 4. – Б. 17-24 (орыс тілінде)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Ermukhanova N.B., Kerymbekova Z.M., Vaibotaeva A.D. и др. Критерии приемлемости и количественная оценка рисков на нефтяных месторождениях Кумколь. // Промышленные технологии и инжиниринг: V Международная научно-практическая конференция. – 2018. – С. 123-129 (на английском языке)*
2. *Kibas J., Polorecka M., Holla K. и др. Использование моделирования выбросов токсичных веществ в качестве инструмента планирования предотвращения в приграничных районах. // Атмосфера. – 2022. – Вып. 13. – С. 836 (на английском языке)*
3. *Никитин Н.А., Ивахнюк Г.К., Трофимов И.В. Основы обеспечения безопасности на потенциально опасных объектах обращения нефтепродуктов. // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. – 2013. – №3. – С. 27-31 (на русском языке)*
4. *Абдрахманов С.Т., Ермуханова Н.Б., Кұлмағамбетова Н. Анализ промышленной безопасности объектов ТОО «Саутс Ойл». // Безопасность человека и общества как проблема социальных и гуманитарных наук: материалы II Международной научной конференции. – Прага: Социосфера-CZ, 2015. – С. 99-103 (на казахском языке)*
5. *Абдрахманов С.Т., Ермуханова Н.Б., Сағындық А. Анализ влияния техногенной опасности на персонал на объектах ТОО «КТС». // Безопасность человека и общества как проблема социальных и гуманитарных наук: материалы II международной научной конференции. – Прага: Социосфера-CZ, 2015. – С. 96-99 (на казахском языке)*
6. *Сулейменова Г.К. Анализ условий возникновения и развития аварий нефтегазового месторождения Дулат ТОО «Сагиз Петролеум Компани». // Вестник Казахско-Русского Международного университета. – 2017. – №2(19). – С. 456-464 (на русском языке)*
7. *Kostyuk A., Tumanov A., Tumanov V., Zubina O. Совершенствование систем реагирования на чрезвычайные ситуации в нефтегазовой отрасли для снижения воздействия на окружающую среду. // E3S Web-конференции. – 2020. – 221. – Б. 01008 (на английском языке)*
8. *Жуков О.В. Показатели эффективности управления рисками нефтегазовых проектов. // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2013. – Вып. 4. – С. 17-24 (на русском языке)*

Information about the authors:

Ermukhanova N.B., PhD, Senior Lecturer at the Department «Electric Power Engineering, Technosphere Safety and Ecology» of the Korkyt Ata Kyzylorda University (Kyzylorda, Kazakhstan), nurzhamal77@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5748-3731>

Aliyaskar S.E., Master's Student at the Department «Electric Power Engineering, Technosphere Safety and Ecology» of the Korkyt Ata Kyzylorda University (Kyzylorda, Kazakhstan), aliyaskar.sabira@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5955-0512>

Nurzhanova D.B., Senior Lecturer at the Department «Electric Power Engineering, Technosphere Safety and Ecology» of the Korkyt Ata Kyzylorda University (Kyzylorda, Kazakhstan), divadan2017@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3476-256X>

Tashimova A.A., Senior Lecturer at the Department «Electric Power Engineering, Technosphere Safety and Ecology» of the Korkyt Ata Kyzylorda University (Kyzylorda, Kazakhstan), aliyamaulen@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1703-3792>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ермуханова Н.Б., PhD, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің, «Электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология» кафедрасының аға оқытушысы (Қызылорда қ., Қазақстан)

Әлиясқар С.Е., Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, «Электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология» кафедрасының магистранты (Қызылорда қ., Қазақстан)

Нуржанова Д.Б., Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің, «Электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология» кафедрасының аға оқытушысы (Қызылорда қ., Қазақстан)

Ташимова А.А., Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің, «Электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология» кафедрасының аға оқытушысы (Қызылорда қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Ермуханова Н.Б., PhD, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика, техносферная безопасность и экология» Кызылординского университета им. Коркыт Ата (г. Кызылорда, Казахстан)

Әлиясқар С.Е., магистрант кафедры «Электроэнергетика, техносферная безопасность и экология» Кызылординского университета им. Коркыт Ата (г. Кызылорда, Казахстан)

Нуржанова Д.Б., старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика, техносферная безопасность и экология» Кызылординского университета им. Коркыт Ата (г. Кызылорда, Казахстан)

Ташимова А.А., старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика, техносферная безопасность и экология» Кызылординского университета им. Коркыт Ата (г. Кызылорда, Казахстан)

XVIII

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР



ufi
Approved
Event

Mining Week

KAZAKHSTAN'2023

2023
27-29
ИЮНЬ

КАРАГАНДА
КАЗАХСТАН

ТОО «TNT EXPO»

+7 (727) 344 00 63

mintek@tntexpo.com

mining.week.kazakhstan



miningweek.kz

Международная специализированная выставка
технологий горных разработок

УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

**ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС!
ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!**



6-9 июня 2023 г.

Международные специализированные выставки
**ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА
И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**НЕДРА РОССИИ
ПРОМТЕХЭКСПО**



☎ **8 800 500 40 42**
www.ugolmining.ru

«УГОЛЬ РОССИИ И МАЙНИНГ-2023»: «ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС! ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!»

За 2022 год в Республике Казахстан было реализовано больше 50 проектов с иностранным участием в области добычи полезных ископаемых, машиностроения, металлургии и других отраслей промышленности. В свою очередь, местные производители Центральной Азии активно развиваются и ищут новые рынки для своих разработок. Площадкой, где можно представить продукты и услуги компании, а также найти актуальные решения для своего бизнеса и потенциальных потребителей, традиционно выступают профильные международные выставки.

С 6 по 9 июня 2023 г. в выставочном комплексе «Кузбасская ярмарка» вновь откроет двери для посетителей и экспонентов XXXI Международная специализированная выставка технологий горных разработок – «Уголь России и Майнинг».

«Уголь России и Майнинг» – это главное ежегодное отраслевое событие, посвященное технологиям горных разработок, которое уже 31 год является местом притяжения ведущих российских и зарубежных производителей в «угольном сердце» России – г. Новокузнецке. Мероприятие объединяет все отрасли горнорудной промышленности и является уникальной площадкой для демонстрации новейших технологий, организации профессиональных дискуссий и обмена опытом, укрепления старых и налаживания новых деловых связей.

За время работы выставка выросла в современный кросс-отраслевой проект, который оказывает большое

влияние на развитие добывающих и производственных предприятий не только в России, но и по всему миру. Так, в 2022 году в выставке приняли участие свыше 450 компаний из 12 стран, посетили 44398 человек, большая часть из которых – технические специалисты, руководители предприятий, представители научных кругов и государственных структур.

В 2023 году г. Новокузнецк отмечает свое 405-летие. За четыре столетия город прошел путь от небольшой крепости до центра тяжелой промышленности всей России, поэтому не случайно, что XXXI выставка будет приурочена к юбилею города.

«Уголь России и Майнинг» объединяет компании, работающие во всех отраслях промышленности, связанных с добывающим сектором экономики. Производители оборудования, спецтехники, инструмента и оснастки, сервисные организации, добывающие предприятия и металлургические комбинаты представлены в более чем 30 тематических разделах.



В этом году в г. Новокузнецке соберутся как промышленные исполины, такие как Копейский машзавод, Илhma, БелАЗ, Хитачи, Камоцци Пневматик, Лукойл, Роснефть, Завод модульных дегазационных установок, Уральский завод конвейерных лент, СМТ Шарф, СУЭК, ЧЕТРА, TANGSHAN SHENZHOU MANUFACTURING CO, Томский кабельный завод, Камский кабель, SANYI, Курганский машиностроительный завод, Газпром, Магнитогорский металлургический комбинат, Инженерный центр «АСИ», так и начинающие производители и другие лидеры отрасли.

«Выставка «Уголь России и Майнинг» уже более 30 лет помогает производителям, поставщикам, добывающим и сервисным предприятиям найти друга и решить актуальные задачи. В прошлом году в ответ на вызовы рынка мы значительно расширили состав участников производителями смежных с угольной отраслями, в числе которых металлургия, металлообработка, машиностроение и другие.

Также мы продолжаем поддерживать локальных производителей, которые планомерно занимают высвободившиеся ниши и представляют отраслевому рынку отечественные разработки.

И этот тренд будет только усиливаться. В этом году выставка пройдет под девизом «Шире, чем Кузбасс! Глубже, чем Уголь!». Так мы хотим показать, что продолжаем расширять направления выставки как по отраслям, так и по долям компаний-участников из России, Турции, Китая и Индии. Выставка открывает большие возможности для развития и расширения локальных производств. Такой подход позволит всем участникам рынка узнать самые актуальные отраслевые тенденции, найти потенциальных партнеров и заказчиков, пополнить базу своих деловых контактов и, как следствие, заложить прочную основу для будущего экономики», – отметила Альбина Бунеева, директор ООО «Кузбасская ярмарка».

«Уголь России и Майнинг» – крупнейшая выставка технологий горных разработок, ежегодно проходящая в г. Новокузнецке.

За 30 лет работы в выставке приняло участие более 6720 предприятий из 30 стран Европы, Северной и Южной Америки, Азии, Африки, Австралии. Почти миллион специалистов различных сфер экономики и производства посетили выставку в Новокузнецке.

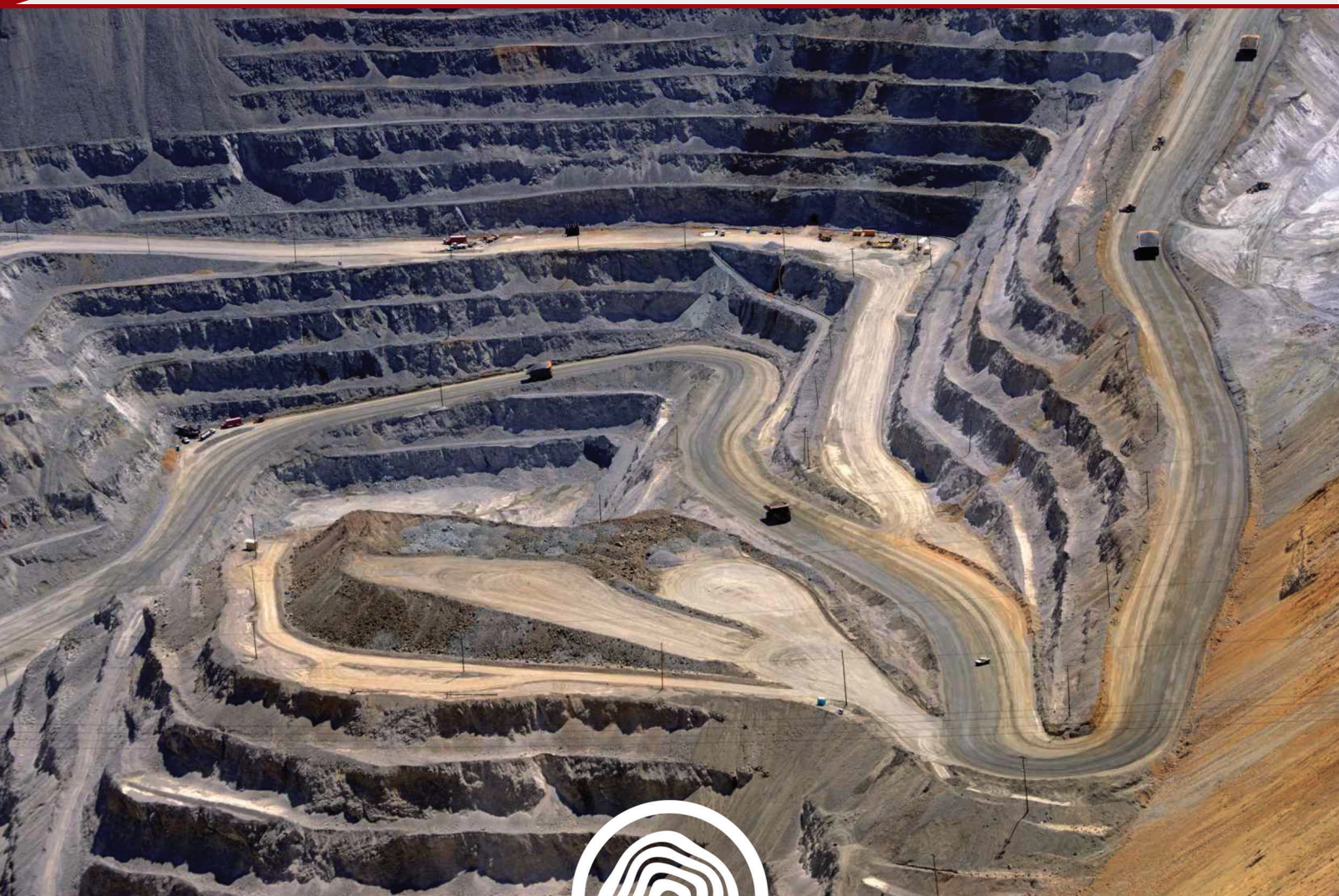
Ассортимент решений для горной отрасли представлен в 34 тематических разделах, в числе которых: глубокое бурение, обогатительные установки, консалтинг/инжиниринг, откатка, транспорт и логистика, арматурное оборудование, пневматические и гидравлические инструменты, и многие другие.

В рамках деловой программы «Уголь России и Майнинг» обсуждаются наиболее актуальные вопросы развития российского горного рынка. В 2022 году на девяти коммуникационных площадках состоялось 61 научно-деловое мероприятие.

Выставка проходит при поддержке Министерства энергетики РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Министерства труда и социальной защиты РФ, Российского Союза промышленников и предпринимателей, Правительства Кузбасса и администрации города Новокузнецка, а также АО «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли».

«Уголь России и Майнинг» была признана самой крупной выставкой в России в номинациях «Выставочная площадь», «Профессиональный интерес», «Международное признание» и «Охват рынка» по тематике «Природные ресурсы. Горнодобывающая промышленность».






AMM CONGRESS


1-2 июня 2023

Астана, Казахстан

ФОРУМ • ВЫСТАВКА • ЦЕРЕМОНИЯ НАГРАЖДЕНИЯ «ЗОЛОТОЙ ГЕФЕСТ»

+7 727 258 34 34

 amm.kz

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

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

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

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском, 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 подрисунковом 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.

4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении 8 (восемь) экземпляров журнала с 50% скидкой, которые он(они) имеют право распространять среди горной общечественности. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги. После оплаты статья публикуется в очередном номере журнала, а автору(авторам) предоставляются экземпляры журнала, согласно счету.



miningmetals

CENTRAL ASIA


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


20 - 22 сентября 2023
Алматы, Казахстан



Организаторы

Iteca - тел.: +7 727 258 34 34

 [mining-metals.kz](https://twitter.com/mining-metals.kz)

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

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





Онлайн регистрация

01 / 08 / 23

Завершение регистрации

04 / 09 / 23

Заезд и размещение

05 / 09 / 23

Открытие конференции
Доклады

06 / 09 / 23

Доклады

07 / 09 / 23

Экскурсия

08 / 09 / 23

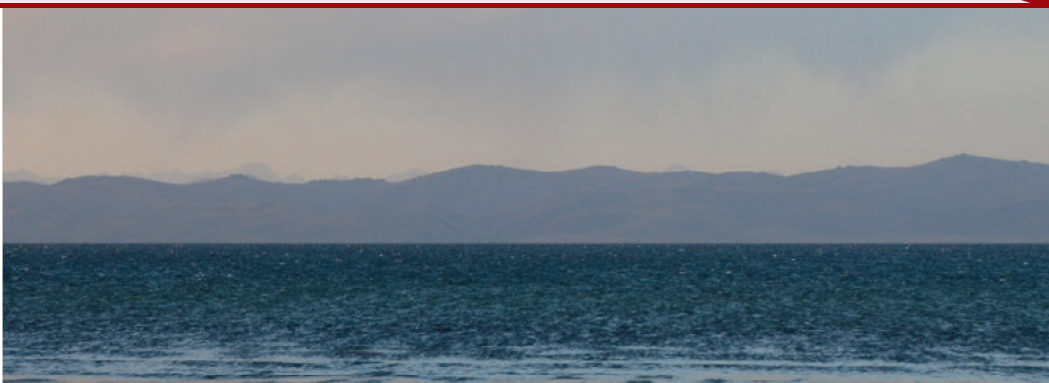
Отъезд

📍 Кыргызстан, г. Бишкек,
ул. Киевская 44

☎ +996 (312) 66-01-40

🌐 www.blastmaker.kg

✉ office@blastmaker.kg



XVII Международная научно-практическая конференция ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Место: Озеро Иссык-Куль, Кыргызстан
Организатор: Институт коммуникаций
и информационных технологий КРСУ

Приглашаем Вас принять участие в ежегодной XVII Международной научно-практической конференции «Передовые технологии в горном деле», приуроченной к юбилею компании «Blast Maker».

20 **BLAST MAKER**

л е т

Конференция проводится ежегодно с 2006 года и посвящена обзору передовых технологий на карьерах и подземных горных выработках, обобщению практического опыта внедрения и эксплуатации автоматизированной подготовки производства, расширению и углублению научно-производственных связей между учеными СНГ и дальнего зарубежья, а также сокращению разрыва между фундаментальными исследованиями и производством.

Стоимость организационного взноса: 500 \$,
при оплате до 1 июня 2023 г. - скидка 20%.

Организаторы обеспечивают:

Встречу и проводы участников конференции
Бронирование гостиниц в Бишкеке и на Иссык-Куле
Транспорт на весь период проведения конференции
Официальный прием
Экскурсии



ЛЕТ ГОРНОМУ ЖУРНАЛУ КАЗАХСТАНА!



+7 747 343 15 02



minmag.kz



@minmag.kz

050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401