

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

Издается с января 2003 г.

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

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

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

Адрес редакции:
050026, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,
+7 (747) 343-15-02
[minmag.kz](mailto:info@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 29.02.2024 г.

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

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



Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

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

Редакционная коллегия:

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

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,
Professor of Mining Engineering

М.Б. Барменшинова, канд. техн. наук

А.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, профессор

Р.А. Хамидов (Узбекистан), PhD

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

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

ⓘ – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 3 Колонка главного редактора
- 4 «Surf Cleaner» – гибридный плавающий скиммер-сепаратор нефтепродуктов
- 7 «Мир требует инноваций!»: Компания ESAB представила новинки сезона в области сварки в Казахстане
- 9 «Работники промышленности, объединяйтесь!»: в Новокузнецке пройдет международная выставка «Уголь России и Майнинг»
- Минерально-сырьевые ресурсы**
- 12 *С.Е. Пуненков
Хризотилвые волокна и хризотилцементные изделия на его основе
- Геология**
- 27 А.Н. Копобаева, *А. Амангелдіқызы, Е.М. Казтаев, Н.С. Асқарова
Изучение геохимических особенностей пласта k_7 Карагандинского угольного бассейна
- Гидрогеология**
- 35 *D.S. Sapargaliyev, V.M. Mirlas, Y.Z. Murtazin, V.A. Smolyar
Hydrogeological study and assessment of the groundwater resources in the cretaceous deposits of the Zhem basin
- Геофизика**
- 44 Р.А. Мусин, Ф.Е. Муртазина, *Ж.М. Асанова, Э.Р. Халикова
Результаты исследований электроразведки методом сопротивлений по методике электротомографии
- Горные машины**
- 52 *Д. Крамсаков, И. Столповских, С. Кузьмин, С. Меленъев
Обоснование технологических требований к горно-транспортным системам карьеров
- Нефтегазовое дело**
- 58 *К.Т. Бисембаева, Г.С. Сабырбаева, А.С. Хадиева, А.А. Бекбаулиева
Оценка основных показателей разработки месторождения при дополнительном способе регулирования
- Юбилей**
- 65 Ракишеву Баяну Ракишевичу 90 лет
- Юбилей**
- 67 Пуненкову Сергею Евгеньевичу 50 лет
- 72 Требования к оформлению и условия предоставления статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат
Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

*Дорогие читатели!
Уважаемые коллеги!*

Февральский номер нашего журнала выходит вдогонку за главным событием в жизни нашей страны в этом месяце – смене правительства, которое, видимо, не зря называют «новым», потому что, как сказал наш Президент Касым-Жомарт Токаев, «Мы должны принимать решительные меры для того, чтобы осуществить глубокие преобразования в общественно-экономической жизни страны». Эти меры должны способствовать реализации принципов «Справедливого Казахстана», поэтому, прежде всего, необходимо придать новый импульс социально-экономической политике. Следует переосмыслить приоритеты развития, принципы поддержки и задачи, стоящие перед отраслями экономики, решительно перейти от бесконечных мер поддержки к содействию и действительно качественному развитию.

Решение каждой задачи требует изыскания не востребуемых из-за неорганизованности дополнительных поступлений в бюджет, так как объем недополученных налогов только по предоставленным льготам составил около 7 трлн тенге, поручение же Президента о сокращении на 20% предоставленных налоговых преференций осталось неисполненным.

Привлечение частных инвестиций должно стать одной из самых важных задач для местных властей и госорганов. Источником инвестиций может стать и возврат незаконно выведенных активов.

Ключевая значимость проведения эффективной приватизации – это также дополнительная возможность улучшения экономической активности и доходов.

Нужда реального сектора экономики в долгосрочной ликвидности может быть решена за счет эффективного использования денег Единого Национального Пенсионного фонда с вовлечением их в экономический оборот исключительно на рыночных условиях.

Таким образом, новое правительство получило уже частично детализированную программу динамичной модернизации экономики, которая увеличит объем экономики государства к 2029 году в 2 раза.

Конечно, в реализации этой объемной задачи одним из решающих направлений является горно-металлургический сектор, который нуждается и в усилении геологоразведочных работ, и в строительстве новых мощностей, и в создании инфраструктуры, и в подготовке кадров рабочих и инженерно-технического персонала, и в достаточном обеспечении электроэнергией, водными ресурсами и современным оборудованием.

В создании прогнозируемой, управляемой и самодостаточной отрасли необходимы научная поддержка, технологическое обеспечение и системный подход в определении эффективных направлений. Необходимо развивать поиски и освоение помимо месторождений, видов минерального сырья таких объектов, как критические металлы, производство горно-химического сырья и малые месторождения с богатыми содержаниями полезных компонентов.

Недра Казахстана все еще нуждаются в усиленном внимании геологических исследований, и, может быть, такое положение вещей само по себе является положительным фактором, потому что использование современных и теоретических обоснований позволит выполнить эти работы более качественно и более быстрыми темпами.

Февраль был наполнен важными событиями и в других сферах жизни. Продолжается празднование Нового Года, который 10 февраля праздновал Китай. Праздничные дни этого года для наших друзей – китайцев особенные, потому что он совпал со знаком восточного гороскопа, который выпал на покровительство Зеленого Деревянного Дракона, а Дракон является священным существом для всех трех религиозно-философских направлений, владеющих душами Китайского народа – конфуцианства, даосизма и буддизма.

Со страниц нашего журнала поздравляем всех, для чьего культурного и художественного сознания Китайский Новый Год является священным и праздничным Днем!

Большим праздником отмечен февраль и для россиян, которые широко отметили 300-летие Российской Академии Наук.

Созданная Петром I Академия наук и искусств получила бурное развитие как Академия наук СССР и продолжает осуществлять свою деятельность как Российская, добившись успехов в научно-технологическом обеспечении экономики страны самыми передовыми, порой обгоняющими время достижениями.

Ученым России, в том числе нашим коллегам из Института проблем комплексного освоения недр (ИПКОН) РАН, желаем новых творческих успехов на поприще служения науке и обществу.

Пусть у всех нас наши начинания и мечты превращаются всегда в реальные праздники, приносящие пользу родной земле и ее народу.

Основатель компании «Surf Cleaner» АВ Кристина Лундбек
Директор ТОО «Аноксик» Денис Елисеев

«SURF CLEANER» – ГИБРИДНЫЙ ПЛАВАЮЩИЙ СКИММЕР-СЕПАРАТОР НЕФТЕПРОДУКТОВ

Вода в горной промышленности

Сотни кубометров воды ежедневно использует каждое горнодобывающее предприятие. Миллионы кубометров – это ежесуточный объем водопотребления нескольких тысяч недропользователей Казахстана. В условиях прогнозируемого дефицита и ужесточения природоохранных требований государства очистка использованной воды и утилизация ее отходов становятся прогрессирующей статьей расходов промышленных компаний. Без модернизации технических средств водоочистки эти расходы будут только расти.

Для сохранения конкурентоспособности производства необходимо следить за техническим прогрессом и использовать самые современные методы обработки отходов. Продвинутое оборудование помогает организовать повторное использование и сокращает дополнительное потребление воды. Кроме того, снижаются объемы вывозимых отходов, которые, в связи с удаленностью горнодобывающих предприятий, порой приходится перевозить на сотни километров.

Ответственное и рациональное использование водных ресурсов влияет не только на экологию, но и на себестоимость процесса добычи. Внимание к вопросу обработки водных отходов – это важная задача в процессе добычи полезных ископаемых.

Инновационное техническое решение – автономный скиммер «Surf Cleaner»

Шведская компания «Surf Cleaner» АВ предлагает уникальное инновационное решение для сбора различных видов плавающих загрязнений с поверхности воды, таких как нефть, дизельное топливо, прочие нефтепродукты. Собирая даже самые тонкие пленки, скиммер сепаратор идеально работает в резервуарах отстойников и шламона-



Плавающий скиммер – компактное устройство для улавливания и сепарации нефтепродуктов



Скиммер сепаратор SCO 1000 собирает до 1000 литров нефти в час

копителях шахт, нефтеперерабатывающих предприятий, металлургических заводов и электростанций. Кроме этого, устройство используется в портах и местах перевалки нефтепродуктов при аварийных разливах.

Технология «Surf Cleaner», запатентованная доктором медицины Стигом Лундбеком в 1984 году, получила второе рождение в компании «Surf Cleaner» АВ (Швеция) под управлением его дочери – Кристины Лундбек. Принцип действия системы вдохновлен исследованием самого важного механизма в жизни каждого человека – сердцем.

Принцип работы, вдохновленный функциональностью сердца

Плавающий на собственных поплавках «Surf Cleaner» – полностью автономный механизм. Он сочетает в себе функцию двух устройств: скиммера для сбора верхнего слоя и сепаратора для разделения нефти и воды. Принцип работы устройства основан на законах гравитации и происходит по замкнутому циклу: сбор – сепарация – очистка.

На этапе сбора (этап 1), от воздействия всасывающего усилия пропеллера внутри корпуса верхний клапан скиммера открывается. После этого слой жидкости с нефтепродуктом самотеком поступает в скиммер. Система обеспечивает плавность потока, исключая перемешивание воды и нефтепродукта перед сепарацией.

Одновременно со сбором происходит разделение нефтепродукта и воды (этап 2). Для интенсификации процесса сепарации внутри скиммера установлена система перегородок, замедляющих движение эмульсии. Собранная нефть накапливается внутри скиммера, а вода беспрепятственно выходит через отверстие в нижней части корпуса. Благодаря тому, что нефть легче воды, скиммер с нефтью внутри начинает постепенно всплывать. При

накоплении достаточного количества нефти, по сигналу от датчика уровня всасывающий пропеллер останавливается, а верхний клапан закрывается.

На этапе очистки (этапе 3) пропеллер включается в обратную сторону, создавая положительное давление и выталкивая собранную нефть из скиммера в напорный патрубок. Собранный нефтепродукт поступает во внешний накопитель.

После сепарации, в зависимости от типа нефтепродукта, содержание в нем воды составляет до 5%. Собранный нефтепродукт может быть использован повторно. Одно устройство SCO 8000 может собирать до 8000 литров чистой нефти в час. Компактный переносной SCO 1000, производительностью 1000 литров нефти в час, весит менее 30 кг и перемещается двумя операторами. В стандартных условиях эксплуатации скиммер не нуждается в дополнительных насосах.

«Surf Cleaner» – это инновационный механизм, разработанный для сбора и одновременной сепарации нефтепродуктов и других загрязнений с поверхности воды от самых тонких пленок до значительных слоев.

Работа «Surf Cleaner» полностью автоматизирована и не требует постоянного участия оператора, это гарантирует удобство эксплуатации и обеспечивает преимущество перед всеми устройствами подобного типа.

«Surf Cleaner» изготовлен из материалов, устойчивых к коррозии, и полностью соответствует директиве АTEX по взрывобезопасности.

Переносная версия скиммера SCO 1000 имеет собственный независимый источник питания – внешний аккумулятор или солнечную батарею.

Использование технологии «Surf Cleaner» на промышленных предприятиях гарантирует тройную выгоду:

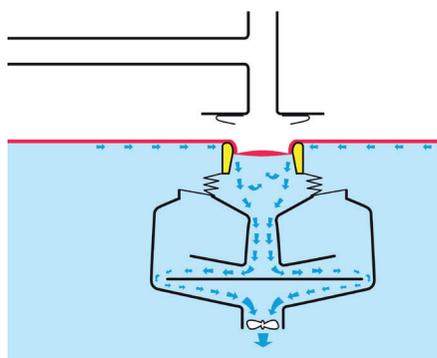
- снижает техногенное воздействие на подземные водные ресурсы;
- повышает эффективность очистных сооружений и снижает расходы на утилизацию больших объемов загрязненной нефтью воды;
- открывает возможность получения дополнительного дохода при повторном использовании собранного нефтепродукта, в большинстве случаев собранный продукт можно использовать в качестве топлива.



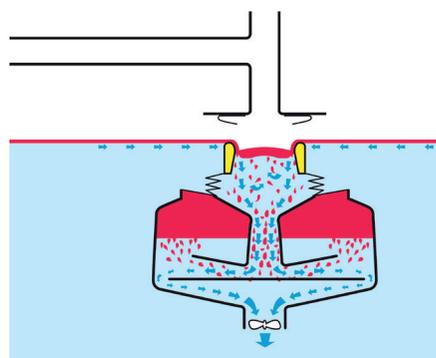
Скиммер устанавливается непосредственно в первичном отстойнике использованной воды

Не менее важным является и улучшение условий труда персонала за счет снижения взрывоопасности и количества вредных газов при испарении нефтепродуктов. «Surf Cleaner» также повышает безопасность работников, так как не требует от них постоянного наблюдения или обслуживания.

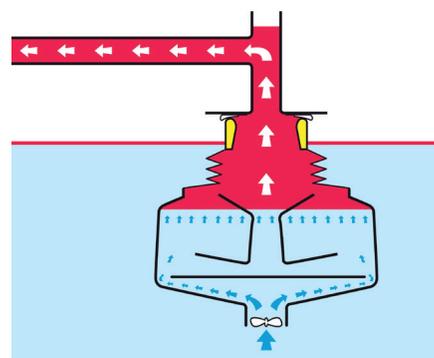
Применение последних достижений технического прогресса, использование самых передовых разработок и совершенствование процессов на каждом этапе работы гарантируют повышение конкурентоспособности, экологичности, эффективности и безопасности промышленных предприятий.



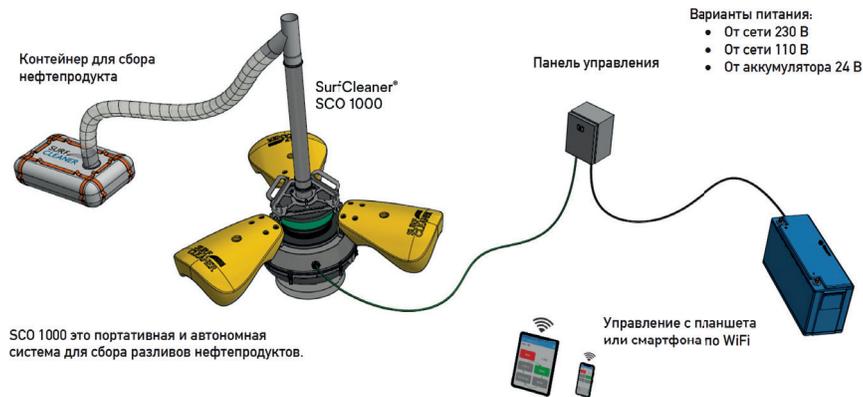
Этап 1 – сбор верхнего слоя воды и нефтепродуктов



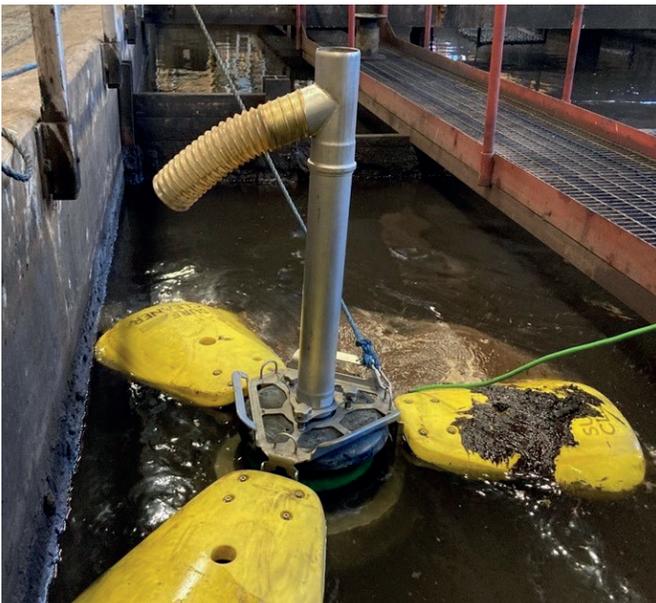
Этап 2 – сепарация – отделение нефти от воды



Этап 3 – очистка – перемещение нефти во внешний резервуар



Комплектация скиммера SCO 1000



Резервуара глубиной 500 мм достаточно для работы SCO 1000

Преимущества SCO 1000:

- Портативность, удобство транспортировки и эксплуатации;
- Не требует насоса, внешнего источника питания, гидравлики, пневматики;
- Низкое энергопотребление, в среднем 20 Вт;
- Удаленное управление через смартфон/планшет;
- Автоматическое удаление и разделение различных типов нефти и пленок;
- Производительность: до 1000 литров нефти в час, с содержанием нефти 95%;
- Непрерывная работа без оператора с минимальными требованиями к обслуживанию;
- Сертификация по нормам АТЕХ/ЕХ для зоны 0.



Скиммер сепаратор SCO 8000 собирает 8000 литров нефти в час

Преимущества SCO 8000:

- Автоматическое удаление и разделение различных типов нефти и пленок;
- Собирает нефть с содержанием воды менее 5%;
- Производительность до 8 000 литров нефти в час – до 95% содержания нефти;
- Непрерывная работа: 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, с минимальными требованиями к обслуживанию, даже на протяжении длительного времени;
- Легкость установки, эксплуатации, обслуживания;
- Эффективная работа с низкими затратами на сервис;
- Сертификация по нормам АТЕХ/ЕХ для зоны 0.

За подробной информацией о продукции «Surf Cleaner», а также о возможности применения скиммера на Вашем объекте, просим Вас обратиться в ТОО «Аноксик»: г. Алматы, ул. Монгольская 44-507.

Если это решение интересно для Вас, напишите, пожалуйста, Ваши вопросы на электронную почту info@anoxic.kz или позвоните по телефону (напишите в WhatsApp) +7-705-803-6890. Мы можем провести презентацию для Ваших специалистов или организовать посещение одного из наших клиентов, для того чтобы Вы могли обсудить преимущества от работы «Surf Cleaner».

С уважением, директор ТОО «Аноксик» Денис Елисеев.

«МИР ТРЕБУЕТ ИННОВАЦИЙ!»: КОМПАНИЯ ESAB ПРЕДСТАВИЛА НОВИНКИ СЕЗОНА В ОБЛАСТИ СВАРКИ В КАЗАХСТАНЕ

Промышленность Казахстана находится в стадии активного роста и развития, что ставит перед производителями задачу усовершенствования промышленного оборудования и инструментов, чтобы соответствовать современным требованиям и потребностям рынка. Основные тренды разработки нового оборудования, в том числе в сварочной отрасли – повышение энергоэффективности и увеличение эргономичности. Когда мы говорим про энергоэффективность, мы подразумеваем сварочные источники и оборудование, ориентированные на экономию энергии и ресурсов. Это позволяет снизить затраты на производство и сделать процессы более экологически чистыми. К тренду на эргономичность относятся удобство и безопасность использования сварочного оборудования, которым производители сварочных аппаратов и аксессуаров все больше уделяют внимания. Компания ESAB, один из мировых лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки металлов, представила новинки своего продуктового портфеля в Казахстане.

Инновационным дополнением продуктовой линейки ESAB стал сварочный полуавтомат Rustler EM 350C PRO Synergic, который входит в новое семейство Rustler MIG PRO Compact.

Одно из ключевых преимуществ полуавтомата – возможность сварки различных материалов, включая углеродистую и нержавеющую сталь, алюминий, MIG-пайку, а также сварку порошковой проволокой. Такое преимущество позволяет использовать аппарат для выполнения широкого спектра производственных задач. К преимуществам необходимо отнести синергетические линии, встроенные в Rustler EM 350C PRO Synergic, которые оптимизированы для большинства сварочных материалов и защитных газов, обеспечивая качественную работу как для профессионалов, так и для новичков сварочного дела.

Rustler EM 350C PRO Synergic построен на основе инверторного преобразователя тока, благодаря этому аппарат объединяет низкое энергопотребление и высокую эффективность сварки. Такая особенность позволяет сократить затраты на



электроэнергию и одновременно повысить производительность и качество работы. Большая нагрузка – не проблема для Rustler EM 350C PRO Synergic, поэтому он пригодится и в промышленном производстве, и в строительстве металлоконструкций.

Повышение эффективности с экономией времени – ключевые задачи промышленности. Для их решения компания ESAB создала инструмент более удобный и мобильный, чем предыдущие поколения сварочных аппаратов ESAB. Rustler EM 350C PRO Synergic обладает удобной панелью управления, которая позволяет легко настраивать необходимые параметры сварки, а также использовать уже сохраненные. С легкостью разберется даже новичок!

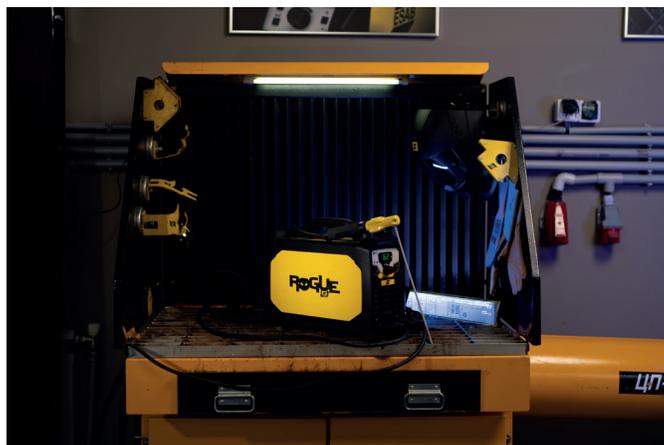
Точная подача сварочной проволоки и стабильная сварка возможна благодаря специальному механизму Precidrive. Освещение отсека – еще одно удобство при замене проволоки и обслуживания подающего механизма. Эргономика добавляет ящик для расходных деталей, который удобно расположен сверху сварочного источника. И это все есть в Rustler EM 350C PRO Synergic!

Кроме того, важно создать не только эффективный инструмент, но и обеспечить его максимальную мобильность. Поэтому аппарат оснащен колесами, что позволяет перемещать его с легкостью вместе с установленным газовым баллоном.

Режим MMA-сварки обеспечивает дополнительную гибкость при сварке штучными электродами.

Область применения сварочного полуавтомата Rustler EM 350C PRO Synergic довольно большая, от сварки легких металлоконструкций до автомобильного сервиса. Новинка производства ESAB сможет упростить процесс сварки, сократить время работы сварщика и затраты на обслуживание.

Rustler EM 350C PRO Synergic уже протестирован на производствах заказчиков, и компания ESAB получила положительную обратную связь о новинке. Этот продукт обладает потенциалом быть полезным в различных отраслях промышленности, включая легкое машиностроение и сельское хозяйство, благодаря своей универсальности и способности удовлетворять разнообразные потребности пользователей.



«Пополнение» семейства Rogue сварочным аппаратом Rogue EMP 210 PRO – еще одна инновация от компании ESAB, которая призвана удовлетворить потребности клиентов в компактном и multifункциональном оборудовании для сварки от известного бренда.

Профессионалам сварочного дела известно, что аппараты семейства Rogue надежные, эргономичные и обладают надежными сварочными характеристиками. В новый сварочный аппарат Rogue EMP 210 PRO, в отличие от младшей модели Rogue EM 180 MIG, добавлена функция аргонодуговой сварки.

Прочность и стойкость в разнообразных условиях работы – отличительная особенность «семьи» Rogue. Несмотря на легкость и компактность, аппарат готов ко всему! Новинка имеет класс защиты IP23S, который предотвращает попадание воды и пыли в аппарат.

Новый инверторный сварочный аппарат предназначен для решения различных задач по сварке, от производства легких металлоконструкций до ремонтных работ в домашних условиях. Благодаря своей небольшой массе (16,7 кг) и возможности работать от сети 230 В, портативный аппарат может использоваться как в мастерской, так и на выезде.

Многофункциональность – это про Rogue EMP 210 PRO. Аппарат поддерживает различные виды сварки, включая MIG/MAG, Synergic MIG/MAG, MIG-пайку, сварку самозащитой порошковой проволокой, Lift TIG и MMA-сварку. Новый аппарат, в отличие от модели Rogue EM 180 MIG, имеет 5,0-дюймовый цветной дисплей с удобными настройками сварочных параметров. Синергетические линии позволяют легко установить индивидуальные характеристики с помощью одной ручки управления.

Аппарат универсален. Может применяться при производстве легких металлоконструкций, в ремонтных цехах,

автомобильном производстве и гражданском строительстве. Rogue EMP 210 PRO способен компенсировать падение напряжения и обеспечивает стабильность дуги даже при работе с кабелями до 100 м. Функции динамики дуги позволяют настроить специальные параметры сварки для разных видов стали, что необходимо для работ с различными металлами.

Благодаря функции памяти, встроенной в аппарат, пользователь может сохранить до 10 различных сварочных программ и, не задавая новые параметры, может сразу приступить к работе. Хорошая комплектация, куда входит сварочный источник Rogue, горелка MXL 201, электрододержатель Handy 200 и трехметровый кабель, позволяет аппарату быть незаменимым помощником в любой работе.

Не забывайте про защиту при любых сварочных работах!

Компания ESAB также предлагает современные средства индивидуальной защиты (СИЗ). Например, сварочную маску Sentinel™ A60, которая обеспечивает защиту от всех типов излучения и соответствует международным стандартам качества СИЗ.

Жидкие кристаллы в светофильтре при смене светового потока меняют свою структуру, регулируя степень затемнения. От сварщика потребуется только настроить нужный диапазон светозащиты. Sentinel™ A60 обеспечивает максимальный обзор и превосходную четкость без искажений, а также снижает нагрузку на глаза благодаря четкой цветопередаче.

«Мы всегда на связи с нашими заказчиками. Предлагаем собственный сервис от подбора и внедрения на предприятия подходящего решения до комплексной поддержки клиента. Наше оборудование проходит серьезный контроль качества, чтобы предложить заказчикам продукт, подходящий под параметры их производства» – Екатерина Татарина, директор по продажам ESAB, регион Центральная Азия.



«РАБОТНИКИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ОБЪЕДИНЯЙТЕСЬ!»: В НОВОКУЗНЕЦКЕ ПРОЙДЕТ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «УГОЛЬ РОССИИ И МАЙНИНГ»

4-7 июня 2024 года в Новокузнецке традиционно пройдет XXXII Международная специализированная выставка технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг», организованная выставочной компанией «Кузбасская ярмарка».

Выставка проводится ежегодно более 30 лет и собирает на одной площадке ведущих производителей и поставщиков современных технологий, оборудования и услуг для обсуждения и совместного решения вопросов предприятий не только Кузбасса, но и всей страны.

В прошлом году мероприятие прошло под девизом «Шире, чем Кузбасс! Глубже, чем Уголь!», и полностью соответствовала своему лозунгу. Выставка стала местом притяжения компаний, работающих в разных отраслях промышленности: горнодобывающей, металлургической, машиностроительной и металлообрабатывающей. Представители крупных отраслевых компаний продемонстрировали продукты производства в более 30 тематических разделах. Также мероприятие стало отличной площадкой для обсуждения вопросов производства и обмена опытом профессионалов промышленности.

Помимо выставки, в программу мероприятия входит деловой блок, где обсуждаются актуальные вопросы отрасли, а также озвучиваются современные решения проблем производства. В рамках Международного горнопромышленного форума состоялось 76 мероприятий различной тематики. В выставке приняли участие 638 экспонентов из 6 стран, а число посетителей превысило 59 тысяч.

Не отставая от размаха выставки 2023 года, в 2024 году организаторы мероприятия представили новую южную площадку для дополнительного размещения экспозиций крупногабаритной техники. Увеличена и закрытая выставочная площадь на 2500 кв. м. Спонсорами мероприятия в 2024 году станут крупные отраслевые компании, такие как ООО «Техстройконтракт», ООО ТД «Завод «Красный якорь», ООО «МегаДрайв», ООО «ЕРТ-Групп», ООО «Завод МДУ», АО «Копейский машиностроительный завод», АО «Кузнецбизнесбанк», ООО «ПИР», ООО «Уральская горно-техническая компания» и ООО «Дис Групп». Генеральным спонсором мероприятия выступит компания «Энергия Холдинг».





Расширения затронут не только площадь экспозиций, но и деловую программу. 6 июня на одной из площадок выставки пройдет интерактивная сессия «Новые времена – Новые герои». Сессия соберет как новых, так и известных производителей и поставщиков спецтехники, оборудования и услуг. Мероприятие способствует формированию новых промышленных альянсов, решению задач и потребностей горнодобывающих предприятий и отрасли. В программе сессии – презентация новых имен, отраслевых решений, цифровизация горнодобывающей отрасли, обсуждение вопросов кадрового резерва, экологии и охраны окружающей среды.



«Уголь России и Майнинг» – это мероприятие с профессиональной историей, которое на протяжении трех десятилетий сохраняет статус главной отраслевой площадки. Мы всегда следовали современным тенденциям и стремились сделать участие в мероприятии эффективным и результативным для всех участников и посетителей. Нам приятно наблюдать расцвет горнодобывающей промышленности, который возможен только при активной работе всех игроков отрасли и их стремлению к диалогу и совместному решению задач» – отметила Альбина Бунева, директор выставки «Уголь России и Майнинг».

Выставка «Уголь России и Майнинг» признана масштабным мероприятием в России в номинациях «Выставочная площадка», «Профессиональный интерес», «Международное признание» и «Охват рынка» по тематике «Природные ресурсы. Горнодобывающая промышленность». Выставка проходит при поддержке Министерства энергетики РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Министерства труда и социальной защиты РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Российского союза промышленников и предпринимателей, НП «Горнопромышленники России», Правительства Кузбасса и администрации города Новокузнецка.



kmfexpo.kz

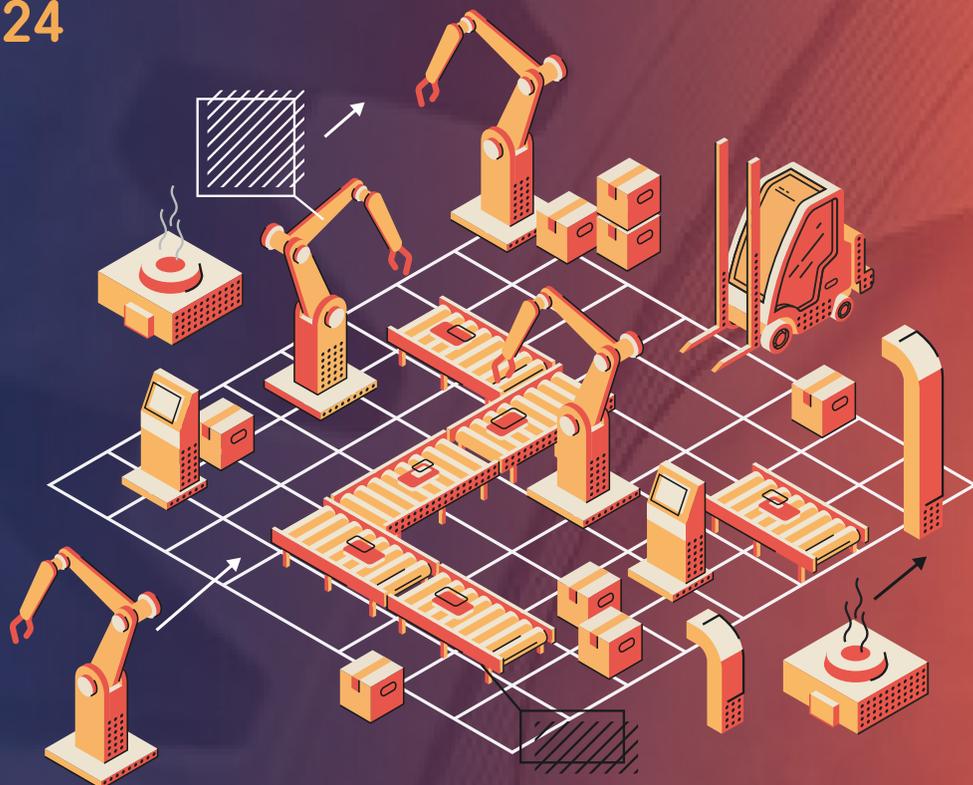
promweek.kz

IV МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

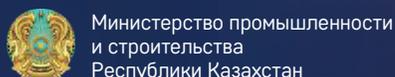
V МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ПО МАШИНОСТРОЕНИЮ И МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

24-26 апреля 2024

МВЦ «EXPO», г. Астана



Организаторы:



Министерство промышленности
и строительства
Республики Казахстан

ASTANA
EXPO

По вопросам участия:

Выставочная компания «Астана-Экспо КС»
Тел: +7 7172 64 23 23 (вн. 211)
E-mail: er@astana-expo.com

Код МРНТИ 52.45.03; 67.09.05

*С.Е. Пуненков

ПАО «Ураласбест (г. Асбест, Россия),

Уральский государственный горный университет (г. Екатеринбург, Россия)

ХРИЗОТИЛОВЫЕ ВОЛОКНА И ХРИЗОТИЛЦЕМЕНТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

Аннотация. В статье рассматриваются технология производства, проблемы развития хризотиловой и хризотилцементной отраслей в странах СНГ. В статье приводятся сведения о составе и свойствах природных хризотилловых волокон, данные по качеству сырьевых материалов цемента и хризотилловых волокон, поставляемых на хризотилцементные предприятия, характеристики суспензии с ними, полуфабриката и свойства затвердевших хризотилцементных изделий. Рассмотрены появляющиеся запросы производителей хризотилцементных изделий (шифера, хризотилцементных труб) к горно-обогатительным предприятиям стран СНГ по качеству поставляемых хризотилловых волокон в связи с проявляющимися нарушениями физико-механических свойств шиферной продукции.

Ключевые слова: хризотилловые волокна, распушка, портландцемент, армирование, пигменты, гидрофобизатор, хризотилцементные изделия, магистральные трещины, высоты, рынок.

Хризотил талшықтары және хризотил цементті оның негізіндегі бұйымдар

Аннотация. Мақалада өндіріс технологиясы, тәуелсіз мемлекеттер елдерінде хризотил және хризотилцемент салаларын дамыту проблемалары қаралады. Мақалада табиғи хризотил талшықтарының құрамы мен қасиеттері туралы мәліметтер, хризотилцемент кәсіпорындарына жеткізілетін цемент пен хризотил талшықтарының шикізат материалдарының сапасы жөніндегі деректер, олармен суспензияның, жартылай фабрикаттың сипаттамалары және қатып қалған хризотилцемент бұйымдарының қасиеттері келтіріледі. Шифер өнімдерінің физикалық-механикалық қасиеттерінің бұзылуы байқалуына байланысты жеткізілетін хризотил талшықтарының сапасы бойынша Тәуелсіз Мемлекеттер елдерінің тау-кен байыту кәсіпорындарына хризотилцемент бұйымдарын (шифер, хризотилцемент құбырлары) өндірушілердің пайда болған сұраныстары қаралды.

Түйінді сөздер: хризотил талшықтары, қосыту, портландцемент, арматуралау, пигменттер, гидрофобизатор, хризотилцемент бұйымдары, магистральдық жарықтар, ойықтар, өткізу нарығы.

Chrysotile fibers and chrysotile cement products based on it

Abstract. The article discusses the production technology, the problems of the development of the chrysotile and chrysotile cement industries in the CIS countries. The article provides information on the composition and properties of natural chrysotile fibers, data on the quality of raw materials of cement and chrysotile fibers supplied to chrysotile cement enterprises, characteristics of suspension with them, semi-finished product and properties of solidified chrysotile cement products. The emerging requests of the manufacturers of chrysotile cement products (slate, chrysotile cement pipes) to the mining and processing enterprises of the CIS countries in terms of the quality of the supplied chrysotile fibers due to the apparent violations of the physical and mechanical properties of the slate products are considered.

Key words: chrysotile fibers, fluff, portland cement, reinforcement, pigments, hydrophobizator, chrysotile cement products, main cracks, seedlings, market.

Введение

Создание хризотилцементных изделий в конце 19-го – в начале 20-го столетий можно назвать важным событием в мировой инженерной практике в связи тем, что они нашли применение в самых разных сферах и отраслях. Эти простые двухкомпонентные материалы имеют длительное время эксплуатации. Изделия не выделяют и не пропускают токсинов и газов, огнестойки и радиационнобезопасны, выдерживают перепады температуры и влажности. Не гниют, не ржавеют, функционально надежны в эксплуатации, просты в применении. Имеют при этом низкую цену по сравнению с другими кровельными материалами, особенно с металлом или керамической черепицей. Сроки эксплуатации изделий из хризотилцемента более 50 лет. Хризотилцементные изделия надежно адаптированы во всех климатических регионах мира. Материал и сегодня является значимым и незаменимым с точки зрения термостойкости, пожаробезопасности.

В России первые шиферные изделия были изготовлены в виде легкой асбестоцементной кровельной черепицы на заводе «Террофазерит» в 1908 году в г. Брянске и назывались «искусственным шифером» или «террофазеритом». Плитки имели толщину 4 мм и изготавливались разных размеров – 30 x 30, 40 x 40 см. При производстве шифера в смеску входило 19% хризотил-асбеста и 79% портландцемента. Брянский серый шифер начала 20 века выдерживал температуру нагрева +800 °С и двадцатипятикратное замораживание при -20 °С и оттаивание. Шифер имел прочность на разрыв 95-110 кг/см² и на удар – 1,5-1,6 кгс/см², также он обладал морозостойкостью, огнеупорностью,

изоляционными свойствами (не проводил тепло и электрический ток), устойчивостью к атмосферным воздействиям. Основной химический состав брянского шифера – «террофазерита» был следующим: SiO_2 – 16,8%, CaO – 50,3% и т. д.

Запуску брянскому асбоцементному заводу «Террофазерит» в начале XX века способствовал открытый в 1901 г. в г. Брянске завод по производству портландцемента. Завод для получения портландцемента использовал технологию смешивания мела и глины без предварительного высушивания с природным содержанием 25-30% влажности. Данный завод являлся поставщиком сырья цемента для шиферного завода «Террофазерит». Так постепенно хризотилцементный кровельный лист (шифер), изготовленный небольшими по размеру плитками, начал вытеснять кровельные плоские глинисто-сланцевые плитки, применяемые для кровли задний и сооружений в России. Два завода находились территориально рядом и были построены вблизи железнодорожных путей станции Брянск II, что обеспечивало логистику для сбыта продукции и поставки на завод уральского хризотил-асбеста. Примечательно, что «Schiver» в переводе с немецкого означал природный глинистый сланец и широко использовался для кровли домов, зданий и сооружений в Европе в 19 и начале 20 века [1].

Материалы и методы

Хризотил относится к одному из весьма широко распространенных в природе видов асбеста, к группе серпентинитов. Содержание воды в асбесте группы

Минерально-сырьевые ресурсы

серпентина-хризотила составляет 13-14,5%. Именно хризотил-асбест наиболее широко применяется для изготовления различных материалов [2].

В связи с этим его добыча в мире составляет более 98% от общемирового производства асбестов. На территориях бывшего СССР и СНГ находятся три месторождения хризотилового асбеста: в России, на Урале, самое большое в мире – Баженовское (ПАО «Ураласбест»), в Оренбургской области – Кiemбаевское (ОАО «Оренбургские Минералы»), а в Казахстане – Джетыгаринское (АО «Костанайские Минералы»). Поэтому предприятия Российской Федерации и Республики Казахстан являются ключевыми производителями хризотил-асбеста в мире. Они производят 79,0% всего хризотил-асбеста в мире (рис. 1).

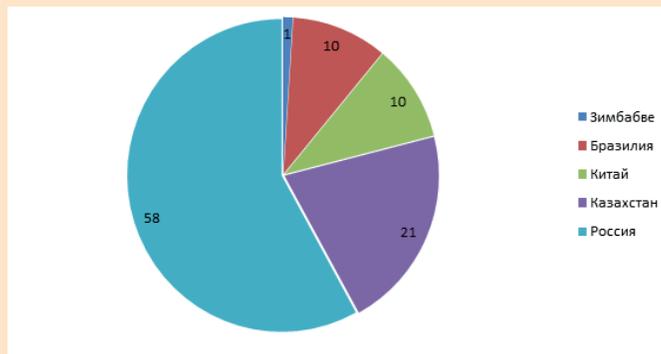


Рис. 1. Динамика мирового производства хризотил-асбеста в 2021 г.

Сурет 1. Хризотил-асбест әлемдік өндірісінің динамикасы 2021 ж.

Figure 1. Global Chrysotile Asbestos Production Dynamics in 2021.

Объем производства хризотил-асбеста в России в 2023 г. составил 598 тыс. т. Внутри страны потребляется менее 30% от этого объема, а более 70% асбеста экспортируется как в страны СНГ, так и во многие страны мира. На внутреннем рынке России и Казахстана хризотил-асбест применяется для производства асбестоцементных изделий до 90%. При этом около 7% хризотил-волокон применяется для получения фрикционных изделий – тормозных колодок и накладок для механизмов сцепления и около 3% для производства мастик, герметиков, декинга, напольных покрытий и т.д. В хризотилцементной промышленности стран СНГ задействовано около 50 тысяч работающих граждан. В общей сложности с хризотиловой промышленностью в России и Казахстане связаны более 400 000 человек, включая членов семей и население градообразующих городов (здесь имеется в виду, что от деятельности данной отрасли зависит благосостояние людей). Значительная часть хризотилдобывающих и хризотилцементных предприятий – градообразующие [3, 4].

Также добыча хризотила идет в провинциях Китая Qinghai, Sichuan, Xinjiang, Shaanxi, Hebei, Shanxi, Yunnan, Jiangxi и Anhui. Почти 64% на территории Китая хризотила сосредоточено в провинции Qinghai.

Твердость сырьевого минерала хризотил-асбеста по шкале Мооса равна 2,5-3,5, его плотность 2,4-2,6 г/см³.

Молекулярная масса хризотила: 277,11 г/моль. Прочность хризотил-волокон на разрыв равна 1700-3600 МПа. Средние значения модуля упругости хризотил-асбеста колеблются от 1664 до 2184 МПа. Температура плавления волокон достигает 1450-1550 °С, а их эластичность и прочность сохраняются до температуры 700 °С.

Хризотил-асбест по химическому составу – это водный силикат магния (гидросиликат магния) – $3MgO - 2SiO_2 - 2H_2O$. Он может содержать примеси Fe_2O_3 , FeO , C_2O_3 , Al_2O_3 , NiO , MnO , CaO , Na_2O , и K_2O . В зависимости от количества в хризотиле железа, волокна подразделяются на маложелезистые (суммарное содержание FeO и Fe_2O_3 обычно не превышает 0,5%) и железистые (суммарное содержание FeO и Fe_2O_3 более 0,5%). Часть FeO в хризотилом волокне изоморфно замещает MgO . Другая количественная часть железа связана с механической примесью магнетита, реже хромита. Свойства физико-механические хризотилового волокна зависят от наличия вредных примесей и количества в хризотиле MgO и SiO_2 , FeO и Fe_2O_3 , содержания конституционной воды и т.д. Известны три вида хризотила: клинохризотил (clinohrysotile), ортохризотил (orthochrysotile) и парахризотил (parachrysotile). На рисунке 2 дана химическая структура хризотил-асбеста.

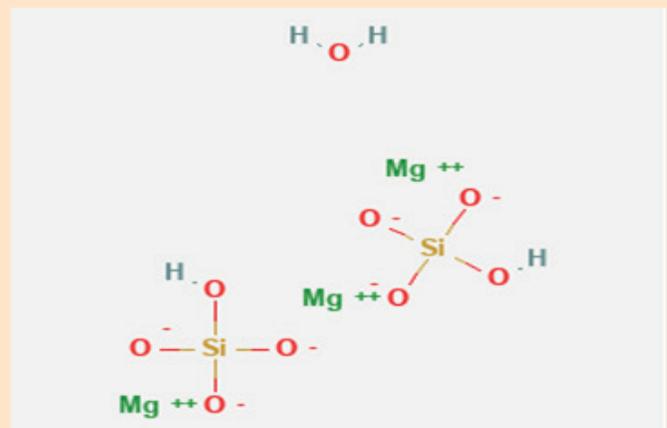


Рис. 2. Химическая (молекулярная) структура хризотил-асбеста.

Сурет 2. Хризотил-асбесттің химиялық (молекулярлық) құрылымы.

Figure 2. Chemical (molecular) structure of chrysotile asbestos.

Наиболее важные химические элементы хризотил-асбеста, обеспечивающие ему лучшие текстурные, армирующие и прочностные характеристики в твердеющем порландцементе: оксид железа, оксид магния, кристаллизационная вода и адсорбированная вода, удерживаемая в технологических процессах.

Химический состав Баженовского, Кiemбаевского и Джетыгаринского хризотил-асбеста по данным 2023 г. представлен в таблице 1.

В Баженовском хризотил-асбесте присутствует самое большое количество оксида магния, самое низкое в волокнах Джетыгаринского хризотила. И, наоборот, в волокнах Баженовского хризотил-асбеста самое низкое количество оксида железа, и больше всего его в волокнах Джетыга-

ринского хризотила. Содержание природной и технологической воды самое высокое у хризотилковых волокон Баженовского месторождения. Все это и определяет более мягкую текстуру волокон Баженовского хризотил-асбеста. Они имеют после добычи большую длину, более распушены, имеют большую удельную поверхность. И все это при меньших затратах энергии на их подготовку. Наиболее жесткая структура у Джетыгаринских волокон, но они менее насыщены мелкодисперсной пылью, требуют больше энергии, времени для распушки.

Таблица 1
Химический состав хризотилковых волокон из разрабатываемых в России и Казахстане месторождений, %

Кесте 1
Ресей мен Қазақстанда игерілетін кен орындарының хризотил талшықтарының химиялық құрамы, %

Table 1
Chemical composition of chrysotile fibers from deposits developed in Russia and Kazakhstan, %

Окислы	Месторождения России и Казахстана		
	Баженовское	Джетыгаринское	Киембаевское
SiO_2	42,1	44,4	44,69
MgO	41,99	39,33	39,86
Al_2O_3	0,53	0,84	0,3
Fe_2O_3	1,3	1,88	1,54
FeO	0,24	0,49	0,42
CaO	0,03	Следы	следы
$K_2O + Na_2O$	Следы	Следы	следы
$H_2O + 105^\circ$ (хим. связ.)	12,99	12,03	12,02
$H_2O - 105^\circ$ (адсорбционная)	1,42	0,8	0,7

В связи с различием свойств хризотил-асбеста вышеперечисленных трех месторождений несколько отличаются показатели волокон. Они делятся на три разновидности: нормальный – с высокой прочностью, ломкий – с пониженной прочностью, полумомкий. Это определяет области их применения и дозировки в производстве хризотилцемента. Тем не менее, при всех различиях данных видов добываемого асбеста, все они и именно только волокна хризотилового асбеста обеспечивают шиферу самые большие преимущества по свойствам [5, 6].

Хризотилцемент. Присутствие в цементной матрице армирующих хризотилковых волокон делает хризотилцемент композиционным материалом. Адгезионные и прочностные характеристики волокон из любого указанного хризотил-асбеста трех месторождений в смесях с тонкомолотым цементом дают готовым хризотилцементным изделиям хорошие эксплуатационные свойства.

При производстве хризотилцементных изделий используются два основных сырьевых компонента: хризотил-асбест и портландцемент. Основная продукция отрас-

ли – плоские и волнистые, непрессованные и прессованные листы, а также хризотилцементные трубы. При изготовлении листов в сырьевые смеси вводится 13-15% хризотил-асбеста, при производстве труб – 17-18%. Для всей этой продукции применяют в основном хризотил-асбест 3-6 групп, для листов больше хризотил-асбест 5-6 групп, меньше – 4-й, в производстве труб – преимущественно хризотил-асбест 3-4 групп.

Применение хризотилцемента. Хризотилцементные листы разного размера применяются больше для стен зданий и кровель. Большеразмерные и конструкционные изделия, усиленный шифер используются при изготовлении стеновых и каркасных панелей, фасадных и декоративных листов, изделий специального назначения, например, электроизоляционных деталей, плит для заборов.

Трубы изготавливаются напорные и безнапорные диаметром от 100 до 500 мм, используются они для транспортировки питьевой и технической воды, в качестве опор при сооружении зданий. Безнапорные трубы, как эффективная альтернатива стальным, применяются для канализации, мусоропроводов, для прокладки телефонных кабелей, сооружения столбчатых фундаментов для небольших строений и в качестве опорных столбов для заборов. Напорные трубы используются для газопроводов, водопроводных, технических и питьевых целей, канализационных, мелиоративных и оросительных систем и в качестве обсадных труб для колодцев. Они обладают большой прочностью, хорошо выдерживают напор, не подвержены коррозии, стойки к длительному воздействию горячей воды и имеют длительный срок службы – более 35 лет. Эти трубы высоко надежны при температуре воды до +130 °С и при минусовой температуре окружающей среды в разных климатических условиях, например, в Якутии с морозами до -65 °С. В мире до 2000 года проложено более 2,5 млн км хризотилцементных труб. Например, около 40000 км для питьевого водоснабжения в Нидерландах, более 1,5 млн км в России и 250000 км в Казахстане, в Канаде более 700000 км и т. д.

В России многие десятилетия широко производятся и используются неокрашенные и окрашенные шиферные изделия. Общая доля окрашенных изделий в различных покрытиях кровлях, стенах, заборах порядка 55%, а в малоэтажном и сельском строительстве – до 80%.

При изготовлении текстильных изделий, плетеных и тканевых набивок, электроизоляционных лент и шнуров, дисков сцепления, тормозных лент применяются хризотилковые волокна 0-3 группы.

Хризотилковые волокна трубных групп хорошо используются в микроармировании ячеистых материалов, а именно, в микроармировании пены с целью повышения ее качественных показателей для получения ячеистых бетонов (пенобетона).

Из хризотил-асбеста 4-ой и 5-ой группы изготавливают хризотилковую бумагу и картон. Хризотил 3-ей и 4-ой группы используется для производства хризотилрезинных листов (клингерита), термоизоляционных материалов (хризотиловой ваты, теплоизоляционного шнура, хризотилового гофрированного картона). Из хризотила 5-7-ой группы в комплексе с диатомитом, другими материалами и минеральными веществами изготавливаются

теплоизоляционные и термоизоляционные материалы, резинотехнические и минерально-полимерные композитные изделия (декинг, шпалы, заборные доски, лаги, террасные доски, штакетники, фасадные панели), пластмасс, линолеум, хризотилбитумные материалы (рубероид, дорожное покрытие (стабилизирующие добавки в асфальт), облицовочные и напольные плиты, наполнители, ремонтно-восстановительные составы, мастики, пеноасбест, асфальтобетонные, строительные и с каменноугольными смолами смеси, штукатурно-напыляемые составы, краски, хризотилмагнезиальные порошки, клеи, одеяла и т.д. Хризотил специального назначения марок АСН-3, АСН-4, АСН-5, АСН-6, АСНП-5 применяется для производства конструкционных клеев, диафрагм хлорных электролизеров, звуко- и шумопоглощающих прокладок, производства паронита, безуглеродных прокладок к двигателям внутреннего сгорания. При изготовлении сепараторной бумаги, применяемой в авиа- и судостроении, употребляется обезжелезненный апоультрамафитовый хризотил марки АХО-2, который производит ПАО «Ураласбест».

Все виды добытого хризотила (хризотил-асбеста) состоят из смеси волокон различной длины и их агрегатов с недеформированными волокнами размером в поперечнике не менее 2 мм. Их условно называют «кусовым хризотил-асбестом», а при толщине меньше 2 мм – «иголками». Хризотил-асбест, в котором волокна тонки, деформированы и перепутаны, называют «распушенным». Частицы сопутствующей породы меньшего диаметра, но не менее 0,25 мм в поперечнике называются «галей», а частицы породы и короткие асбестовые волокна, прошедшие через сито с размерами сторон ячейки в свету 0,25 мм, называют «пылью». Волокна же и частички, прошедшие через еще меньшие отверстия сита 0,075 мм, называют «мелкодисперсной пылью». При существующих технологиях обогащения хризотил-асбестовых руд все мелкоизмельченные фракции пыли и «гали» полностью не удаляются и присутствуют в распушенном товарном хризотиле. Это следствие высоких адгезирующих характеристик асбестовых волокон. Они удерживают на себе эти частицы и при просеве размолотых продуктов и при отсасывании их воздушным потоком. Засоренность распушенных волокон мелкоизмельченной и зернистой породой тем сильнее, чем больше распушены волокна в товарном хризотиле.

Текстура хризотил-асбестовых волокон, зависящая от степени сохранности пучков хризотил-асбеста в процессе его первичной обработки, одна из важнейших качественных характеристик товарного хризотил-асбеста. Определяется она по скорости фильтрации воды через навеску хризотила в приборе «Шоппер-Риглера» или на установке «УФА».

Для определения объема во влажном состоянии товарного хризотил-асбеста применяется лабораторный прибор «Инвертор». Он дает представление о длине, степени распушки и чистоте хризотилового волокна. Степень распушки хризотилового волокна определяется на лабораторном приборе «Элютриатор» или «КРАВ», «ПСХ-2». Удельную поверхность хризотилового волокна устанавливают на лабораторном оборудовании «Рапид-Тестер» («ОПА»). Прочность хризотил-асбестовых волокон в хризотилцементе детерминируется на прибор «Диллон».

Товарный хризотил – это смесь волокон различной длины и их агрегатов. В зависимости от длины волокон и содержания пыли и «гали» в нем, он разделяется на группы и марки. Все просеянные через сита хризотил-асбестовые волокна для формирования товарной продукции делятся по их средней длине на девять групп: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6к и 7. Фракционный состав каждой группы с 0 по 6 и 6к определяется на хризотилдобывающих предприятиях мокрым способом на пятиситном гидрокласификаторе «Бауер-Мак-Нетт» или «Турнер-Невалл», а при сухом расसेве – на АДА-02, Контрольном Аппарате и ПК-2А. Хризотил-асбест 7 группы в зависимости от насыпной плотности делится на четыре марки, которые определяются на установке для определения насыпной плотности [7, 8].

В маркировке хризотил-асбеста (см. таблицу 2) содержатся группы, прописные буквы и цифры, разделенные дефисами. Буква А обозначает наименование материала хризотил-асбест. Буква К – способ получения хризотил-асбеста из продуктов пылесосадирующих устройств. Буква М указывает на повышенное содержание массовой доли фракции менее 0,4 мм. Первая цифра показывает группу, вторая указывает гарантированный минимальный остаток на основном сите контрольного аппарата для хризотил-асбеста групп 0-6, 6к и насыпную плотность для хризотил-асбеста 7-й группы. Она же определяет и марку хризотила.

Таблица 2

Группы и марки хризотил-асбеста согласно ГОСТу 12871-93 стран СНГ (с дополнениями 2006, 2007 г.)

Кесте 2

ТМД елдерінің 12871-93 МЕМСТ-на сәйкес хризотил-асбесттің топтары мен маркалары (2006, 2007 ж. толықтыруларымен)

Table 2

Groups and brands of chrysotile-asbestos according to GOST 12871-93 of the CIS countries (with additions 2006, 2007)

Группа	Марка	Группа	Марка	Группа	Марка
0	А-0-80	4	А-4-40	6к	А-6К-45
	А-0-55		А-4-30		А-6К-30
1	А-1-75		А-4-20		А-6К-20
	А-1-50		А-4-10		А-6К-5
2	А-2-30	5	А-4-5	7	А-7-300
	А-2-22		А-5-80		А-7-370
	А-2-15		А-5-70		А-7-450
3	А-2-10	6	А-5-65		А-7-520
	А-3-75		А-5-60		
	А-3-70		А-5-55		
	А-3-60		А-5-50		
	А-3-50		А-6-45		
			А-6-40		
			А-6-40М		
			А-6-30		
			А-6-20		

Установлено, что при производстве всех видов хризотилсодержащих материалов и изделий на качество продукции влияет характеристика и свойства портландцемента, длина хризотилеволокон и их насыщенность мелкодисперсной пылью. Особенно это относится к затвердевшей цементной матрице хризотилцемента.

До 90-ых годов прошлого столетия, когда товарный асбест подразделялся на сорта в зависимости от степени сохранности агрегатов (распушки), использовался еще один показатель асбеста – текстура. Волокна асбеста разных сортов имеют разные степени сохранности их агрегатов, т.е. разную текстуру, и делятся на следующие типы сортов: жесткая (Ж) – в ней преобладают иголки разной толщины, в основном недеформированные, игольчатые, сохранившие между собой связь и параллельно расположенные в раздавленных пучках; полужесткая (П) – с равным количеством иголок и распушенного волокна и мягкая (М) – с наибольшим количеством распушенного и очень малым количеством игольчатого волокна. Для каждой текстуры указывается средняя длина волокон и степень засоренности их пылью и галей. С девяностых годов прошлого столетия этот показатель был упразднен в связи с вводом показателя группы и марочности хризотил-асбеста на горно-обогатительных предприятиях стран СНГ.

Схемы обогащения хризотила на фабриках СНГ направлены на извлечение из руды максимально большего количества хризотилеволокон с сохранением их текстуры и длины.

Сегодня в России и странах СНГ работают в производстве хризотилцементных листов и труб следующие предприятия (табл. 3).

Из указанного перечня в таблице 3 многие заводы производят напорные и безнапорные хризотилцементные муфты и трубы длиной от 2950 до 5950 мм, с проходным сечением 100-500 мм, толщиной стенки от 9 до 34 мм и весом трубы от 24 до 500 кг.

Безнапорные хризотилцементные трубы производятся следующими марками: обычные по толщине стенки трубы БНТ и тонкостенные с маркировкой БНТТ. Все они должны соответствовать величине испытательного гидравлического давления 4 и более кг.см/см², нагрузки на раздавливание – 350 и более 600 кгс.

Качественные параметры характеристик хризотилцементных труб выражены следующими показателями: температурой транспортируемых веществ до 115 °С, наружным диаметром 116-514 мм, рабочим давлением 0,3-1,6 МПа; величиной гидравлического давления при испытании на водопроницаемость от 1,2 до 5,3 МПа; нагрузкой на раздавливание от 800 до 3900 кгс.

Для безнапорных хризотилцементных труб (диаметром 100 и 150 мм) минимальная нагрузка на изгиб составляет 180 и более 400 кгс, а для напорных хризотилцементных труб он выше и составляет 400 и более 1220 кгс. Напорные трубы и муфты производятся как для водопроводов, так и для теплопроводов. Показатель теплопроводности для напорных хризотилцементных труб (0,8 ккал/м*ч*град) существенно – в 60 и более раз ниже, чем у стальных. Срок службы у хризотилцементных труб намного выше – 35 и более лет, чем у стальных (6-8 лет) и суще-

ственно (в 2-4 раза) ниже их стоимость, чем у стальных и полимерных труб.

Хризотилцементные трубы более устойчивы к внешним воздействиям по сравнению со стальными. Они не подвержены гниению, развитию бактерии и грибка, защищены от коррозии, не проводят электрический ток, на них отсутствует конденсат при движении холодной воды, низкий коэффициент температурного удлинения. Также они устойчивы к щелочной и слабокислой среде, не требуют спаечных и сварочных работ при монтаже. Не теряют свою функциональность при давлениях до 58 атмосфер и температурных показателях выше +200 °С. Внутренняя поверхность напорных хризотилцементных труб не «зарастает» различными транспортируемыми продуктами, что позволяет избежать дополнительного гидравлического сопротивления [9].

Шиферные листы изготавливаются по ГОСТу 30340-2012: листы плоские – ЛП, непрессованные – НП и прессованные П. Также выпускаются волнистые листы с обозначением: ВО – волновой обыкновенный с размером 1200 x 680 мм, имеет две основные марки – 40/150 и 54/200, с профилем листов 40/150 и 54/200. В них первые цифры 40 и 54 обозначают высоту волны, а вторые цифры – шаг волны (S) – 150 мм. Выпускаются и следующие волнистые листы: УВ – унифицированный волновой с размером 1750 x 112 мм и ВУ – волновой усиленный с размером 2400 x 1000 мм. Выпускаются листы серые неокрашенные и окрашенные. Для кровель с углом наклона не менее 12 град. применяют волновой шифер. В зависимости от сечения лист шифера может иметь вес 20-27 кг.

Важные показатели качества для производства хризотилцементных листов (прессованных и непрессованных) плоских и волновых, окрашенных и не окрашенных является морозостойкость, количество циклов на замораживание/оттаивание -F25 и выше по заказу, прочность на изгиб – 16-19 мПа, плотность листа – 1,6-1,7 г/см³, ударная вязкость – 1,5-1,6 кДж/м², водонепроницаемость – не менее 24 часов, сосредоточенная штамповая нагрузка – 150-220 кгс, испытательная планочная нагрузка – не менее 300 кгс, остаточная прочность – не менее 90%. Электрическая прочность 2 кВ/мм, дугостойкость при токе 20 МА равна 30 С°. В связи со всем сказанным выше, шифер (хризотилцементный лист) надежно адаптирован для всех климатических зон. Он также в несколько раз дешевле металла, черепицы и остальных материалов. Все это свидетельствует в пользу этого материала.

Присутствие в цементной матрице армирующих хризотилеволокон делает хризотилцемент композиционным материалом. Совместная работа затвердевшего цементного камня, армированного высокодеформативными и прочными хризотил-асбестовыми волокнами, резко повышает его сопротивляемость растягивающим и ударным нагрузкам, придает готовым изделиям из хризотилцемента ценные строительные свойства: малую толщину, легкость, прочность, огнестойкость, морозостойкость, устойчивость к коррозии и гниению и в результате долговечность.

Структура хризотилцементных изделий со средним содержанием в нем компонентов представлена на рисунке 3.

Таблица 3

Заводы России и стран СНГ по производству хризотилцементных труб и хризотилцементных листов (шифера) в 2022 г.

Table 3

Plants of Russia and the CIS countries for the production of chrysotile cement pipes and slate in 2022

Кестме 3

2022 жылы хризотилцемент құбырлары мен шифер шығаратын Ресей және ТМД елдерінің зауыттары

№№	Название страны, населенного пункта, где расположено предприятие	Название предприятия, компании
	Россия	
1	Мордовия, Чамзинский р-н, р.п. Комсомольский	«ЛАТО», Мордовия ОАО «Оренбургские минералы»
2	г. Рязань, ул. Прижелезнодорожная, 26	«Фибратек»; ОАО «Оренбургские Минералы»
3	г. Фокино Брянская область	ООО «Брянский Фиброцементный Завод» («БФЗ»); группа компаний VF Tech-ПАО «Ураласбест»
4	г. Стерлитамак Республика, Башкортостан	ООО «Стерлитамакский фиброцементный завод» («СФЗ»); группа компаний VF Tech-ПАО «Ураласбест»
5	г. Белгород	«БЕЛАЦИ»; ПАО «Белгородасбестоцемент» группа компаний VF Tech-ПАО «Ураласбест»
6	г. Крымск, Краснодарский край, Крымский р-н	ООО «Черноморский фиброцементный завод» («ЧФЗ») группа компаний VF Tech-ПАО «Ураласбест»
7	г. Красноярск	ООО «Комбинат «Волна»
8	г. Сухой Лог, Свердловская обл.	Народное Предприятие Знамя» (ЗАО НП «Знамя»); («Сухоложскасбестоцемент»)
9	г. Михайловка, Волгоградская область	ОАО «Себряковский комбинат асбестоцементных изделий» («СКАИ»)
10	Республика Бурятия, Кабанский район, пос. Каменск	Тимлюйский шиферный завод
11	г. Новороссийск	«Шиферник». Новороссийское предприятие
12	г. Новоульяновск, Мордовия	ООО «Новоульяновский шиферный завод»
	Страны Независимых Государств	
13	Казахстан, г. Шымкент	«Шымкентский шиферный завод», ТОО «Tectum Engineering» (АО «Костанайские минералы»)
14	Казахстан, г. Семипалатинск	«Семипалатинский асбестоцементныйизделий», ТОО «Семей Курылыс Материалдары» (АО «Костанайские минералы»)
15	Украина, г. Запорожье	ООО «Завод «Днепровская волна» (ОАО «Запорожский завод асбестоцементных изделий»)
16	Украина, г. Ивано-Франковск	ПАО «Ивано-Франковский асбоцементный завод»
17	Украина, Донецкая область, г. Краматорск	Краматорский Шиферный Завод
18	Узбекистан, г. Ахангаран Ташкентской обл.	«Ахангараншифер»
19	Узбекистан, г. Самарканд	«Shifer Zavod»
20	Беларусь, Могилевская область, Кричевский район, Краснобудский с/с	«КМБ-Восток», ОАО «Кричевцементношифер»
21	Таджикистан, г. Бохтар, Хатлонской обл.	«Бохтар шифер»
22	Кыргызстан, г. Кызыл-Кия	«Кант-ТШП»
23	Кыргызстан, Чуйская область, г. Кант, ВПЗ	ОсОО «Кант Курулуш»
и другие предприятия отрасли...		



Рис. 3. Средний состав хризотилцемента.
Сурет 3. Хризотилцементтің орташа құрамы.
Figure 3. Average composition of chrysotile cement.

Результаты и их обсуждение

Производство хризотилцементных изделий зависит от количества применяемой воды и подразделяется на три вида: мокрый, полусухой и сухой. Также распушка хризотил-волокон на хризотилцементных заводах может быть сухой, мокрой и комбинированной.

Хризотилцементные изделия на всех территориях России и бывших республиках СССР, входящих в СНГ, изготавливаются преимущественно традиционным мокрым способом на листоформовочных и трубоформовочных машинах. При мокром методе производства формования среднее содержание в хризотилцементной суспензии хризотила и цемента составляет 8-16%, а воды – 84-92%.

Производство хризотилцементных изделий, связанных с водой, показано на рисунке 4 и состоит из основных этапов: приготовления шихты из хризотила определенных групп и марок для требуемой смеси; производства определенного хризотилцементного изделия, гидрораспушки хризотилового волокна (осуществляемого в два этапа: обминание (раздавливание) пучков хризотил-волокон в бегунах и расщепление размятых пучков на отдельные волокна в голлендерах или гидропушителях); смешения волокон хризотила с цементом и водой, формование изделий и их твердение, механическая обработка. Основные компоненты для производства хризотилцементных изделий – это портландцемент, хризотил-асбест, вода.

Кроме этих трех компонентов, применяются на хризотилцементных предприятиях в мире еще добавочные материалы: пластификаторы, модификаторы, полимеры, уплотняющие добавки, гидрофобизаторы, пигменты (для придания изделию определенной окраски), целлюлоза, зола и др. Важно помнить, что добавлять вещества необходимо с учетом не уменьшения фильтруемости хризотило-суспензии на стадии формования наката, а, наоборот, с учетом его увеличения. Правильно подобранные добавки к цементу не только экономят портландцемент при производстве хризотилцементных изделий, где доля его в смеси значительная, но и позволяют не уменьшать прочность хризотилцементных изделий, а где-то их увеличивать.

Процесс производства хризотилцементных изделий мокрым способом из хризотилцементной суспензии: мешки с хризотил-асбестом по 50 кг (40 кг) согласно группе и марки поступают с интервалом 0,5-1,0 метра друг от друга на ленточный транспортер. С транспортера мешки с хризотилом идут в растарачную машину для растаривания, где дисковыми ножами они вскрываются. Освобожденные мешки захватывающим устройством удаляются в накопитель, а брикеты с хризотиловым волокном направляют в вертикальный разрыхлитель с колосниковой решеткой, где хризотил подвергается механическому воздействию. Разрыхленный хризотил с помощью трубчатого шнека попадает в расходный бункер с дозатором. Затем с буккера подается хризотил на первую стадию распушки в бегуны (для эффективной работы бегунов массу одной порции желательно иметь не более 400 кг, т.к. производительность бегунов – 500 кг/час), куда и подается вода для увлажнения хризотила до 30%. Затем все обрабатывается в течение 12-20 минут (1 минута на 10 кг хризотила). Небольшое количество воды в пучках волокон под давлением катков способствует ослаблению связи между волокнами хризотила и отделяет их друг от друга. Истирающее действие катков нарушает взаимное расположение волокон по отношению друг к другу. Также в бегунах происходит перемешивание разделенных волокон между собой. Бегуны представляют из себя два тяжелых катка, изготовленных из чугуна или гранита, совершающих круговые движения в чаше. Распушка хризотил-волокон на хризотилцементных заводах, где применяется мокрый способ формования в России и странах СНГ, в большинстве случаев двухстадийный. На обеих стадиях хризотил увлажняется.

Низкие группы хризотила (6-7-ой группы) содержат много гали и пыли. Их присутствие вредно сказывается на технологическом процессе производства изделий. При распушке волокон хризотил-асбеста в бегунах острые грани гали и более мелкие частицы пород укорачивают хризотил-волокна данной смеси. В результате их длина иногда становится короче 1 мм. Уменьшается и их удельная поверхность по сравнению с распушенными волокнами хризотил-асбеста. Практика показала, что в введенных смесях с увеличенным содержанием коротких волокон хризотил-асбеста 6 и 7 групп уменьшаются армирующие свойства введенной порции асбеста. Все это ведет к снижению качества изделий с этими смесями. Кроме того, волокна больше осаждаются на дне голлендеров, мешалок, особенно в ваннах сетчатых цилиндров формовочных машин. Увеличивается унос хризотила через сеточную часть. Возникает необходимость более частых остановок оборудования для чистки.

Первый этап распушки хризотил-асбеста является наиболее щадящим для распушки хризотил-волокон, так как подается увлажненный водой хризотил.

Для придания эластичности хризотил-волокнам и снижения их хрупкости, повреждения (укорачивания) волокна увлажняются осветленной рекуперационной водой до 30-50%. Соотношения твердого к жидкому Ж/Т = 1/5. Хризотил-волокна насыщаются в течение 3-5 дней водой и увеличиваются в объеме в смесителях, затем подаются в бегуны, где хорошо увлажненные пучки

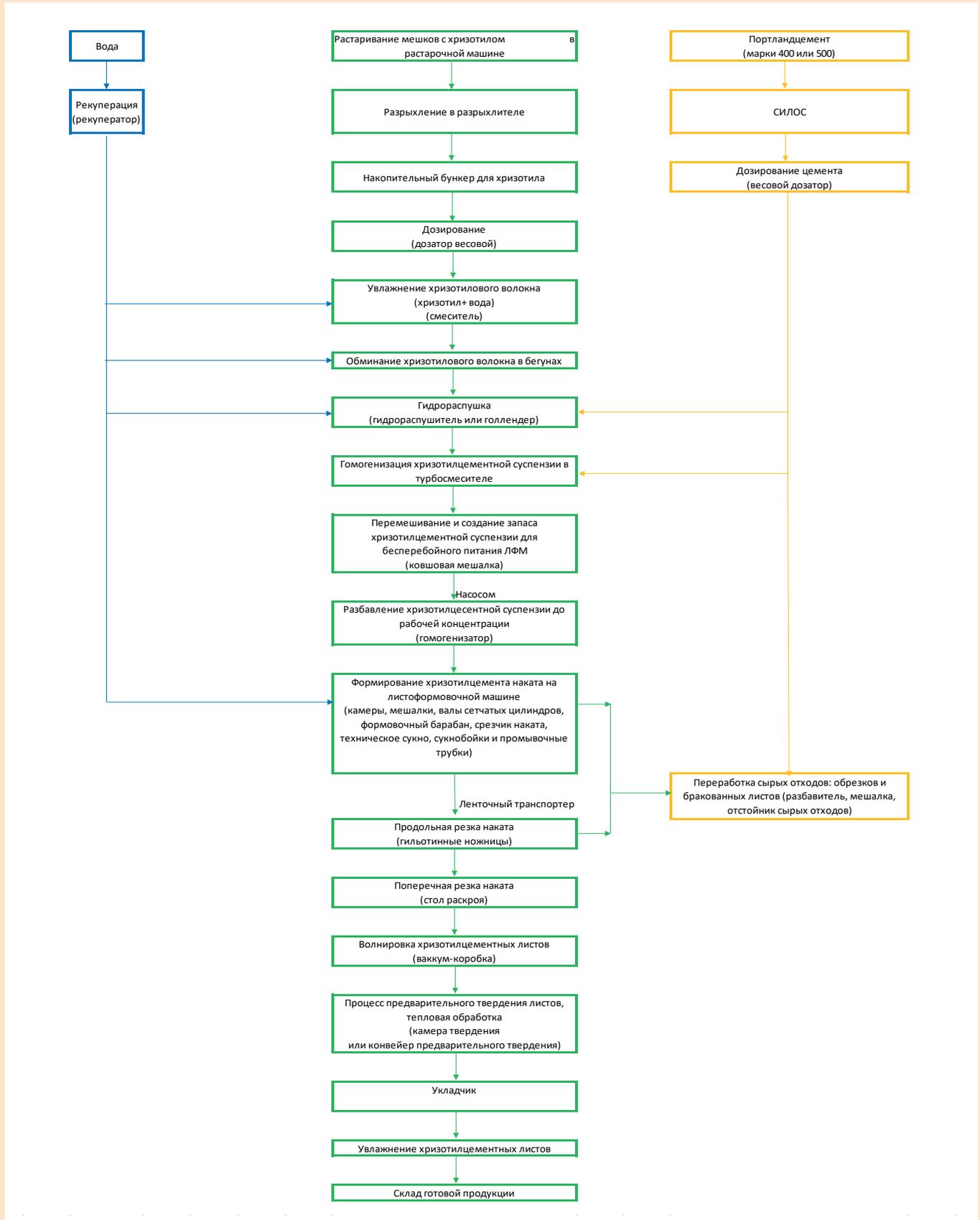


Рис. 4. Производство хризотилцементных изделий (волнистый шифер).

Figure 4. Production of chrysotile cement products (wavy slate).

Сурет 4. Хризотилцемент бұйымдарын өндіру (толқынды шифер).

хризотилковых волокон обминаются вращающимися тяжелыми катками (валами). Этот способ используется на хризотилцементных заводах в Бразилии и способствует увеличению сопротивления излому хризотилового волокна при обработке на бегунах. Вследствие чего волокна хризотила хорошо и легче распушиваются в бегунах. Распушка хризотил-асбеста в бегунах повышает сорбционную способность волокон и достигает на первом этапе подготовки 30-32%.

Надо отметить, что все больше получает распространение применение валковой машины для обминания хризотила вместо бегунов. Она позволяет непрерывным потоком производить данную операцию с хорошими показателями предварительной распушки.

Далее по процессу хризотиловая суспензия насосом перекачивается в гидрораспушитель или во вращающийся барабан голлендера, где на волокна хризотила оказывают интенсивное воздействие вращающиеся водяные потоки. Это второй этап (окончательный) гидрораспушки в течение 6-8 минут хризотилковых волокон с большей подачей воды. Распушка хризотила должна быть не менее 80-95%. При процессе распушки хризотил-асбест расщепляется на тонкие волокна, образуя в своей массе армирующую сетку, что позволяет удерживать и закреплять частички цементного камня на своей поверхности, обеспечивая тем самым высокую прочность хризотилцементным изделиям.

Необходимо отметить, что вода прямоточная или оборотная (рекуперационная), используемая для всех технологических операций производства хризотилцемента (распушки хризотила, промывочных работ и т.д.), не должна содержать глинистых примесей, органических веществ, минеральных солей, продуктов разложения. Температура воды, применяемая в технологическом цикле, должна составлять от +30 °С до +40 °С. Рекуперационную воду для технологии отбирают из нижней части рекуператоров. Используемая рекуперационная вода для технологии должна содержать взвешенные вещества не более 100 мг/л и иметь рН не менее 8,5, то есть щелочную среду.

После гидрораспушки в гидрораспушителе происходит смешивание перекачиваемой насосом хризотиловой суспензии с портландцементом от 650 до 800 кг марки 400 или 500 в турбосмесителе или голлендере. Затем в целях создания гомогенности и запаса для бесперебойного питания листоформовочных (трубоформовочных) машин и перемешивания подают хризотилцементную суспензию и осветленную рекуператорами воду до требуемой концентрации в ковшовую мешалку. В начале гидратации основных клинкерных минералов с целью исключения ухудшения фильтрационных и формовочных свойств в гомогенизаторе полуфабрикат находится не дольше 30 минут.

Хризотилцементная масса сравнительно быстро, за 8-10 минут приобретает достаточную однородность, так как мельчайшие зерна цемента, несущие на поверхности высокий отрицательный электростатический заряд, быстро контактируют с развитой поверхностью тонковолокнистого хризотил-асбеста и прочно удерживаются на ней. Имеется также высокий, но положительный заряд в водной и щелочной среде. Именно в этих операциях происходит процесс адгезии цемента с хризотиловым волокном. Для получе-

ния текучести хризотилцементной суспензии необходимо на одну массовую часть сухой хризотилцементной смеси добавлять не менее четырех или пяти массовых частей воды. Разубоживание хризотилцементной суспензии устанавливается расчетом технолога в зависимости от применяемых групп и марок хризотила, марки портландцемента в смеси.

Из ковшовой мешалки с помощью дозатора готовая хризотилцементная масса с добавлением воды до содержания ее в хризотилцементной суспензии 86-97% (или 40-45%) и сухого вещества (с содержанием в нем хризотила 15% и портландцемент 85%) от 3 до 14% (или 55-60%) отправляется по желобу в три или четыре металлические ванны, внутри которых находятся лопастные мешалки для перемешивания поступающей суспензии и три или четыре вала кругло-сетчатых цилиндров листоформовочной машины. Также в желоб из нижней части рекуператора непрерывно поступает рекуперационная вода. Всем этим поддерживается должная консистенция мокрой хризотилцементной массы по концентрации твердых частиц хризотилцемента и по ее щелочности. В листоформовочной, как и в трубоформовочной машине, делается формование хризотилцементного наката (полуфабриката). Надо отметить, что из всех перечисленных процессов процесс формования является основным процессом при производстве хризотилцементных изделий, который определяет главные технологические и экономические показатели предприятия.

При процессе фильтрации влажная хризотилцементная масса отфильтровывается на круглосетчатых цилиндрах и в виде слоев хризотилцементной пленки снимается с них техническим фильтрованным бесконечным сукном (лентой), которое движется к форматному барабану листоформовочной машины. При этом на все металлические сетки вращающихся барабанов постоянно набираются из суспензий тонкие слои хризотилцемента. Они частично обезвоживаются за счет фильтрации воды сквозь сетку и за счет уплотнения на ней под влиянием гидростатического давления. Вода из барабанов отводится в рекуператоры (сгустители). Собранная в ней неунесенная сукном часть хризотилцементной массы затем возвращается в производство. А очищенная вода из рекуператоров используется для промывки сеток и сукна, а также для разжижения хризотилцементной массы. Сукно из прочных материалов, проходя над барабанами, пропускает через себя воду, формирует при разряжении в вакуум-коробке до 300 мм рт.ст. на себе пленку из цемента и волокон хризотил-асбеста и переносит обезвоженные хризотилцементные пленки на поверхность форматного барабана, навивая на его поверхность слой за слоем для формирования листа или трубы определенной толщины. При этом слои дополнительно уплотняются между вращающимися металлическими цилиндрами. После трех ступеней отжатия прессовыми валами, где создается давление первым валом прессовой части листоформовочной машины – 0,2-0,4 МПа, вторым под прессовочным валом – 10,0-12,0 МПа, третьим пресс-валом – 40,0 МПа хризотилцементная пленка содержит влагу 25%. После процесса отжатия (вакуумирования) хризотилцементная пленка набивается на форматный крутящийся барабан, образуя накат.

Образованный на данном этапе листоформовочной машины отфильтрованный до необходимой плотности хризотилцементный полуфабрикат автоматический, по достижению требуемой заданной толщины для выпускаемой продукции по сигналу толщиномера срезается срезчиком наката по образующей с форматного барабана и подается с помощью ленточного транспортера на гильотинные ножницы. После операции продольной резки, которая осуществляется с двух сторон, хризотилцементный накат направляется на стол раскроя поперечной резки. Раскрой наката производится на листы нужных размеров и форм с обрезкой кромок. Техническое сукно, имеющее замкнутый цикл работы, подвергается очистке через сукнобойки и промывочные трубки, затем направляется обратно к сетчатым цилиндрам листоформовочной машины. Далее для дополнительного уплотнения, в зависимости от выпускаемой продукции, идет процесс прессования (производство плоских прессованных хризотилцементных листов), где хризотилцементные листы укладывают пневмоукладчиком в стопы и прессуют под высоким давлением от 20 до 40 МПа на гидравлическом прессе; или же идет процесс волнирования (производство волнистых хризотилцементных листов) хризотилцементного полуфабриката (сырого наката) на вакуумном волнировщике, после которого хризотилцементный лист приобретает необходимую форму. Волнированные или плоские спрессованные хризотилцементные листы направляются на конвейер или камеру предварительного твердения. Затем пневмоукладчиком складываются в стопки и отправляются на термовлажную обработку в камеру увлажнения (пропарочную камеру) на 10-16 часов при температуре 50-60 °С и относительной влажности 90-95% или хризотилцементные трубы в бассейне с водой на 3-8 суток при температуре не ниже 20 °С. Быстрее происходит твердение хризотилцементных листов или хризотилцементных труб в автоклавах, которые используют некоторые хризотилцементные заводы в мире. Здесь происходит гидратация цемента и твердение хризотилцементных изделий. Для приобретения необходимой прочности и физико-механических свойств хризотилцементные листы или хризотилцементные трубы (муфты) помещаются в теплый склад на 5-7 суток. Окончательные декоративные характеристики готовым изделиям придают окраски, произведенные в процессе производства или после твердения хризотилцементных листов.

Практически все современные хризотилцементные заводы в мире имеют безотходное производство и систему оборотного водоснабжения (рекуперацию воды). На хризотилцементных заводах в Бразилии, России и Казахстане обрезки и брак перерабатываются и направляются снова в процесс производства.

Производство хризотилцементных труб и муфт разного диаметра реализуется на трубоформовочных машинах. Трубоформовочные машины работают по такому же принципу, как листоформовочные машины, и имеют практически такую же конструкцию (ванны, сетчатые цилиндры, вакуумобезвоживающие и для очистки сукна устройства и т.д.), но имеют некоторые отличия. Используется обычно один или два сетчатых цилиндра, помещенных в ванны (камеры) по сравнению с листоформовочной

машиной. Вместо формовочного барабана установлены съемные металлические от 3 до 6 метров скалки. Принципы формования труб те же, что хризотилцементных листов. По окончании процесса навивания хризотилцементных слоев будущей хризотилцементной трубы форматную скалку снимают и устанавливают новую. Чтобы было легче вынуть скалку из сформованной хризотилцементной трубы, ее диаметр несколько увеличивают. Для этого немного растягивают сетку у концов трубы с помощью металлических клиньев и затем развальцовывают трубу на специальном каландре. Диаметр этих металлических скалок соответствуют внутреннему диаметру формируемых хризотилцементных труб. Снятые со скалок влажные хризотилцементные трубы проходят термовлажную обработку на конвейере твердения, где они вращаются вокруг собственной оси для обеспечения цилиндрической формы. Затем торцы труб обрезаются дисковыми пилами.

Для изготовления муфт хризотилцементные напорные трубы режутся. Затем растачивают внутреннюю часть трубы для уплотнения резиновыми кольцами [10].

Важным для долгого применения хризотилцементных материалов является сохранение их эксплуатационных характеристик, в т. ч. устойчивость при короблении, при ультрафиолетовом излучении, исключение склонности к образованию высолов и долговечность окрашенной поверхности.

Из перечисленных факторов самыми важными, позволяющими существенно увеличивать объемы применения хризотилцементных изделий в строительстве, являются долгое сохранение их декоративных покрытий и исключение образования на них высолов, белого налета. Это является наиболее острым требованием и к серой продукции, и особенно к цветной (окрашенной) – именно снижение и исключение высолообразования. Сохранность начального состояния поверхности шиферного листа зависит от степени гидрофобизации поверхности хризотилцементного листа.

Из проведенных исследований научными институтами и промышленными экспериментами на хризотилцементных заводах России, Казахстана, Белоруссии и Украины с 2006 по 2022 г. по вопросам образования на поверхности хризотилцементных листов высолов сделаны выводы, что высолы – результат образования гидроксида кальция на наружных слоях хризотилцементных листов. Причина видится как следствие разности скорости гидратации свободного оксида кальция на внутренних и наружных слоях хризотилцементного листа. Экспериментами установлено, что для снижения возможности образования высолов на шифере необходимо использовать в производстве продукции портландцемент с минимальным до 1% содержанием $CaO_{св}$ и обрабатывать сформованные хризотилцементные листы кремнийорганическими гидрофобизаторами на основе водной эмульсии силана и силоксанов.

Установлено также, что хризотилцементные материалы пронизаны большим количеством пор и капилляров. И это может обеспечивать им нежелательное избыточное водопоглощение. Для уменьшения воздействия этого фактора хризотилцементные листы обрабатывают гидрофобизаторами и полимерными красками.

При окрашивании хризотилцементных плоских и волнистых листов важно использовать краски с высокими адгезионными характеристиками, содержащие светостойкие пигменты, устойчивые к ультрафиолету, обеспечивающие хризотилцементным листам защиту от окружающей среды, повышенную водостойкость и морозостойкость. Наиболее широкое применение на хризотилцементных шиферных заводах России и СНГ с 2000-ых годов нашли краски с полимерным порошковым составом [11, 12].

Качество хризотилового волокна. Хризотилцементные предприятия в последние годы направляют на хризотилловые горно-обогатительные предприятия стран СНГ запросы по качеству поставляемого хризотилового волокна. Хризотилцементные листы временами имеют повышенную трещиноватость сырого формируемого листа полуфабриката и образование в нем магистральных трещин вдоль волны, а также в затвердевшей (готовой) продукции. Магистральные трещины и дальше появляются в листах вдоль волны и нетрадиционно для хризотилцементных листовых изделий поперек волны, т.е. в так называемом «сильном» направлении. Возникают они при хранении листов под нагрузкой в стопах на территории предприятия, при их транспортировке к потребителю и при монтаже на объекте.

Массовое возникновение трещин обусловлено отсутствием связи между хризотил-асбестовым волокном и портландцементом, и может зависеть от многих причин. Это может возникать при неожиданно резком изменении свойств цемента в хризотилцементной матрице, при экономии цемента, замене привычной смеси хризотила на другую, прежде всего, обедненную фракциями с длинными волокнами, при нарушении режимов распушки хризотила и пропорции добавок при производстве хризотилцементных изделий. Также при неравномерном увлажнении, замораживании и оттаивании листов, особенно в стопах, при хранении стоп под осадками, при резких перепадах температур и при резких возникновениях больших нагрузок на листы, на их стопы, при хранении, транспортировке, эксплуатации. Но из практики хризотилцементных предприятий известно, что почти все эти факторы имели место в той или иной степени ранее. И в то же время такое массовое появление трещин в листах, причем, практически на многих предприятиях, раньше не отмечалось. Технологи по производству хризотилцемента вынуждены рассматривать это как возможное следствие изменения главного фактора, определяющего условия взаимодействия хризотила и цемента при создании и изменении хризотилцементной матрицы фракционного состава поставляемого хризотила.

Поэтому сегодня представляется необходимым проанализировать параллельно ситуации с возможной неоднородностью поставляемых хризотил-асбеста и цемента, применяемых добавок как следствие отклонения их составов от нормативных.

В то же время есть определенные трудности в проверке связи сбоев в хризотилцементной технологии, связанных с увеличением в продукции числа трещин, в т. ч. магистральных и в обоих направлениях, «слабом» и «сильном», с качеством поставляемого на предприятия хризо-

тила. С одной стороны, на абсолютном большинстве хризотилцементных предприятий нет гидроклассификаторов «Бауэр-Мак-Нетт» (либо отсутствуют, либо неисправны), а только на них можно точно определить количество и размеры хризотилловых волокон (фракционный состав) в поступивших партиях сырья. На части хризотилцементных предприятий также отсутствуют пневмоклассификаторы ПК-2А для контроля сырья сухим методом. В результате пределы колебания свойств хризотилловых волокон и, соответственно, степени однородности хризотилового сырья от партии к партии продукции потребителям хризотил-асбеста неизвестны. Синхронный контроль качества хризотил-асбеста, подготовленного к применению в производстве хризотилцементных изделий, отсутствует в лабораториях горнодобывающих предприятий. В связи с этим специалисты обеих отраслей хризотил-асбестовых и хризотилцементных предприятий не имеют точных коэффициентов сопоставимости показателей состава примененного хризотила со свойствами полученного хризотилцемента и могут ориентироваться только на сведения сопроводительной документации к партии сырья. Все это не позволяет установить связь технологических сбоев в хризотилцементной технологии с качеством использованной партии хризотила. Необходимо найти нужный механизм связи между этими ситуациями для правильного диалога отраслей. Только в этом случае удастся накопить сравнительные данные по связи состава поставленного хризотил-асбеста для производства хризотилцемента с его армирующими характеристиками, всеми физико-механическими параметрами изделий в свежесформованном и в затвердевшем хризотилцементе.

Сегодня хризотилцементные предприятия в своих запросах указывают на необходимость вести на хризотил-асбестовых горно-обогатительных предприятиях усиленный контроль фракционного состава хризотилловых волокон, особенно для волокон классов (фракции): +1,18 мм и -0,075 мм, удельной поверхности волокон, их объема во влажном состоянии, а также обеспечивать однородность этих показателей в рамках партии и полное соответствие партии показателям ГОСТа или утвержденных ТУ.

Для хризотил-асбестовых горно-обогатительных предприятий стран СНГ возникла необходимость систематического определения не только содержания хризотил-асбеста на Контрольном Аппарате, но и его фракционного состава на пневматическом классификаторе «ПК-2А» или гидроклассификаторе «Бауэр-Макк-Нетт» (содержания волокон классов +1,18 мм и -0,075 мм) уже на стадии эксплуатационной разведки по аналогам зарубежных хризотил-асбестовых горно-обогатительных предприятий.

Исследования показали, что с увеличением удельной поверхности хризотил-асбеста улучшается его армирующая способность и становится прочнее сцепление волокон с цементным камнем, что является результатом сложных физико-химических процессов адсорбции зерен цемента с волокнами хризотила. Исходя из этого, в процессе изготовления хризотилцемента необходимо стремиться как можно больше разделить, распушить хризотилловые волокна для того, чтобы наиболее полно использовать его армирующую способность. Немаловажную роль играет для добывающих

и обогащающих хризотил-асбест предприятий России и Казахстана более полное использование волокон, остающихся на четвертом сите Контрольного Apparata класс -1,35 мм +0,4 мм. Их использование отражается на качестве и объемах хризотила и хризотилцементных изделий, получаемых на горно-обогатительных предприятиях и хризотилцементных заводах. В ходе исследований и накопленного опыта работы на хризотилцементных заводах выявлена отрицательная роль перенасыщения в хризотил-асбесте волокнами класса -0,4+0,0 мм (то есть пыли) и особенно мелкодисперсной пыли фракции класса -0,075 мм.

Многие современные хризотилцементные заводы в мире применяют в качестве добавок к основным компонентам, образующих фиброцементные изделия, таких как хризотил и портландцемент, еще и золу, целлюлозу, полипропилен. При производстве фиброцементных изделий заводы используют золу от 15 до 30%, переработанные отходы своего производства от 2 до 3% и переработанную целлюлозу от 3 до 4%. Внедрением инновации в технологии производства плоских и гофрированных фиброцементных листов продвинулись заводы компании «Everest», «Fiber Cement Board Plant», ООО «Комбинат «Волна» и т.д.

Согласно вышеизложенному материалу, проблемы, стоящие перед хризотилцементной отраслью, в частности, для производства хризотилцементных изделий, волнистых и неволнистых кровельных листов, фасадных панелей: однородность и требуемый состав фракции хризотилитовых волокон, степень их распушки, стойкость и равномерность цвета, образование высолов, трещин на листах и панелях.

В целом для производителей хризотилитовых волокон и хризотилцементных изделий стоят общие задачи – снижение себестоимости и улучшение качества выпуска готовой продукции, расширение его ассортимента и рынков сбыта.

Выводы

Хризотил-асбестовая отрасль в мире развивается, выдерживает кризисы и рыночную конкуренцию. Производители горного льна, как и производители хризотилцементной продукции, в последние годы оптимизируют свои

затраты и расходы на производство, логистику, снижают свои потери, модернизируют и расширяют свой ассортимент, обновляют новым и современным, улучшенным оборудованием. Заводы и фабрики совершенствуют свою технологию, постоянно расширяют ассортимент продукции, улучшают ее качество. В настоящее время в строительной массовой индустрии и в индивидуальном строительстве все больше повышается спрос на окрашенные хризотилцементные изделия (хризотилцементные листы, сайдинг), террасную доску.

В настоящей статье сделана попытка обобщить совокупные знания двух отраслей о влиянии состава хризотилитовых смесок, цемента на свойства хризотилцемента и проанализировать, произошли ли какие-либо реальные перемены в качестве поставляемого хризотилитового сырья в последние десятилетия.

Производство плоских хризотилцементных листов (шифера), напорных хризотилцементных труб требует обязательного расчета смесок хризотилцемента по содержанию фракционного состава хризотилитового волокна на лабораторном пневмокласификаторе (ПК-2А) или гидрокласификаторе «Бауэр-Мак-Нетт» (БМН). Расчеты всех вариантов двух- и трехкомпонентных хризотилцементных смесок показывают, что применение более дорогих смесок вызывает снижение фактического расхода хризотил-асбеста. И наоборот, более дешевые типовые хризотилцементные смески с низкими группами хризотил-асбеста вызывают увеличение расходного коэффициента хризотил-асбеста в смеси, что в конечном итоге приводит к удорожанию производства хризотилцементных изделий.

В отрасли последние десять лет хорошо отработаны технологии окраски шиферных изделий. Окрашенные хризотилцементные изделия, плоские и волнистые листы (шифер) имеют большую популярность в строительной отрасли стран СНГ, Средней и Юго-Восточной Азии, Африки.

Применение полимерного покрытия для хризотилцементных листов при использовании гидрофобизаторов повысит качество и долговечность хризотилцементной продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комаров Ю.Т. 100-летний юбилей Брянского асбестоцементного завода. // *Строительные материалы*. 2008. №9. С. 34-35 (на русском языке)
2. Уиттакер Э.Д.В. Структура и свойства асбеста. // *Справочник по структуре текстильных волокон: натуральные, регенерированные, неорганические и специальные волокна*. 2009. С. 425-449. (на английском языке)
3. Шкаредная С.А. Асбестосодержащие изделия и строительные материалы. / С.А. Шкаредная, Т.М. Каскевич. // *Горно-геологический журнал*. 2005. №2. С. 37-39 (на русском языке)
4. Robert L. Virta. Асбест: геология, минералогия, горное дело и использование. // *Геологическая служба*. 2022. С. 28 (на английском языке)
5. Пуненков С.Е. Хризотил-асбест и ресурсосбережение в хризотил-асбестовой отрасли. / С.Е. Пуненков, Ю.С. Козлов. // *Горный журнал Казахстана*. 2022. №1. С.5-10 (на русском языке)
6. Сводные данные о минеральных товарах за 2022 год. USGS. Геологическая служба. 2022. С. 204 (на английском языке)
7. Кагановский О.С., Градобоев О.В., Плугин А.А. Высокоэффективные композиционные материалы на основе минеральных и синтетических волокон: проблемы производства хризотил-цемента. // *Сб. науч. тр. Украинского государственного университета железнодорожного транспорта*. Харьков: УкрДУЗТ. 2013. Вып. 138. С. 50-47 (на украинском языке)

8. Пуненков С.Е. Современное состояние и перспектива развития хризотил-асбестовой отрасли в Бразилии. // *Строительные материалы*. 2011. № 5. С. 20-21 (на русском языке)
9. Чесноков В.С. Хризотилцементные напорные трубы: практика применения в теплотрассах. / В.С. Чесноков, В.А. Бабич. // *Строительные материалы*. 2008. №9. С. 13-15 (на русском языке)
10. Ободович О.М. Увеличения степени распушки асбестовых волокон с помощью гидромеханической обработки. / О.М. Ободович, О.М. Недбайло, О.Г. Чернишин, А.Е. Недбайло. // *Керамика: наука и жизнь*. 2021. №1 (50). С. 26-29 (на украинском языке)
11. Кухта Т.Н. Повышение долговечности полимерного покрытия асбестоцементных листов при использовании гидрофобизатора. // *Строительные материалы*. 2010. №1. С.58-60 (на русском языке)
12. Урецкая Е.А. Технологические особенности поверхностной гидрофобизации асбестоцементного шифера. / Е.А. Урецкая, Т.Н. Кухта. // *Строительная наука и техника*. 2008. №6 (21). С. 95-100 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Комаров Ю.Т. Брянск асбест-цемент зауытының 100 жылдық мерейтойы. // *Құрылыс материалдары*. 2008. №9. С. 34-35 (орыс тілінде)
2. Уиттакер Э. Д. В. Асбест құрылымы мен қасиеттері. // тоқыма талшықтарының құрылымы туралы Нұсқаулық: табиғи, қалпына келтірілген, Бейорганикалық және арнайы талшықтар. 2009. 425-449 ББ. (ағылшын тілінде)
3. Шкаредная С.А. Құрамында асбест бар бұйымдар мен құрылыс материалдары. / С.А. Шкаредная, Т.М. Каскевич. // *Тау-кен геологиялық журналы*. 2005. №2. С. 37-39 (орыс тілінде)
4. Robert L. Virta. Asbestos: geology, mineralogy, mining, and uses. // *АҚШ Ішкі істер департаменті АҚШ Геологиялық қызметі*. 2022. Б. 28 (ағылшын тілінде)
5. Пуненков С.Е. Хризотил-асбест және хризотил-асбест саласындағы ресурс үнемдеу. / С.Е. Пуненков, Ю.С.Козлов. // *Қазақстанның тау-кен журналы*. 2022. №1. Б. 5-10 (орыс тілінде)
6. 2022 жылғы минералдық шикізаттың қорытындылары. USGS. АҚШ Геологиялық қызмет, Рестон, Вирджиния. АҚШ. 2022. Б. 204 (ағылшын тілінде)
7. Кагановский О.С., Градобоев О.В., Плугин А.А. Минералдық және синтетикалық талшықтар негізіндегі тиімділігі жоғары композициялық материалдар: хризотил-цемент өндірісінің проблемалары. // *Украина мемлекеттік темір жол көлігі университетінің ғылыми еңбектер жинағы*. Харьков: УкрДУЗТ. 2013. Шығ. 138. Б. 50-47 (украин тілінде)
8. Пуненков С.Е. Бразилиядағы хризотил-асбест саласының қазіргі жай-күйі және даму перспективасы. // *Құрылыс материалдары*. 2011. №5. Б. 20-21 (орыс тілінде)
9. Чесноков В.С. Хризотилцементтік қысымды құбырлар: жылу трассаларында қолдану практикасы. / В.С. Чесноков, В.А. Бабич. // *Құрылыс материалдары*. 2008. №9. Б. 13-15 (орыс тілінде)
10. Ободович О.М. Гидромеханикалық өңдеу көмегі үшін азбест талшықтарын таратудың интенсификациясы. / О.М. Ободович, О.М. Недбайло, О.Г. Чернишин, А.Е. Недбайло. // *Керамика: ғылым және өмір*. 2021. №1 (50). Б. 26-29 (украин тілінде)
11. Кухта Т.Н. Гидрофобизаторды пайдалану кезінде асбест-цемент табақтарының полимерлік жабынының ұзақтығын арттыру. // *Құрылыс материалдары*. 2010. №1. Б. 58-60 (орыс тілінде)
12. Урецкая Е.А. Асбестоцемент шиферінің үстіңгі қабатын гидрофобизациялаудың технологиялық ерекшеліктері. / Е.А. Урецкая, Т.Н. Кухта. // *Құрылыс ғылымы және техникасы*. 2008. №6 (21). Б. 95-100 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Komarov Yu.T. 100-letnii yubilei Bryanskogo asbestotsementnogo zavoda. // *Stroitel'nye materialy*. 2008. №9. S. 34-35 [Komarov Yu.T. 100th anniversary of the Bryansk asbestos cement plant. // *Construction materials*. 2008. №9. P. 34-35] (in Russian)
2. Whittaker E.J.W. Structure and properties of asbestos // *Handbook of Textile Fibre Structure Natural, Regenerated, Inorganic and Specialist Fibres Volume 2 in Woodhead Publishing Series in Textiles*. 2009. P. 425-449. (in English)
3. Shkarednaya S.A. Asbestosoderzhashchie izdeliya i stroitel'nye materialy. / S.A. Shkarednaya, T.M. Kaskevich. // *Gorno-geologicheskii zhurnal*. 2005. №2. S. 37-39 [Shkarednaya S.A. Asbestos-containing products and building materials. / S.A. Shkarednaya, T.M. Kaskevich. // *Mining and geological journal*. 2005. №2. P. 37-39] (in Russian)
4. Robert L. Virta. Asbestos: Geology, Mineralogy, Mining, and Uses. // U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey. Eng. 2022. P. 28 (in English)
5. Punenkov S.E. Khrizotil-asbest i resursoberezhenie v khrizotil-asbestovoi otrasli. / S.E. Punenkov, Yu.S. Kozlov. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2022. №1. S.5-10 [Punenkov S.E. Khrizotil-asbestos and

- resource saving in the chrysotile-asbestos industry. / S.E. Punenkov, Yu.S. Kozlov. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2022. №1. P. 5-10] (in Russian)
6. *Mineral Commodity Summaries 2022*. USGS. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. USA. 2022. P. 204 (in English)
 7. Kaganovskii O.S., Gradoboev O.V., Plugin A.A. *Vysokoeffektivnyye kompozitsionnye materialy na osnove mineral'nykh i sinteticheskikh volokon: problemy proizvodstva khrizotil-tsementa*. // *Sb. nauch. tr. Ukrainskogo gosudarstvennogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta*. Khar'kov: UkrDUZT. 2013. Vyp. 138. S. 50-47 [Kaganovsky O.S., Gradoboev O.V., Plugin A.A. *Highly effective composites based on mineral and synthetic fibers: problems of chrysotile cement production*. // *Sat. scientific. tr. Ukrainian State University of Railway Transport*. Kharkov: UkrDUZT. 2013. Vol. 138. P. 50-47] (in Ukrainian)
 8. Punenkov S.E. *Sovremennoe sostoyanie i perspektiva razvitiya khrizotil-asbestovoi otrasli v Brazii*. // *Stroitel'nye materialy*. 2011. №5. S. 20-21 [Punenkov S.E. *Current state and prospect of development of chrysotile-asbestos industry in Brazil*. // *Construction materials*. 2011. №5. P. 20-21] (in Russian)
 9. Chesnokov V.S. *Khrizotiltsementnye napornye truby: praktika primeneniya v teplotrassakh*. / V.S. Chesnokov, V.A. Babich. // *Stroitel'nye materialy*. 2008. №9. S. 13-15 [Chesnokov V.S. *Chrysotile cement pressure pipes: practice of use in heating mains*. / V.S. Chesnokov, V.A. Babich. // *Construction materials*. 2008. №9. P. 13-15] (in Russian)
 10. Obodovich O.M. *Uvelicheniya stepeni raspushki asbestovykh volokon s pomoshch'yu gidromekhanicheskoi obrabotki*. / O.M. Obodovich, O.M. Nedbailo, O.G. Chernishin, A.E. Nedbailo. // *Keramika: nauka i zhizn'*. 2021. №1 (50). S. 26-29 [Obodovich O.M. *Increasing the degree of spreading of asbestos fibers using hydromechanical processing*. / O.M. Obodovich, O.M. Nedbailo, O.G. Chernishin, A.E. Nedbailo. // *Ceramics: science and life*. 2021. №1 (50). P. 26-29] (in Ukrainian)
 11. Kukhta T.N. *Povyshenie dolgovechnosti polimernogo pokrytiya asbestotsementnykh listov pri ispol'zovanii gidrofobizatora*. // *Stroitel'nye materialy*. 2010. №1. S.58-60 [Kukhta T.N. *Increasing the durability of the polymer coating of asbestos-cement sheets when using a hydrophobizator*. // *Construction materials*. 2010. №1. P. 58-60] (in Russian)
 12. Uretskaya E.A. *Tekhnologicheskie osobennosti poverkhnostnoi gidrofobizatsii asbestotsementnogo shifera*. / E.A. Uretskaya, T.N. Kukhta. // *Stroitel'naya nauka i tekhnika*. 2008. №6 (21). S. 95-100 [Uretskaya E.A. *Technological features of surface hydrophobization of asbestos cement slate*. / E.A. Uretskaya, T.N. Kukhta. // *Construction science and technology*. 2008. №6 (21). P. 95-100] (in Russian)

Информация об авторах:

Пуненков С.Е., канд. техн. наук, главный технолог ПАО «Ураласбест», заведующий базовой кафедрой «Обогащения полезных ископаемых», Уральский Государственный Горный Университет (г. Екатеринбург, Россия), ore-dressing@control.uralasbest.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4034-3457>

Авторлар туралы мәліметтер:

Пуненков С.Е., Орал Мемлекеттік Тау-кен Университеті, «Пайдалы қазбаларды байыту» базалық кафедрасының меңгерушісі, техника ғылымдарының кандидаты (Екатеринбург қ., Ресей)

Information about the authors:

Punenkov S.E., Ural State Mining University, Head of the Basic Department of Mineral Enrichment, Candidate of Technical Sciences (Yekaterinburg, Russia)

2-й международный
конгресс и выставка

ГОРНОРУДНЫЙ КОНГРЕСС КАЗАХСТАНА

15–16 МАЯ 2024,
АСТАНА, КАЗАХСТАН

VOSTOCK CAPITAL
— 21 год динамичного успеха —

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



ГАЗПРОМБАНК

+44 207 394 30 90 (ЛОНДОН)
EVENTS@VOSTOCKCAPITAL.COM
MININGKAZ.COM/RU/



СРЕДИ ДОКЛАДЧИКОВ И ПОЧЕТНЫХ ГОСТЕЙ



**АНДРЕЙ
ЕРОШЕВ**

заместитель генерального
директора по горно-
перерабатывающему
комплексу,
Казфосфат



**ДАУРЕН
ОРАЗАЕВ**

главный исполнительный
директор по развитию,
Алтыналмас



**МАРАТ
ШАЙМАРДАНОВ**

финансовый директор,
RG Gold



**ОЛЕГ
ПРОТАСОВ**

директор по переработке
и обогащению,
Казфосфат



**ВИКТОР
ПЕТРУХИН**

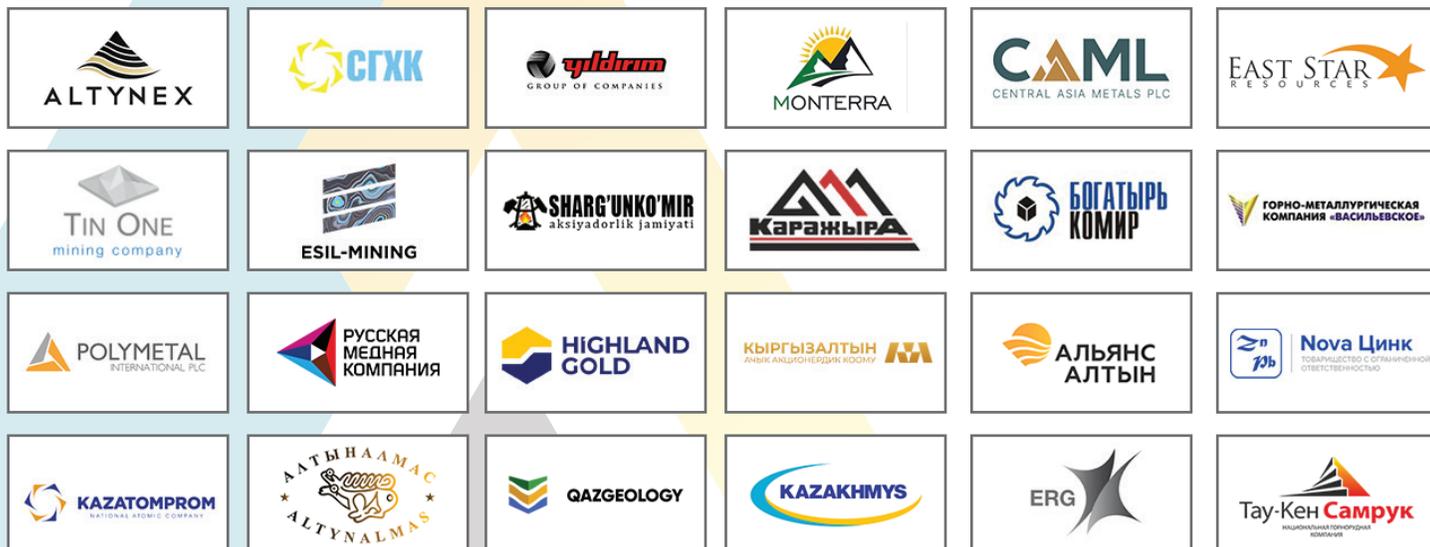
директор по технологии,
Бай Тау Минералс



**КАЙРАТ
МУКАТАЙ**

главный геолог,
**Актюбинская
медная компания**

СРЕДИ ПОСТОЯННЫХ УЧАСТНИКОВ



МРНТИ 52:35.29:38.33.15

А.Н. Копобаева¹, *А. Амангелдіқызы¹, Е.М. Казтаев², Н.С. Асқарова¹¹Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),
²ТОО «Kazakhmys Barlau» (г. Караганда, Казахстан)

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАСТА k_7 КАРАГАНДИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Аннотация. Целью настоящей работы является изучение геохимических особенностей пласта k_7 Карагандинского угольного бассейна. Для диагностики геохимических особенностей изучены 22 пробы угля пласта k_7 , которые анализировались методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ICP-MS. По результатам геохимического анализа установлены повышенные содержания **Sc-V-Y-Zr-Hf-Li** по сравнению с кларковым содержанием в пласте k_7 . Также по результатам анализов ICP-MS построены графики распределения элементов-примесей и построена каркасная модель пласта с графиками распределения РЗЭ в ПО К-Mine, в которой установлено повышенное содержание элементов – **La, Ce, Nd, Sm** в Саранской шахте и элементов **Tm, Eu** в Актаской шахте. Установлена связь обогащения редкоземельных элементов с пирокластическим материалом в пласте k_7 и определен его первичный состав как средний и щелочной вулканизм.

Ключевые слова: пласт k_7 , геохимия, редкоземельные элементы, пирокластический материал, уголь.

Караганды көмір бассейнінің k_7 қабатының геохимиялық ерекшеліктерін зерттеу

Аннотация. Бұл жұмыстың мақсаты Караганды көмір бассейнінің k_7 қабатының геохимиялық ерекшеліктерін зерттеу болып табылады. Геохимиялық ерекшеліктерді диагностикалау үшін ICP-MS плазмасымен индуктивті байланысқан масс-спектрометрия әдісімен талданған k_7 қабатының 22 көмір сынамаһы зерттелді. Геохимиялық талдау нәтижелері бойынша k_7 қабатындағы кларктық құрамымен салыстырғанда **Sc-V-Y-Zr-Hf-Li** жоғары құрамы анықталды. Сондай-ақ, ICP-MS талдауларының нәтижелері бойынша элемент-қоспаларды болу графикаһы салынды және Саран шахтасындағы – **La, Ce, Nd, Sm** элементтерінің және Актас шахтасындағы **Tm, Eu** элементтердің жоғары құрамы белгіленген. СЖЭ таралуы бойынша К-Mine бағдарламасында қабатың қаңқалық графикаһы бар моделі құрылды. Сирек жер элементтерін k_7 қабатындағы пирокластический материалмен байыту байланысы орнатылды және оның бастапқы құрамы орташа және сілтілі вулканизм ретінде анықталды.

Түйінді сөздер: k_7 қабаты, геохимия, сирек жер элементтері, пирокластический материал, көмір.

Study of geochemical features of the k_7 formation of the Karagandy coal basin

Abstract. The purpose of this work is to study the geochemical features of the k_7 formation of the Karaganda coal basin. To diagnose geochemical features, 22 samples of coal from the k_7 formation were selected, which were analyzed by mass spectrometry with inductively coupled plasma ICP-MS. According to the results of geochemical analysis, rare metal **REE-Sc-V-Y-Zr-Hf-Li** mineralization in the k_7 formation was determined. Also, based on the results of ICP-MS analyses, graphs of the distribution of elements were constructed and a frame model of the formation with REE distribution graphs was constructed, in which increased concentrations of elements – **La, Ce, Nd, Sm** in the Saransk mine and **Tm, Eu** elements in the Aktau mine were established. The relationship of the enrichment of rare earth elements with pyroclastic material in the k_7 formation has been established and its primary composition as medium and alkaline volcanism has been determined.

Key words: k_7 seam, geochemistry, rare earth elements, pyroclastics, coals.

Введение

Согласно Концепции развития топливно-экономического комплекса Республики Казахстан до 2030 года и перехода к зеленой экономике расширение масштабов применения угля должно дать мощный толчок к исследованиям и разработки экологически чистых технологий добычи и сжигания угля, а также его переработки [1]¹. В последние годы в связи с постоянным ростом цен на нефть, сокращением ее запасов, высокими затратами на разведку новых месторождений во многих странах мира продолжают интенсивно проводиться работы по совершенствованию глубокой переработки угля. Это предполагает рассмотрение углей как потенциального источника редкоземельных, ценных и благородных металлов.

Угли, а также его отходы могут содержать повышенные концентрации элементов примесей, содержания которых в отдельных случаях достигают промышленно значимых концентраций [2, 3]. В последние десятилетия уже на практике было открыто много месторождений **Ge, Li, Sc**, лантаноидов и других критических металлов, связанных с угольными месторождениями во многих странах [4, 6].

Карагандинский угольный бассейн является одним из наиболее угленосных и ценных в промышленном отношении для всего Казахстана. Уникальные ресурсы угля требуют комплексного и научно-обоснованного подхода к их

изучению. Изучение геохимических особенностей пласта k_7 позволит рассмотреть его как потенциальный источник редкоземельных металлов и закономерности их распределения.

Методика исследования

В предлагаемой работе для изучения геохимических особенностей элементов-примесей в угольном пласте k_7 Карагандинского угольного бассейна были изучены 22 пробы углей пласта k_7 Саранской и Актаской шахт. Для проведения исследований и получения представительных результатов был проведен вертикальный отбор проб (борздовым способом) из слоев угля и вмещающих пород мощностью 0,05-0,20 м. Отобранные пробы прошли пробоподготовку в ТОО «Азимут Геология»; аналитические исследования методом ICP-MS (таб. 1) проведены в лаборатории Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВГИ ДВО РАН).

Результаты

В структурном отношении пласт k_7 приурочен к центральной части северо-западного крыла Карагандинской синклинали, по условию залегания простирается в северо-западном направлении от Саранской к Актаской шахте (рис. 2).

¹Бюро национальной статистики агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан: офиц. сайт. Астана. Обновляется в течение суток. URL: <https://stat.gov.kz/ru/> (дата обращения: 15.10.2023).

Таблица 1

Химический состав проб из Актасской и Саранской шахты

Кесте 1

Ақтас және Саран шахталарының сынамадардың химиялық құрамы

Table 1

The chemical content of samples from the Aktass and Saransk mines

Элемент	кларк угля	UCC	УВ-1	УВ-2	УВ-3	УВ-4	УВ-5	УН-1	УН-2	УН-3	УН-4	УН-5	Сред. по углю Саран	УВ-26	УВ-27	УВ-28	УВ-29	УВ-30	УВ-31	УН-26	УН-27	УН-28	УН-29	УН-30	УН-31	Сред. по углю Актас
Li	14,0		4,9	12,6	6,7	3,9	7,4	13,4	37,2	9,7	3,8	10,0	11,0	14,5	12,4	20,6	8,3	22,6	14,3	10,9	7,9	15,3	13,4	10,2	13,4	13,7
Be	2,0		0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Sc	3,7		3,8	4,8	3,9	3,6	4,3	5,8	4,2	4,9	2,9	4,3	4,2	4,8	5,8	5,6	4,4	6,3	5,3	4,3	4,3	5,0	5,6	6,3	6,6	5,4
V	28,0		29,3	37,1	39,7	28,1	18,9	30,9	30,9	30,1	26,2	30,4	30,2	34,0	36,7	37,2	33,1	38,8	38,3	24,2	31,2	35,3	37,1	38,7	39,5	35,4
Cr	17,0		1,5	2,8	2,3	2,7	1,7	2,3	6,5	2,6	1,7	1,8	2,6	2,3	2,0	2,8	1,7	2,5	2,3	1,7	2,1	2,5	2,3	1,7	2,5	2,2
Co	6,0		3,9	3,1	3,4	4,1	2,8	2,8	2,4	2,5	3,4	3,0	3,1	4,1	3,3	3,4	3,9	3,8	3,1	4,6	4,7	3,9	3,8	3,3	3,3	3,8
Ni	17,0		2,2	2,7	2,6	2,9	2,0	2,6	3,0	2,7	3,0	2,9	2,7	1,6	2,2	2,4	1,4	1,8	1,3	2,0	2,2	2,1	1,6	1,6	1,7	1,8
Cu	16,0		14,2	15,4	27,5	11,8	7,7	14,9	15,1	14,7	12,6	15,8	15,0	14,3	17,8	16,2	11,0	13,7	13,6	12,4	12,0	17,3	15,1	11,9	13,4	14,1
Zn	28,0		11,5	23,0	10,9	9,0	9,3	11,4	16,4	12,1	9,1	8,3	12,1	16,8	13,2	15,1	7,8	19,0	16,3	12,3	7,5	15,8	7,1	10,0	12,6	12,8
Ga	6,2		1,3	2,9	1,8	1,3	1,9	3,0	8,1	2,1	1,8	2,8	2,7	3,4	2,8	4,7	2,1	5,0	3,4	2,4	1,9	3,5	3,4	2,5	3,1	3,2
Ge	2,5		0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
As	9,0		0,2	0,1	0,0	0,1	0,3	0,2	0,1	1,1	0,1	0,3	0,3	1,2	3,5	4,5	0,3	1,0	0,2	0,2	0,5	3,0	4,3	0,4	1,3	1,7
Se	1,6		1,0	1,2	1,1	0,9	1,1	1,0	1,5	1,1	0,8	1,0	1,1	1,0	1,2	0,9	0,6	0,9	0,6	0,5	0,8	0,9	0,8	0,6	1,0	0,8
Rb	18,0		0,6	1,4	0,8	0,6	1,1	1,4	4,8	1,2	0,7	1,3	1,4	1,5	1,2	2,2	0,9	1,9	1,5	1,0	0,9	1,5	1,5	1,1	1,3	1,4
Sr	100,0		70,5	52,5	42,8	72,8	93,5	53,8	71,5	72,1	47,3	47,3	62,4	82,0	88,6	74,3	108,2	76,0	63,7	72,4	98,6	105,5	77,0	104,6	67,2	84,8
Y	8,2		16,4	13,7	8,7	13,7	9,8	7,6	6,1	8,7	5,0	6,0	9,6	10,3	8,1	8,8	10,2	8,0	7,9	12,6	11,9	9,8	9,0	8,2	8,4	9,4
Zr	36,0		44,6	63,4	51,5	50,7	26,5	34,6	36,4	43,4	29,6	35,7	41,6	49,3	48,2	50,5	52,5	61,3	51,1	41,2	51,9	54,1	46,2	52,4	55,7	51,2
Nb	4,0		0,6	0,8	0,8	0,6	0,5	0,5	1,7	0,9	0,6	0,6	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	1,2	0,9	0,6	0,7	1,3	1,1	0,9	0,9	0,9
Mo	2,1		0,4	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,7	0,7	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,3	0,2
Ag	0,1		0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cd	0,2		0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sn	1,4		0,2	0,2	1,5	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Sb	1,0		0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1	0,3
Te	0,1		0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cs	1,1		0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ba	150,0		15,9	19,3	12,4	13,9	15,5	18,4	61,1	37,7	10,4	15,8	22,0	24,7	20,3	28,3	20,8	31,6	21,2	18,3	24,8	29,2	22,6	19,6	22,0	23,6
Hf	1,2		1,1	1,5	1,3	1,2	0,7	0,9	1,2	1,1	0,7	0,9	1,1	1,5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,5	1,1	1,5	1,6	1,3	1,5	1,6	1,5
Ta	0,3		0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
W	1,0		0,1	0,4	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tl	0,6		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb	9,0		2,6	3,3	3,2	2,5	1,6	2,3	4,4	3,5	1,9	2,1	2,7	4,0	3,7	3,9	3,3	5,0	3,1	2,4	3,2	4,8	3,6	3,7	3,4	3,7
Bi	1,1		0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Th	3,2		0,8	1,2	0,9	0,8	0,7	0,7	3,7	1,0	0,5	0,7	1,1	1,2	1,1	1,2	0,8	1,3	1,1	0,9	0,9	1,2	0,9	0,8	1,0	1,0
U	1,9		0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
La	11,0	30,0	7,3	7,5	3,8	7,5	3,4	4,8	6,5	6,5	4,8	4,2	5,6	6,7	5,3	7,0	5,4	5,7	5,7	7,2	7,2	8,6	5,0	3,8	5,9	6,1
Ce	23,0	64,0	17,1	17,4	8,5	16,9	7,2	9,5	14,5	14,2	9,5	8,6	12,4	15,0	11,7	15,7	12,5	12,4	12,5	16,0	16,4	18,8	11,2	8,4	13,5	13,7
Pr	3,5	7,1	2,1	2,1	1,2	2,1	0,9	1,2	1,5	1,6	1,2	1,1	1,5	2,0	1,5	2,0	1,7	1,6	1,6	2,2	2,2	2,4	1,5	1,1	1,8	1,8
Nd	11,0	26,0	10,5	10,0	5,7	9,7	4,5	5,7	6,3	7,3	5,3	4,9	7,0	9,0	6,7	9,0	8,1	6,9	7,2	10,0	10,1	10,6	6,7	4,9	7,9	8,1
Sm	2,4	4,5	2,5	2,4	1,5	2,3	1,3	1,4	1,4	1,7	1,1	1,2	1,7	2,1	1,6	2,0	1,9	1,6	1,6	2,3	2,3	2,2	1,7	1,2	1,8	1,8
Eu	0,4	0,9	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4
Gd	2,7	3,8	2,9	2,5	1,6	2,4	1,6	1,5	1,3	1,8	1,1	1,3	1,8	2,1	1,6	2,1	2,0	1,7	1,7	2,4	2,4	2,1	1,7	1,3	1,8	1,9
Tb	0,3	0,6	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
Dy	2,1	3,5	2,6	2,3	1,5	2,2	1,4	1,3	1,0	1,6	0,9	1,0	1,6	2,1	1,6	1,8	2,0	1,6	1,5	2,3	2,3	2,0	1,8	1,5	1,7	1,9
Ho	0,6	0,8	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
Er	0,9	2,3	1,4	1,4	0,9	1,2	0,9	0,7	0,6	0,9	0,5	0,6	0,9	1,2	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0	1,4	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2
Tm	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Yb	1,0	2,2	1,1	1,4	0,8	1,0	0,9	0,7	0,7	1,0	0,5	0,6	0,9	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1
Lu	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Осадконакопление углей пласта k_7 и в целом Карагандинского угольного бассейна представлено в основном девонскими вулканогенно-осадочными породами (D_3) и угленосными свитами каменноугольного возраста (C_1) (рис. 1) [7].

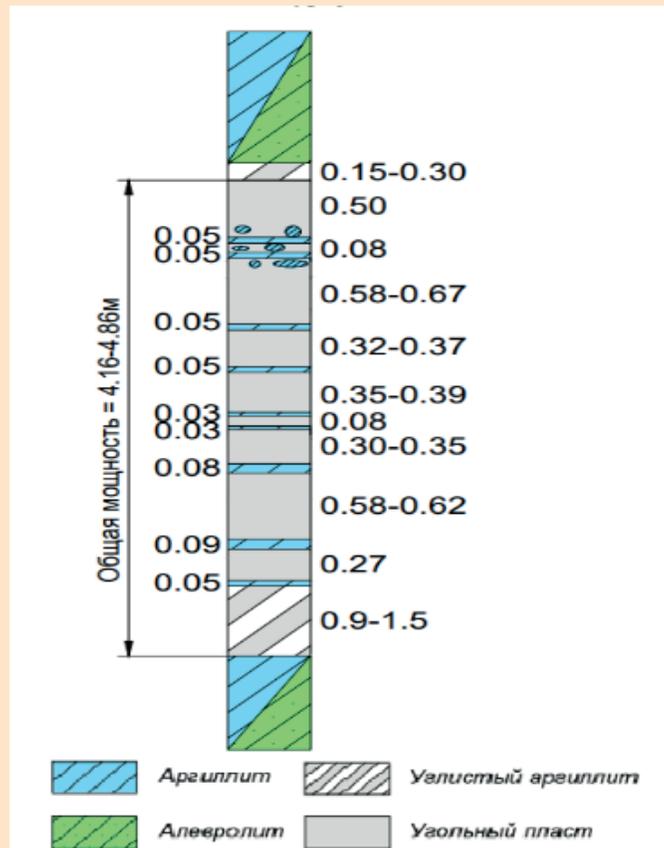


Рис.1. Структурная колонка пласта k_7 .
Сурет 1. k_7 қабатының құрылымдық бағанасы.
Figure 1. Structural column of the k_7 formation.

По мощности (3,0-5,0м) пласт k_7 относится к среднему типу пластов и имеет сложное строение. По залеганию пласт k_7 имеет угол падения переменный и варьируется (от 0 до 20°). Находится на горизонте (-100) – (-30), после маломощных пластов k_9 и k_8 (до 1,0 м).

На рисунке 2 приведено строение каркаса пласта k_7 , построенного с использованием нескольких исторических скважин шахты Саранская и Актаская, в программе K-Mine.

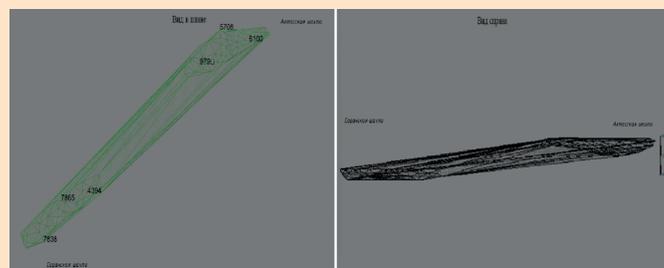


Рис. 2. Каркасная модель пласта k_7 .
Сурет 2. k_7 қабатының каркасты моделі.
Figure 2. Frame model of the k_7 formation.

По результатам аналитических исследований (табл. 1) отмечается повышенное содержание некоторых элементов по сравнению с их кларковыми значениями в углях [5].

Средние содержания элементов-примесей в углях пласта k_7 , где производился отбор проб, показан на рисунке 3, где наблюдается превышение кларковых содержаний РЗЭ (Tb, Ho, Lu), переходных металлов (Sc, V, Y, Zr, Hf) и лития (Li) (рис. 3).



Рис. 3. График распределения элементов примеси.
Сурет 3. Ліспе элементтерінің таралу графигі.
Figure 3. Graph of the distribution of impurity elements.

Используя построенный каркас и результаты аналитических данных с помощью программы K-mine, были созданы графики распределения РЗЭ по пласту k_7 . Исходя из этих графиков было выделено 3 группы с аналогичными распределениями элементов по пласту.

К 1-ой группе относятся легкие лантаноиды (La, Ce, Nd, Sm). Минимальные содержания La (3,4-5,6 г/т), Ce (7,2-12,4 г/т), Nd (4,9-7,0 г/т), Sm (1,2-1,7 г/т) наблюдаются на шахте Актаская, но высокие содержания La (5,7-6,1 г/т), Ce (12,4-18,8 г/т), Nd (7,2-10,6 г/т), Sm (2,0-2,2 г/т) выявлены в Саранской шахте (рис. 4).

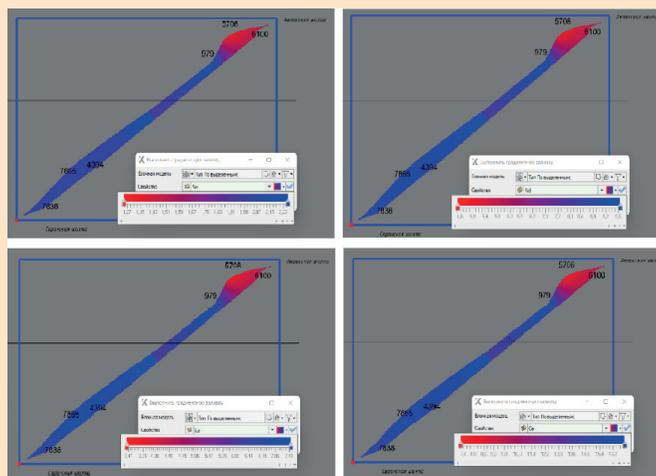


Рис. 4. 1-ая группа.
Сурет 4. 1-ші топ.
Figure 4. 1st group.

2-ая группа (рис. 5). Распределение почти схожее с первой группой. Минимальные значения Eu и Ho (0,3-0,4 г/т), Tb (0,2-0,4 г/т) наблюдаются на шахте Актаская, средние содержания Eu, Ho, Tb (0,4-0,5 г/т) на Саранской, а более высокие ($Eu, Ho, Tb > 0,6$ г/т) находятся на фланговых частях.

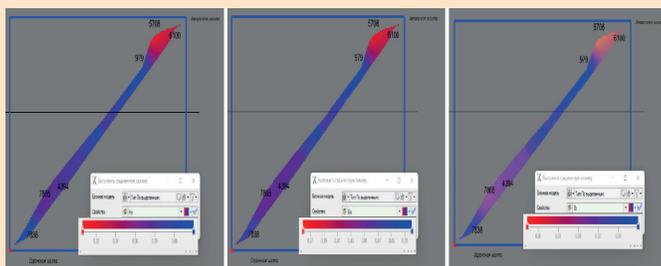


Рис. 5. 2-ая группа.
Сурет 5. 2-ші топ.
Figure 5. 2nd group.

3-я группа, по которой установлено, что распределение идет от запада к северо-востоку, пиковые содержания Tm , Lu ($> 0,2$ г/т) определены на Актасской шахте (рис. 6).

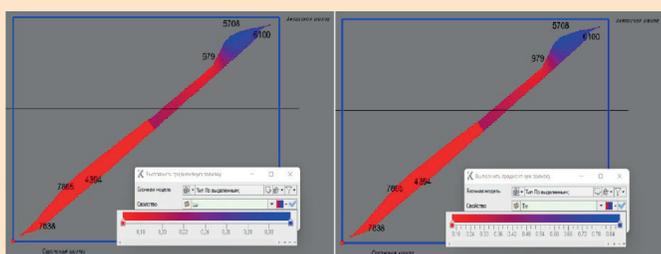


Рис. 6. 3-ая группа.
Сурет 6. 3-ші топ.
Figure 6. 3rd group.

Из изложенного видно, что угли пласта k_7 обогащены различными редкоземельными элементами.

Многочисленные исследования свидетельствуют о значительных различиях химического состава углей. Так, угольные месторождения, в некоторых случаях отдельные пласты месторождения весьма неоднородны по уровням накопления элементов-примесей. Уровни накопления и закономерности распределения элементов-примесей в углях определяются совокупностью геологических факторов, которые прослеживаются на протяжении всего процесса угленакопления. Одним из основных геологических факторов, влияющих на формирование геохимического облика бассейна осадконакопления, является состав исходных пород.

По ранее полученным данным (Черновьянц, 1992) установлено, что угольные пласты Карагандинского угольного бассейна показали высокую насыщенность их тонштейнами (глинистые прослои внутри угольных пластов), в составе которых отмечаются высокие концентрации многих элементов-примесей. Предполагается, что это обусловлено влиянием вулканизма, субсинхронного с торфонакоплением и материалом, сформировавшим внутриугольные прослои, служив вулканический пепел различного состава [8]. Известно, что в процессе угленакопления пирокластический материал, повлиявший на формирование тонштейнов, подвергается изменениям. Несмотря на сложность восстановления, для диагностики исходного состава пирокластического материала существует ряд индикаторных элементов, модели

распределения РЗЭ, классификационная диаграмма Винчестера и Флойда ($Nb/Y-Zr/TiO_2$), а также петрохимические модули, в том числе титановый модуль [8-11]. Для диагностики состава исходного пирокластического материала построена классификационная диаграмма Винчестера и Флойда [9] (рис. 7). Согласно диаграмме пробы, отобранные с пласта k_7 , расположились в областях риодацитов и андезитовой пирокластике, также в меньшей степени риолитовой.

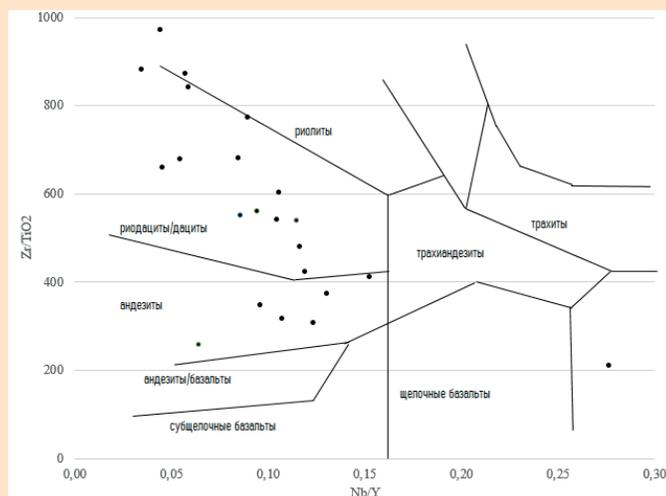


Рис. 7. Классификационная диаграмма пирокластического материала пласта k_7 .
Сурет 7. k_7 қабатының пирокластикалық материалының жіктеу диаграммасы.

Figure 7. Classification diagram of pyroclastic material of the k_7 formation.

Дополнительным параметром, позволяющим определить состав исходной вулканогенной пирокластике, как было сказано выше, является титановый модуль ($TM - TiO_2/Al_2O_3$). Исследования Д.А. Спирса [10] показывают, что TiO_2/Al_2O_3 отношение больше 0,06 характерно для пирокластике основного состава, меньше 0,02 – для кислого. Промежуточные значения характерны для вулканических пеплов среднего и щелочного составов.

В таблице (табл. 2) приведено соотношение TiO_2/Al_2O_3 пласта k_7 , которое варьируется от 0,02 до 0,05. Величина TM указывает на то, что пепловый состав для пирокластического материала пласта k_7 Карагандинского бассейна состоит из среднего и щелочного составов.

Заклучение

В результате проведенных исследований получена дополнительная информация о геохимических характеристиках углей пласта k_7 . Угли пласта k_7 Карагандинского угольного бассейна характеризуются повышенными содержаниями Tb , Ho , Lu , Sc , V , Y , Zr , Hf , Li . По распределению элементов-примесей выделены 3 группы, которые в свою очередь выделяются на построенной каркасной модели и показывают степень распределения редкоземельных элементов по пласту k_7 в шахтах Актаская и Саранская.

Таблица 2

Соотношение элементов в пласте к₇

Кесте 2

к₇ қабатындағы элементтердің қатынасы

Table 2

The ratio of elements in the k₇ formation

Название	Zr/TiO ₂	Nb/Y	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂ /Al ₂ O ₃
УВ-1	881,7	0,035	0,051	2,011	0,025
УВ-2	841,7	0,059	0,075	3,456	0,022
УВ-3	771,7	0,09	0,067	2,54	0,026
УВ-4	969,7	0,045	0,052	2,023	0,026
УВ-5	676,5	0,055	0,039	2,61	0,015
УН-1	257,9	0,064	0,134	3,553	0,038
УН-2	209,3	0,276	0,174	8,849	0,02
УН-3	600,9	0,106	0,072	2,891	0,025
УН-4	422,1	0,119	0,07	2,455	0,029
УН-5	315,6	0,107	0,113	3,748	0,03
УВ-26	549,4	0,086	0,09	3,232	0,028
УВ-27	559,8	0,095	0,086	3,035	0,028
УВ-28	345,9	0,096	0,146	4,132	0,035
УВ-29	680,4	0,085	0,077	2,02	0,038
УВ-30	409,5	0,153	0,15	4,548	0,033
УВ-31	479,2	0,117	0,107	3,532	0,03
УН-26	658,5	0,045	0,063	2,527	0,025
УН-27	872	0,057	0,06	1,894	0,031
УН-28	372,8	0,131	0,145	3,185	0,046
УН-29	305,6	0,124	0,151	3,11	0,049
УН-30	537,8	0,115	0,097	2,432	0,04
УН-31	539,5	0,105	0,103	3,132	0,033

Определены данные, которые доказывают влияние пеплового материала на химический состав углей пласта к₇ Карагандинского бассейна. Согласно полученным результатам на накопление элементов-примесей в углях пласта к₇ повлияла вулканогенная пирокластика среднего и щелочного состава. Исходным материалом, послужившим для формирования породного прослоя в углях, мог

быть вулканический пепел риодацитового и андезитового состава.

Данная статья подготовлена по результатам исследований, финансируемых Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP13067779).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция по переходу Республики Казахстан к «Зеленой экономике». Утверждена Указом Президента Республики Казахстан №577 от 30 мая 2013 года (на русском языке)
2. Dai S. Уголь как многообещающий источник критических элементов: прогресс и перспективы на будущее. / S. Dai, R.B. Finkelman. // Журнал «Угольная геология». 2018. №186. С. 155-164 (на английском языке)
3. Dai S. Выявление условий залегания торфа в угле: обзор. / S. Dai, A. Bechtel, K.F. Ebl, R.M Flores., D. French, I.T. Graham, M.M. Hood, J.K. Hauer, V.A. Korasidis, T.A. Moore, V. Puttmann, K. Wei, L. Zhao, J.M.K. O'Keefe. // Международный журнал геологии угля. 2020. С. 219 (на английском языке)
4. Li J. Новые данные по минералогии и геохимии углей с высоким содержанием Ge на угольном месторождении Имин, Внутренняя Монголия, Китай. / J. Li, H. Zhuang, H. Kerol, O. Font, M. Izquierdo, Z.Wang. // Журнал «Угольная геология». 2014. №125. С. 10-21 (на английском языке)
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях: Екатеринбург: УрО РАН, 2006, С. 538 (на русском языке)

6. Амангелдықызы А. Исследование распространенности редкоземельных металлов в углях главных угольных бассейнов Центрального Казахстана: дис. ... PhD 6D070600. Караганда: 2021. 202 с. (на русском языке)
7. Дрижд Н.А., Ахматнуров Д.Р., Захаров А.М. Оценка методов метанобезопасности на шахтах Карагандинского бассейна: Монография. Карагандинский государственный технический университет: Караганда, изд-во КарГТУ, 2016. С. 10-12 (на русском языке)
8. Арбузов С.И. Минералогия, геохимия и генезис редкометалльного Zr-Nb-Hf-Ta-Ga-P3Э оруденения в пласте XXX Минусинского бассейна. / С.И. Арбузов, А.В. Вергунов, В.В. Еремеева. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. №7. С. 49-62 (на русском языке)
9. Winchester J.A. Геохимическая дискриминация различных серий магм и продуктов их дифференциации с использованием неподвижных элементов. / J.A. Winchester, P.A. Floyd. // Химическая геология. 1977. Т. 20. С. 325-343 (на английском языке)
10. Spears D.A. Геохимическое и минералогическое исследование некоторых британских и других европейских тонштейнов. / D.A. Spears, R. Kanaris-Sotiriou. // Седиментология. 1979. Т. 26. С. 407-425 (на английском языке)
11. Dai S. Измененные вулканические пеплы в угле и угленосных толщах: обзор их природы и значения. / S. Dai, C.R. Ward, I.T. Graham, D. French, J.C. Hower, L. Zhao, X. Wang. // Обзоры наук о Земле. 2017. Т. 175. С. 44-74 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасы Президентінің 2013 жылғы 30 мамырдағы №577 Жарлығымен бекітілген Қазақстан Республикасының «Жасыл экономикаға» көшуі жөніндегі тұжырымдама (орыс тілінде)
2. Dai S. 2018. Көмір сыни элементтердің перспективалы көзі ретінде: прогресс және болашақ перспективалары. / S. Dai, R.V. Finkelman. // «Көмір геологиясы» журналы. 2018. №186. Б. 155-164 (ағылшын тілінде)
3. Dai S. Көмірдегі шымтезек жағдайларын анықтау: шолу. / S. Dai, A. Bechtel, K.F. Ebl, R.M. Flores, D. French, I.T. Graham, M.M. Hood, J.K. Hauer, V.A. Korasidis, T.A. Moore, V. Puttmann, K. Wei, L. Zhao, J.M.K. O'Keefe. // Халықаралық көмір геологиясы журналы. 2020. Б. 219 (ағылшын тілінде)
4. Li J. Имин көмір кен орнында жоғары GE көмір минералогиясы мен геохимиясы бойынша жаңа деректер, Ішкі Моңғолия, Қытай. / J. Li, H. Zhuang, H. Kerol, O. Font, M. Izquierdo, Z. Wang. // «Көмір геологиясы» журналы. 2014. №125. Б. 10-21 (ағылшын тілінде)
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Көсірдегі құнды ілеспе элементтер: Екатеринбург: УрО РАН, 2006. Б. 538 (орыс тілінде)
6. Амангелдықызы А. Орталық Қазақстанның негізгі көмір бассейндерінің көмірінде сирек жер металдарының таралуын зерттеу: PhD дис. ... 6D070600. Қарағанды: 2021. 202 б. (орыс тілінде)
7. Дрижд Н.А., Ахматнуров Д.Р., Захаров А. М. Қарағанды бассейнінің шахталарында метан қауіпсіздігі әдістерін бағалау: Монография. Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті: Қарағанды, ҚарМТУ баспасы, 2016. Б. 10-12 (орыс тілінде)
8. Арбузов С.И. Минусинск бассейнінің XXX қабатында сирек кездесетін Zr-Nb-Hf-Ta-Ga-P3Э минералогиясы, геохимиясы және генезисі. / С.И. Арбузов, А.В. Вергунов, В.В. Еремеева. // Томск политехникалық университетінің жаңалықтары. Георесурстарды жобалау. 2020. №7. Б. 49-62 (орыс тілінде)
9. Winchester J.A. Қозғалмайтын элементтерді қолдана отырып, әртүрлі магма сериялары мен оларды саралау өнімдерінің геохимиялық кемсітушілігі. / J.A. Winchester, P.A. Floyd. // Химиялық геология. 1977. Т. 20. Б. 325-343 (ағылшын тілінде)
10. Spears D.A. Кейбір Британдық және басқа еуропалық тонштейндерді геохимиялық және минералогиялық зерттеу. / D.A. Spears, R. Kanaris-Sotiriou. // Седиментология. 1979. Т. 26. Б. 407-425 (ағылшын тілінде)
11. Dai S. Көмір және көмір құрау тізбегіндегі өзгерген жанартау күлі: олардың табиғаты мен маңызына шолу. / S. Dai, C.R. Ward, I.T. Graham, D. French, J.C. Hower, L. Zhao, X. Wang. // Геологиялық шолулар. 2017. – Т. 175. Б. 44-74 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Konceptija po perehodu Respubliki Kazahstan k «Zelenoj jekonomike». Utverzhdena Ukazom Prezidenta Respubliki Kazahstan №577 ot 30 maja 2013 goda [Concept for the transition of the Republic of Kazakhstan to a «Green Economy», approved by Decree of the President of the Republic of Kazakhstan No.577 dated May 30, 2013] (in Russian)

2. Dai S. Coal as a promising source of critical elements: progress and prospects for the future. / S. Dai, R.B. Finkelman. // *Int. J. Coal Geol.* 2018. №186. P. 155-164 (in English)
3. Dai S. Identification of peat conditions in coal: an overview. / S. Dai, A. Bechtel, K.F. Ebl, R.M. Flores, D. French, I.T. Graham, M.M. Hood, J.K. Hauer, V.A. Korasidis, T.A. Moore, V. Puttmann, K. Wei, L. Zhao, J.M.K. O'Keefe. // *International Journal of Coal Geology.* 2020. P. 2019 (in English)
4. Li J. New data on mineralogy and geochemistry of high-Ge coals at the Imin coal deposit, Inner Mongolia, China. / J. Li, H. Zhuang, H. Kerol, O. Font, M. Izquierdo, Z. Wang. // *Int. J. Coal Geol.* 2014. №125. P.10-21 (in English)
5. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Tsennnye elementy-primesi v uglyakh: Ekaterinburg: UrO RAN, 2006. S. 538 [Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Valuable impurity elements in coals: Ekaterinburg: Uro RAS, 2006. P.538] (in Russian)
6. Amangeldykyzy A. Issledovanie rasprostranennosti redkozemel'nykh metallov v uglyakh glavnykh ugol'nykh basseinov Tsentral'nogo Kazakhstana: dis. ... PhD 6D070600. Karaganda: 2021. 202 s. [Amangeldykyzy A. Study of the prevalence of rare earth metals in coals of the main coal basins of Central Kazakhstan: dis. ... Ph.D. 6D070600. Karaganda: 2021. 202 p.] (in Russian)
7. Drizhd N.A., Akhmaturov D.R., Zaharov A.M. Ocenka metodov metanobezopasnosti na shahtah Karagandinskogo bassejna: Monografija. Karagandinskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet: Karaganda, izd-vo KarGTU, 2016. S. 10-12 [Drizhd N.A., Akhmaturov D.R., Zaharov A.M. Assessment of methane safety methods in the mines of the Karaganda basin: Monograph. Karaganda State Technical University: Karaganda: Publishing house of KarSTU, 2016. P. 10-12] (in Russian)
8. Arbuzov S.I. Mineralogija, geohimija i genezis redkometall'nogo Zr-Nb-Hf-Ta-Ga-RZJe orudnenenija v plaste HHH Minusinskogo bassejna. / S.I. Arbuzov, A.V. Vergunov, V.V. Ereemeva. // *Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov.* 2020. №7. S. 49-62 [Arbuzov S.I. Mineralogy, geochemistry and genesis of rare metal Zr-Nb-Hf-Ta-Ga-RE mineralization in the XXX formation of the Minusinsk basin. / S.I. Arbuzov, A.V. Vergunov, V.V. Ereemeva. // *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering.* 2020. No.7. P. 49-62] (in Russian)
9. Winchester J.A. Geochemical discrimination of various series of magmas and products of their differentiation using fixed elements. / J.A. Winchester, P.A. Floyd. // *Chemical Geology.* 1977. Vol. 20. P. 325-343 (in English)
10. Spears D.A. Geochemical and mineralogical study of some British and other European tonsteins. / D.A. Spears, R. Kanaris-Sotiriou. // *Sedimentology.* 1979. Vol. 26. P. 407-425 (in English)
11. Dai S. Altered volcanic ashes in coal and coalbearing sequences: a review of their nature and significance / S. Dai, C.R. Ward, I.T. Graham, D. French, J.C. Hower, L. Zhao, X. Wang. // *Earth Science Reviews.* 2017. – Vol. 175. P. 44-74 (in English)

Информация об авторах:

Копобаева А.Н., доктор PhD, и.о. доцента кафедры «Геология и разведка МПИ» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), aiman_25.87@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0601-9365>

Амангелдіқызы А., доктор PhD, и.о. доцента кафедры «Геология и разведка МПИ» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), amangeldykyzy@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6665-8804>

Казтаев Е.М., полевой геолог ТОО «Kazakhmys Barlau» (г. Караганда, Казахстан), eerkow09@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9725-2700>

Асқарова Н.С., доктор PhD, преподаватель кафедры «Геология и разведка МПИ» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), srajadin-nazym@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2103-6198>

Авторлар туралы мәліметтер:

Копобаева А.Н., доктор PhD, «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының доцент м.а., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Амангелдіқызы А., доктор PhD, «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» кафедрасының доцент м.а., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Казтаев Е.М., ЖШС «Kazakhmys Barlau» дала геологы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Асқарова Н.С., доктор PhD, «Геология және пайдалы қазба кен орындарын барлау» кафедрасының оқытушысы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Kopobaeva A.N., PhD, Acting assistant professor of the Geology and MD Exploration Department of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Amangeldykyzy A., PhD, Acting assistant professor of the Geology and MD Exploration Department of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Kaztaev E.M., field geologist of Kazakhmys Barlau (Karaganda, Kazakhstan)

Askarova N.S., PhD, Lecturer of the Geology and MD Exploration Department of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)



AMM CONGRESS

6 • 7 июня 2024

Астана, Казахстан

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
КОНГРЕСС**

 amm.kz

ФОРУМ • ВЫСТАВКА • ОТРАСЛЕВОЙ КОНКУРС «ЗОЛОТОЙ ГЕФЕСТ»

Код МРНТИ 38.61.31

*D.S. Sapargaliyev^{1,2,3}, V.M. Mirlas⁴, Y.Z. Murtazin², V.A. Smolyar²¹Satbayev University (Almaty, Kazakhstan),²Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmedsafin, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan),³Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov (Bishkek, Kyrgyzstan),⁴Department of Chemical Engineering and Materials & Biotechnology, Ariel University (Ariel, Israel)

HYDROGEOLOGICAL STUDY AND ASSESSMENT OF THE GROUNDWATER RESOURCES IN THE CRETACEOUS DEPOSITS OF THE ZHEM BASIN

Abstract. This article analyses the hydrogeological study and prospects of the Albian-Cenomanian aquifer complex confined to the second-order Zhem artesian basin. Data on calculating operational groundwater reserves for 77 groundwater well fields and sites associated with the Albian-Cenomanian aquifer complex were analysed. The description of the estimated resources included evaluations of the main hydrogeological parameters, long-term information on precipitation, flow rates, and water levels for seven main rivers of the Zhem basin area, summarised and analysed data on 8 meteorological and 12 hydrological stations, monitoring observations on groundwater levels at 13 hydrogeological sites, including 54 wells, were analysed. Conclusions have been drawn regarding the perspectives of Albian-Cenomanian aquifer complex use and further prospection.

Key words: Albian-Cenomanian aquifer complex, groundwater resources, Zhem basin, Aktobe region, precipitation, river water flow, groundwater monitoring.

Жем алабының бор шөгінділеріндегі жерасты сулары қорларының қалыптасу жағдайларын гидрогеологиялық зерттеу және бағалау

Аннотация. Мақалада Жем артезиан алабының бор шөгінділерінің альб-сеномандық сулы кешенінің гидрогеологиялық зерттелуіне және болашағына талдау жасалған. Аймақаралық басқармасындағы аумақтық бөлімшелері сынаған альб-сеноман сулы кешенінің ашатын 77 кен орны мен учаскесі бойынша жерасты суларының пайдалану қорларын бағалаған мәліметтерге талдау жасалған. Жұмыс аймағында орналасқан 8 метеостанция мен 12 гидрологиялық посттың мәліметтері негізінде жауын-шашын, және де аумақтың 7 негізгі өзені бойынша ағынның жылдамдығы және су деңгейі туралы ағымдағы ақпарат жинақталып, талданған. Жерасты суларының мемлекеттік мониторингі желісінің 54 ұңғымаданы қамтитын 13 гидрогеологиялық пост бойынша жерасты суларының деңгейін бақылаудың деректері талданған. Жем артезиан алабының альб-сеноман шөгінділеріндегі жерасты суларын қолдану перспективалары туралы қорытындылар жасалған.

Түйінді сөздер: альб-сеноман шөгінділері, жерасты суларының қорлары және ресурстары, Жем алабы, Ақтөбе облысы, жауын-шашын, өзен суының ағыны, бақылау.

Гидрогеологическая изученность и оценка условий формирования ресурсов подземных вод меловых отложений Жемского бассейна

Аннотация. В статье приведен анализ перспектив использования водоносного альб-сеноманского комплекса меловых отложений Жемского артезианского бассейна. Проанализированы материалы подсчета эксплуатационных запасов подземных вод по 77 месторождениям и участкам, вскрывающих водоносный альб-сеноманский водоносный комплекс. Определены значения основных гидрогеологических параметров, характерных для описываемых отложений. Обобщены и проанализированы актуальные сведения об осадках, расходах и уровнях воды по 7-ми основным рекам региона по данным 8-ми метеорологических станций и 12-ти гидрологических постов, расположенных в районе работ. Проанализированы данные мониторинговых наблюдений за уровнем подземных вод по 13 гидрогеологическим постам, в том числе по 54 скважинам. Сделаны выводы о перспективах освоения подземных вод альб-сеноманских отложений Жемского артезианского бассейна.

Ключевые слова: альб-сеноманские отложения, запасы и ресурсы подземных вод, Жемский бассейн, Актюбинская область, атмосферные осадки, расходы речной воды, мониторинг.

Introduction

The Zhem (formerly Emba) artesian basin and its block-formation waters are classified as second-order basins and belong to the Caspian system of first-order artesian basins [1, 2]. The basin is located in the eastern part of the Caspian Depression and characterised by a ridged-hilly plain with elevations ranging from 50–75 to 300–420 m. Ravines and river valleys dissect the area. The Zhem basin shares borders with several other second-order basins: the South Pre-Ural to the northeast, the Dongystau-Predmugalzarsky to the east and south, the North Caspian to the southwest, and the Syrtovsky to the northwest. Its northern boundary is defined by the state border between the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation (see Fig. 1). The Zhem basin is located in the Aktobe region of Western Kazakhstan, which lacks significant operational groundwater reserves included in the State balance evaluations [3]. The exploitable groundwater reserves of other administrative regions in Western Kazakhstan, such as Mangistau, West Kazakhstan, and Atyrau, are considerably less than those of the Aktobe region, respectively 4.8, 5.2, and 7.4 times smaller. By 2030, the demand for drinking water in the Aktobe region may double and reach 321,060 m³/day [4]. This increase is attributed to the region's growing population as well as the development of industrial and agricultural areas [5].

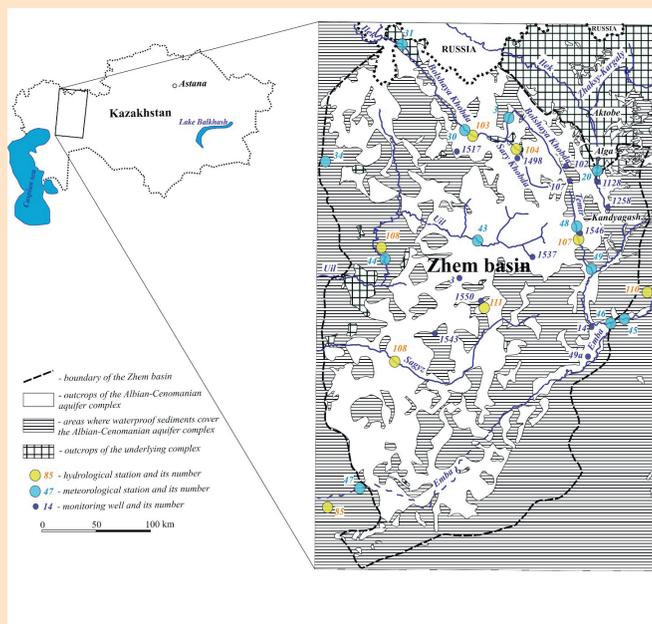


Figure 1. Zhem artesian basin.
Сурет 1. Жем артезиан алабы.
Рис. 1. Жемский артезианский бассейн.

As of November 2022, only 196 out of 315 rural settlements in the Aktobe region have access to centralised water supply services, according to the official data [3].

The most promising water supply source for the settlements and industrial facilities within the Zhem basin is the Cretaceous Albian-Cenomanian aquifer complex, which has a predominant mineralisation of up to 3 g/L.

Materials and Methods

Data from exploration work carried out during the search, assessment, and revaluation of operational groundwater reserves for 381 well fields and groundwater sites in the Aktobe region were used to characterise aquifer hydrogeological parameters. This included 77 well fields and sites confined to the Albian-Cenomanian aquifer complex. The State Commission has tested these data for the Mineral Reserves of the Republic of Kazakhstan or its territorial subdivision under the Interregional Department named «Zapkaznedra» (since 2018 – the State Commission for Subsoil Expertise or its subcommission under the Interregional Department «Zapkaznedra»). The sources used to compile the Cadastre of Groundwater Resources of the Republic of Kazakhstan as of 01/01/2021 include the Directory of Groundwater Well Fields of Kazakhstan, the Atlas of Hydrogeological Maps of the Republic of Kazakhstan, and several other sources [6-10].

To define changes in groundwater levels, groundwater monitoring results from 2007 to 2022 were collected and analysed at 13 observation stations that are part of the State groundwater monitoring system of the Republic of Kazakhstan. These stations characterise the Albian-Cenomanian aquifer complex and include 54 hydrogeological monitoring wells. From all stations, 13 representative wells were characterised by the maximum amplitude of groundwater level fluctuations. Water levels in wells were measured three to ten times per month using a standard hydrogeological tape measure, depending on the groundwater depth and the type of aquifer being characterised. The minimum number of measurements (three times per month) is carried out on confined groundwater resources, and the maximum is up to ten times per month on non-confined waters that have a hydraulic connection with surface watercourses.

Annual precipitation and streamflow data collected at meteorological and hydrological stations in the study area from 2007 to 2022 were collected and analysed. Direct observations were carried out by the National Hydrometeorological Service of the RSE «Kazhydromet»¹.

Water flow was measured daily at hydrological stations equipped with hydrometric meters or acoustic Doppler profilers (flow meters). Water level measurements at gauging stations are made daily using a water gauge.

Precipitation data are provided daily for each weather station for the period (hour): 00:00-03:00; 03:00-06:00; 06:00-09:00; 09:00-12:00; 12:00-15:00; 15:00-18:00; 18:00-21:00; 21:00-00:00.

Results

The Albian-Cenomanian aquifer complex is almost ubiquitous, except in some areas where underlying, more ancient

sediments outcrop to the surface (Fig. 1). The water-bearing materials are quartz-glaucinite sands of various grain sizes, which are clayey to varying degrees. The absence of continuous clayey horizons between the sandy Albian-Cenomanian strata forms a single aquifer complex. Within the Zhem basin, water-bearing sediments reach the surface or are covered by a thin layer of permeable Quaternary sediments. These areas are an area of intensive groundwater recharge, where the primary groundwater sources are formed by infiltration of atmospheric precipitation and surface watercourses. The groundwater flow moves southwesterly towards the Caspian Sea and, in certain areas, acquires a pressured character. Infiltration recharge by atmospheric precipitation and river runoff is essential in forming groundwater reserves. Eight meteorological stations (Fig. 1) are located in the Zhem basin. The observations of long-term annual precipitation for this stations are presented in Table 1.

The minimum mean annual precipitation is observed at the Kulsary weather station (149.18 mm). The maximum at the Novoalekseevka station (252.03 mm), the former in the southern and the latter in the northern part of the Zhem basin (Fig. 1). The mean annual precipitation in the area is equal to 217.32 mm, with minimum and maximum values of 114.68 and 402.68 mm, respectively.

Mean annual river water flow values for the study period (2007-2022) on 12 hydrological stations are given in (Table 2).

Table 2 shows that practically all major surface watercourses in the Zhem basin are covered by observations. The Bolshaya Khobda and Emba rivers have a natural regime, while the rest have been disturbed by hydraulic structures (dams). The table summarises data on the catchment area, mean annual flow and measured water levels. The mean annual discharge of the rivers varies from 0.5 m³/s to 6.4 m³/s and depends on the catchment area and the amount of precipitation. The mean annual groundwater levels of the Albian-Cenomanian aquifer complex are given in Table 3.

The mean annual groundwater levels of the Albian-Cenomanian aquifer complex are defined at depths of 2.33-14.23 m and 32.35-43.43 m. Their absolute heights range from 145.97-120.47 m and 147.65-113.17 m, respectively. The amplitude of fluctuation of the mean annual groundwater level varies from 0.55 m (well No. 1498) to 3.07 m (well No. 1258) and averages 1.64 m in the basin. The mean annual groundwater level in all monitoring wells fluctuates due to recharge changes from rainfall infiltration and surface runoff.

Data on 381 groundwater well fields and sites on reserves in the state balance of the Aktobe region were used. From this number, the groundwater reserves of 125 well fields and sites in the amount of 735,77 thous. m³/day confined to the Albian-Cenomanian aquifer complex, including mineralisation up to 1 g/L – 566,22 thous. m³/day for 110 well fields and sites; with mineralisation 1-3 g/L – 104,32 thous. m³/day for nine well fields and sites. For six well fields and sites the reserves of 65.23 thous.m³/day related to hydraulically connected water-bearing sediments of Quaternary and Albian-Cenomanian age were defined [3]. For detailed analysis, 77 well fields and sites were selected; their term of approval of the reserves has

¹Meteorological and hydrological databases of the RSE «Kazhydromet». URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru> (date of the application: 26.09.2023).

Table 1

Meteorological station precipitation information

Кесте 1

Метеостанциялар бойынша жауын-шашын туралы ақпарат

Таблица 1

Сведения об осадках по метеостанциям

No.	Station Number	Station Name	Elevation mark, abs.m	Total precipitation, mm		Mean annual precipitation, mm
				min (year)	max (year)	
1	103	Novoalekseevka (Khobda)	142	130.7 (2012)	493.1 (2016)	252.03
2	104	Ilyinsky	190	117.5 (2012)	335.5 (2007)	205.69
3	107	Temir	234	143 (2012)	469.1 (2016)	243.59
4	108	Uil	102	158.8 (2010)	403.7 (2016)	248.84
5	110	Emba	251.8	118.6 (2018)	355.5 (2016)	214.43
6	111	Karauylkeldi	227.2	129.2 (2018)	476.4 (2016)	243.27
7	81	Sagyz	55.2	70 (2012)	357.6 (2016)	181.49
8	85	Kulsary	-9.1	49.6 (2021)	331.2 (2016)	149.18
Average value				114.68	402.68	217.32

Table 2

Surface water flow rate and water level measured at gauging stations

Кесте 2

Жер үсті суларының ағындары және олардың өлшеу станцияларындағы деңгейлері туралы ақпарат

Таблица 2

Сведения о расходах поверхностных вод и их отметках по гидропостам

No.	Station Number	Station Name	River	River regulation	Watershed area, km ²	Mean annual value	
						Water flow rate, m ³ /s	Water level mark, abs. m
1	30	Novoalekseevka (Khobda)	Bolshaya Khobda	Natural	8110	5.00	135.05
2	31	Kugala (Kogaly)			14200	6.21	95.37
3	32	Alpaisai	Karakhobda	Disturbed by dams	2240	2.33	175.60
4	34	Jigerlen	Kaldygaity		2510	1.49	73.52
5	43	Altykarasu	Uil		6997	1.88	124.965
6	44	Uil			17100	6.36	64.95
7	45	Zhagabulak	Emba	Natural	7730	2,94	196.46
8	46	Saga			16100	5.97	195.69
9	47	Akkiztogan			н.с.	3.75	-
10	48	Pokrovskoye (Sagashili)	Temir	Disturbed by dams	960	1.33	239.43
11	49	Leninsky			5310	3.84	198.28
12	20	Tamdy	Ilek		2371	0.47	245.92

not expired. Therefore, the reserves were evaluated from 2006 to 2022. These well fields and sites were grouped according to the value of the approved reserves. Their general characteristics are presented in Table 4.

Table 4 shows that most groundwater resources are developed with a demand of up to 1000 m³/day using a single well.

This indicates that the primary water users are rural settlements or villages with small water demands. The demand of 1000 to 10000 m³/day is mainly devoted for the water supply of district centres and small towns. Well fields with reserves from 10000 to 50000 m³/day have been prospected for the regional centre – Aktobe city, Kandyagash city, or for large water us-

Table 3

Monitoring well groundwater levels

Кесте 3

Мемлекеттік желінің бақылау ұңғымалары бойынша жерасты суларының деңгейі

Таблица 3

Уровень подземных вод по мониторинговым скважинам Государственной сети

No.	Station Number	Station Name	Well No.	Wellhead abs. elevation, m	Well, screen interval, m		Abs. elevation of average annual groundwater level, m		
					Top	Bottom	Min (year)	Max (year)	Average value
1	48	Oktyabrskiy water intake	1258	293.6	75	82	267.61 (2017)	270.68 (2020)	268.29
2	32	Kenkiyak	14	177	76	124	171.36 (2014)	173.3 (2022)	172.34
3	26	Sarybulak	107	328.7	119	156	289.41 (2010)	290.95 (2020)	290.10
4	28	West Kazakhstan effluent station	3	134.7	13	16	120.2 (2014)	121.15 (2021)	120.47
5	53	Kokzhide well field	49a	148.3	86	92	145.4 (2020)	146.56 (2007)	145.97
6	65	Nugaity	1543	156.6	56	59	112.56 (2020)	113.92 (2017)	113.17
7	66	Ilyinsky	1498	186	44	46	174.01 (2013)	174.56 (2008)	174.25
8	68	Shubarkuduk	1537	191.9	31	34	182.38 (2014)	184.93 (2018)	183.09
9	69	Khabalovka	1517	180	34	36	147.13 (2022)	148.07 (2011)	147.65
10	71	Znamensky	1546	252	8	12	248.24 (2019)	249.7 (2011)	249.40
11	72	Karaulkeldy	1550	208.6	63	68	174.96 (2021)	176.07 (2008)	175.44
12	23	Alginsky water intake	1128	250.95	31	36	242.72 (2011)	244.59 (2017)	243.65
13	37	Kundaktykyr	102	298.9	175	187	285.4 (2014)	288.18 (2012)	287.27

Table 4

General information on groundwater well fields and sites of the Albion-Cenomanian aquifer complex

Кесте 4

Альб-сеноман сулы кешеніндегі жерасты суларының кен орындары мен учаскелері туралы жалпы мәліметтер

Таблица 4

Общие сведения о месторождениях и участках подземных вод по водоносному альб-сеноманскому комплексу

No.	Approved reserves, m ³ /day	Well fields and sites number	Total value of operational reserves, m ³ /day	Type of water intake, units			The average depth of wells, m
				Single well	Linear water intake	Area water intake	
1	0-1 000	60	11,597	52	8	-	85
2	1 000-10 000	8	24,395	-	8	-	140
3	10 000-50 000	8	241,466	-	7	1	175
4	more 100 000	1	173,400	-	1	-	200
	TOTAL:	77	450,858	52	24	1	

ers with the purpose of domestic and drinking water supply of shift settlements or industrial and technical water supply of oil fields. The largest groundwater deposit, Kokzhide, with reserves of 173.4 thousand m³/day, is being operated to supply water to the oil industry. This field is currently not operated.

At the same time, small water needs up to 1000 m³/day can be met by individual wells, while for water withdrawals above 1000 m³/day, a linear water withdrawal scheme is often

used. The average depth of production wells correlates well with water abstraction capacity. For example, for sites with insignificant water demand, the average depth of wells is less than 100 m. For higher demands, well depths vary from 140 to 200 m.

Out of 77 well fields and sites, the Alga well field covers Albion-Cenomanian and alluvial Quaternary deposits of the Ilel River valley that are hydraulically interconnected.

Main hydrogeological parameters of the Albian-Cenomanian aquifer complex within the Zhem basin

Table 5

Жем алабындағы альб-сеноман шөгінділерінің негізгі гидрогеологиялық көрсеткіштері

Кесте 5

Основные гидрогеологические параметры альб-сеноманских отложений в пределах Жемского бассейна

Таблица 5

No.	Parameter	Units	Number of analyzed fields and sites, units	min	max	Average value	Values for the Alga well field, (Kal-s + aQ)
1	Hydraulic conductivity	m/day	74	0.8	14.1	5.6	29.8
2	Effective capacity	m	76	4	200	43.1	51.7
3	Groundwater head	m	41	4	119.1	42.2	-
4	Transmissivity	m ² /day	15	111	1070	490	-
5	Conductivity ratio	m ² /day	46	173	6815	2127.6	4800
6	Piezoconductivity	m ² /day	32	7.7*10 ³	2.6*10 ⁶	2.8*10 ⁵	-
7	Specific yield	Unit.	45	0.01	0.2	0.13	0.22
8	Specific storage	Unit.	36	1*10 ⁻⁵	6*10 ⁻²	8.7*10 ⁻³	-

The explored groundwater resources of the Aktobe region make up only 6% of the total republican forecast resources, including freshwater – 4.9%. At the same time, most groundwater well fields and sites are either not operated or operated not to their full capacity. The total amount of groundwater reserves reached only 4.8% of all reserves on the State Balance [3].

Table 5 shows the characteristic values of the main hydrogeological parameters used to estimate the operational reserves of groundwater well fields confined to the Albian-Cenomanian aquifer complex.

The Albian-Cenomanian aquifer complex's hydraulic conductivity varies from 0.8 to 14.1 m/day and averages 5.6 m/day. The hydraulic conductivity of groundwater well fields with reserves more significant than 2000 m³/day ranges from 6.9 to 9.6 m/day, with an average of 8.2 m/day. This is due to the better hydrogeological study of the latter to classify the reserves in the national balance according to industrial categories – A and B [9]. In the Alga well field area, the hydraulic conductivity value, which was determined to be the $K_{at-s} + aQ$ water-bearing complex, is much higher and reaches 29.8 m/day. The average values of conductivity ratio and specific yield were 2127 m²/day and 0.13, respectively. For the confined groundwater flow, the average values of the piezoconductivity and specific storage defined equal to $2.8 \cdot 10^5$ m²/day and $8.7 \cdot 10^{-3}$, respectively. The values of the main hydrogeological parameters for large well fields with operational reserves estimated at more than 2000 m³/day are sometimes significantly different and are as follows: conductivity ratio reaches 4343 m²/day; specific yield – 0.13; piezoconductivity – $4.5 \cdot 10^5$ m²/day; specific storage – $3.7 \cdot 10^{-3}$; and transmissivity – 617 m²/day. The average transmissivity value calculated for all well fields and sites is 490 m²/day.

As already mentioned, the hydrogeological exploration of the Aktobe region is relatively low and makes up 6% of the total republican forecast reserves, including freshwater – 4.9%;

at the same time, most of the well fields and sites are either not operated or not operated to their total capacity, reaching only 4.8% of the reserves from the State Balance [3].

Conclusion

Based on the materials mentioned above, it is possible to state the following:

- groundwater reserves of the Albian-Cenomanian aquifer complex within the Zhem basin are one of the primary sources of water supply for settlements and industrial facilities both in Aktobe and in the neighbouring water-scarce regions of Western Kazakhstan: Atyrau and Mangistau;

- the available database, obtained from the results of hydrogeological and exploration works for the evaluation of groundwater resources, meteorological and hydrological measurements, as well as from the observation of hydrogeological well monitoring data, serves as a reliable factual basis for further studies of groundwater resources related to the Albian-Cenomanian aquifer complex of the Cretaceous sediments in the Zhem Artesian Basin;

- the explored groundwater resources of the Aktobe region make up only 6% of the Republic's total projected resources, including freshwater – 4.9%. At the same time, most groundwater well fields and sites are either not operated or not operated to their total capacity;

- the research perspectives are related to the development of a regional geofiltration model for the long-term forecasting of changes in the hydrodynamic and water balance characteristics of the Albian-Cenomanian aquifer complex, as well as the assessment of groundwater resources for various options of their exploitation at explored groundwater well fields, allowing to meet the water needs of water-scarce regions of Western Kazakhstan [11, 12].

This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR 21882211)

REFERENCES

1. *Gidrogeologicheskaja karta Kazahstana. Masshtab 1:1 000 000.* / B.S. Uzhkenov, D.A. Kasymbekov, T.K. Ajtuarov, Je.K. Kim, V.A. Smoljar, O.A. Fedorenko. Astana: Ministerstvo jenergetiki i mineral'nyh resursov. Komitet geologii i ohrany neдр, 2004 [Hydrogeological map of Kazakhstan. Scale 1:1,000,000. / B.S. Uzhkenov, D.A. Kasymbekov, T.K. Aituarov, E.K. Kim, V.A. Smolyar, O.A. Fedorenko. Astana: Ministry of Energy and Mineral Resources. Committee of Geology and Subsoil Protection, 2004] (in Russian)
2. *Vodnye resursy Kazahstana (Poverhnostnye i podzemnye vody, sovremennoe sostojanie).* / V.A. Smoljar, B.V. Burov, V.V. Veselov, T.T. Mahmutov, D.A. Kasymbekov. Almaty: NIC «FYLYM», 2002, 138-140 s. [Water resources of Kazakhstan (Surface and underground waters, current state). / V.A. Smolyar, B.V. Burov, V.V. Veselov, T.T. Makhmutov, D.A. Kasymbekov. Almaty: Scientific Research Center «Gylm», 2002, 138-140 p.] (in Russian)
3. *Sapargaliev D.S. Perspektivy osvoenija presnyh podzemnyh vod melovyh otlozhenij Zhemskogo artezijskogo bassejna v Aktjubinskoj oblasti.* / D.S. Sapargaliev, E.Zh. Murtazin, V.A. Smoljar, R.A. Nurpeisov. // *Gornyj zhurnal Kazahstana.* 2022. №11 (211). S. 22-28 [Sapargaliev D.S. Prospects for the development of fresh groundwater from the Cretaceous deposits of the Zhemsky artesian basin in the Aktobe region. / D.S. Sapargaliev, E.Z. Murtazin, V.A. Smolyar, R.A. Nurpeisov. // *Mining Journal of Kazakhstan.* 2022. No.11 (211). P. 22-28] (in Russian)
4. *Smoljar V.A., Burov B.V., Mustafaev S.T. Vodnye resursy Kazahstana: ocenka, prognoz, upravlenie. Tom XIX. Podzemnye vody Kazahstana: obespechennost' i ispol'zovanie.* Almaty: Institut geografii, 2012, S. 36-52 [Smolyar V.A., Burov B.V., Mustafaev S.T. Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. V. XIX. Groundwater in Kazakhstan: availability and use. Almaty: Institute of Geography, 2012, P. 36-52] (in Russian)
5. *Jean Margat, Jac van der Gun. Groundwater around the World. A Geographic Synopsis.* // CRC Press, A Balkema Book. 2013. P. 30-59 (in English)
6. *Sapargaliev D.S., Zavaley V.A. Osobennosti razvedki mestorozhdenij podzemnyh vod v uslovijah nizkijh znachenij fil'tracionnyh svojstv vodonosnogo gorizonta (na primere mestorozhdenija Severnaja Truva v Aktjubinskoj oblasti Respubliki Kazahstan).* // *Trudy XXIII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodyh uchenykh «Problemy geologii i osvoenija neдр».* Tom 1: sb. nauch. st. Tomsk, 2019. – S. 390-392 [Sapargaliev D.S., Zavaley V.A. Features of exploration of groundwater deposits in conditions of low values of filtration properties of the aquifer (using the example of the Northern Truva deposit in the Aktobe region of the Republic of Kazakhstan). // *Proceedings of the XXIII International Symposium named after academician M.A. Usov of students and young scientists «Problems of geology and subsoil development».* V. 1: Sat. scientific Art. Tomsk, 2019. – P. 390-392] (in Russian)
7. *Mestorozhdenija podzemnyh vod Kazahstana. Spravochnik. Tom I. Zapadnyj i Juzhnyj Kazahstan. Vtoroe izdanie.* / B.K. Nurabaev, A.A. Nadyrbaev, M.K. Tulegenov, Zh.B. Tansykbaeva. Almaty, 2019. 40-91 s. [Groundwater deposits in Kazakhstan. Directory. V. I. Western and Southern Kazakhstan. Second edition. / B.K. Nurabaev, A.A. Nadyrbaev, M.K. Tulegenov, Zh.B. Tansykbaeva. Almaty, 2019. 40-91 p.] (in Russian)
8. *Smoljar V.A. Kompleksnoe i racional'noe ispol'zovanie poverhnostnyh i podzemnyh vod – osnova vodnoj bezopasnosti Respubliki Kazahstan.* / V.A. Smoljar, D.S. Sapargaliev, D.V. Kim. // *Geologija i ohrana neдр.* 2020. №1 (74). S. 59-71 [Smolyar V.A. Integrated and rational use of surface and groundwater – the basis of water security of the Republic of Kazakhstan. / V.A. Smolyar, D.S. Sapargaliev, D.V. Kim. // *Geology and subsoil protection.* 2020. No.1 (74). P. 59-71] (in Russian)
9. *Absametov M.K. Podzemnye vody: sistema klassifikacii i upravlenija resursami.* / M.K. Absametov, E.Zh. Murtazin, D.S. Sapargaliev, A.K. Isaev. // *Nedropol'zovanie XXI vek.* 2019. №6 (82). S. 20-25 [Absametov M.K. Groundwater: a system for classification and resource management. / M.K. Absametov, E.Zh. Murtazin, D.S. Sapargaliev, A.K. Isaev. // *Subsoil use XXI century.* 2019. No.6 (82). P. 20-25] (in Russian)
10. *Sagin J. Underground water resources in Kazakhstan.* / J. Sagin, D. Adenova, A. Tolepbayeva & V. Poryadin. // *International Journal of Environmental Studies.* 2017. Vol. 74. P. 386-398 (in English)
11. *Mirlas V. An Integrated Aquifer Management Approach for Aridification-Affected Agricultural Area, Shengeldy-Kazakhstan* / V. Mirlas, A. Makyzhanova, V. Kulagin, E. Kuldeev, Y. Anker // *Water.* 2021. №13 (17). P. 2357 (in English)
12. *Mirlas V. MODFLOW and HYDRUS Modeling of Groundwater Supply Prospect Assessment for Distant Pastures in the Aksu River Middle Reaches.* / V. Mirlas, V. Kulagin, A. Ismagulova, Y. Anker. // *Sustainability.* 2022. №14. P. 16783 (in English)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстанның гидрогеологиялық картасы. Масштаб 1: 1 000 000. / Б.С. Ужкенов, Д.А. Қасымбеков, Т.Қ. Айтуаров, Е.Қ. Ким, В.А. Смоляр, О.А. Федоренко. Астана: Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі. Геология және жер қойнауын қорғау комитеті, 2004 (орыс тілінде)
2. Қазақстанның су ресурстары (жер үсті және жер асты сулары, қазіргі жағдайы). / В.А. Смоляр, Б.В. Буров, В.В. Веселов, Т.Т. Махмұтов, Д.А. Қасымбеков. Алматы: «Ғылым» ҒЗО, 2002, 138-140 б. (орыс тілінде)
3. Сапарғалиев Д.С. Ақтөбе облысындағы Жем артезиан алабының бор шөгінділерінен тұщы жер асты суларын игеру перспективалары. / Д.С. Сапарғалиев, Е.Ж. Мұртазин, В.А. Смоляр, Р.А. Нұрпейісов. // Қазақстан тау-кен журналы. 2022. №11 (211). Б. 22-28 (орыс тілінде)
4. Смоляр В.А., Буров Б.В., Мұстафаев С.Т. Қазақстанның су ресурстары: бағалау, болжау, басқару. XIX том. Қазақстандағы жер асты сулары: болуы және пайдалануы. Алматы: География институты, 2012, Б. 36-52 (орыс тілінде)
5. Jean Margat, Jac van der Gun. Дүние жүзіндегі жерасты сулары. Географиялық конспект. // CRC Press: Балкема кітабы. 2013. Б. 30-59 (ағылшын тілінде)
6. Сапарғалиев Д.С., Завалей В.А. Сулы горизонттың фильтрациялық қасиеттерінің төмен мәндері жағдайында жерасты суларының кен орындарын барлау ерекшеліктері (Қазақстан Республикасының Ақтөбе облысындағы Солтүстік Трува кен орны мысалында). // «Геология және жер қойнауын игеру мәселелері» студенттер мен жас ғалымдарға арналған академик М.А.Усов атындағы XXIII халықаралық симпозиум материалдары. Том 1: ғылыми мақалалар жинағы. Томск, 2019. – Б. 390-392 (орыс тілінде)
7. Қазақстандағы жер асты суларының кен орындары. Каталог. I том. Батыс және Оңтүстік Қазақстан. Екінші басылым. / Б.Қ. Нұрабаев, А.А. Надырбаев, М.Қ. Төлегенов, Ж.Б. Таңсықбаева. Алматы, 2019, 40-91 б. (орыс тілінде)
8. Смоляр В.А. Жер үсті және жер асты суларын кешенді және ұтымды пайдалану – Қазақстан Республикасының су қауіпсіздігінің негізі. / В.А. Смоляр, Д.С. Сапарғалиев, Д.В. Ким. // Геология және жер қойнауын қорғау. 2020. №1 (74). Б. 59-71 (орыс тілінде)
9. Әбсаметов М.Қ. Жер асты сулары: жіктеу және ресурстарды басқару жүйесі. / М.Қ. Әбсаметов, Е.Ж. Муртазин, Д.С. Сапарғалиев, А.Қ. Исаев. // Жер қойнауын пайдалану XXI ғасыр. 2019. №6 (82). Б. 20-25 (орыс тілінде)
10. J. Sagin. Қазақстанның жер асты суларының ресурстары. / J. Sagin, D. Adenova, A. Tolerbayeva, V. Poryadin. // Қоршаған ортаны зерттеу халықаралық журналы. 2017. Т. 74. Б. 386-398 (ағылшын тілінде)
11. Mirilas V. Кентіруден зардап шеккен ауылшаруашылық аймақтарының сулы горизонттарын басқарудың кешенді тәсілі, Шеңгелді, Қазақстан. / V. Mirilas, A. Maqyzhanova, V. Kulagin, E. Kuldeev, Y. Anker. // Су. 2021. №13 (17). Б. 2357 (ағылшын тілінде)
12. Mirilas V. Ақсу өзенінің орта ағысындағы шалғайдағы жайылымдарды жер асты суымен қамтамасыз ету перспективаларын бағалау үшін MODFLOW және HYDRUS модельдеу. / V. Mirilas, V. Kulagin, A. Istagulova, Y. Anker. // Тұрақтылық. 2022. №14. Б. 16783 (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гидрогеологическая карта Казахстана. Масштаб 1:1 000 000. / Б.С. Ужкенов, Д.А. Касымбеков, Т.К. Айтуаров, Э.К. Ким, В.А. Смоляр, О.А. Федоренко. Астана: Министерство энергетики и минеральных ресурсов. Комитет геологии и охраны недр, 2004 (на русском языке)
2. Водные ресурсы Казахстана (Поверхностные и подземные воды, современное состояние). / В.А. Смоляр, Б.В. Буров, В.В. Веселов, Т.Т. Махмұтов, Д.А. Касымбеков. Алматы: НИЦ «ҒЫЛЫМ», 2002, 138-140 с. (на русском языке)
3. Сапарғалиев Д.С. Перспективы освоения пресных подземных вод меловых отложений Жемского артезианского бассейна в Актюбинской области / Д.С. Сапарғалиев, Е.Ж. Муртазин, В.А. Смоляр, Р.А. Нурпейісов. // Горный журнал Казахстана. 2022. №11 (211). С. 22-28 (на русском языке)
4. Смоляр В.А., Буров Б.В., Мұстафаев С.Т. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Том XIX. Подземные воды Казахстана: обеспеченность и использование. Алматы: Институт географии, 2012, С. 36-52 (на русском языке)
5. Jean Margat, Jac van der Gun. Подземные воды в мире. Географический синопсис. // CRC Press: Книга Балкема. 2013. С. 30-59 (на английском языке)

6. Сапарғалиев Д.С., Завалей В.А. Особенности разведки месторождений подземных вод в условиях низких значений фильтрационных свойств водоносного горизонта (на примере месторождения Северная Трува в Актюбинской области Республики Казахстан). // Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр». Том 1: сб. науч. ст. Томск, 2019. – С. 390-392 (на русском языке)
7. Месторождения подземных вод Казахстана. Справочник. Том 1. Западный и Южный Казахстан. Второе издание. / Б.К. Нурабаев, А.А. Надырбаев, М.К. Тулегенов, Ж.Б. Тансыкбаева. Алматы, 2019, 40-91 с. (на русском языке)
8. Смоляр В.А. Комплексное и рациональное использование поверхностных и подземных вод – основа водной безопасности Республики Казахстан. / В.А. Смоляр, Д.С. Сапарғалиев, Д.В. Ким. // Геология и охрана недр. 2020. №1 (74). С. 59-71 (на русском языке)
9. Абсаметов М.К. Подземные воды: система классификации и управления ресурсами. / М.К. Абсаметов, Е.Ж. Муртазин, Д.С. Сапарғалиев, А.К. Исаев. // Недропользование XXI век. 2019. №6 (82). С. 20-25 (на русском языке)
10. Sagin J. Ресурсы подземных вод Казахстана / J. Sagin, D. Adenova, A. Tolepbayeva, V. Poryadin. // Международный журнал экологических исследований. 2017. Т. 74. С. 386-398 (на английском языке)
11. Mirlas V. Комплексный подход к управлению водоносными горизонтами для сельскохозяйственных территорий, пострадавших от засухивания, Шенгельды, Казахстан. / V. Mirlas, A. Makyzhanova, V. Kulagin, E. Kuldeev, Y. Anker. // Вода. 2021. №13 (17). С. 2357 (на английском языке)
12. Mirlas V. Моделирование MODFLOW и HYDRUS для оценки перспектив снабжения подземными водами отгонных пастбищ в Среднем течении реки Аксу. / V. Mirlas, V. Kulagin, A. Ismagulova, Y. Anker. // Устойчивое развитие. 2022. №14. С. 16783 (на английском языке)

Information about the authors:

Sapargaliyev D.S., Doctoral Student at the Department «Hydrogeology, Engineering and Oil and Gas Geology» of the Satbayev University, Executive Secretary of the Innovation Council for the implementation of innovative projects and programs of the Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmedsafin Satbayev of the University (Almaty, Kazakhstan), Graduate student of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov (Bishkek, Kyrgyzstan), *sapargaliyevds@mail.ru*; <https://orcid.org/0000-0002-3751-7738>

Mirlas V.M., Ph.D., Candidate of Geological and Mineral Sciences, Senior Researcher, Department of Chemical Engineering, Ariel University (Ariel, Israel), *vladimirster@gmail.com*; <https://orcid.org/0000-0002-3117-0331>

Murtazin Y.Z., Candidate of Geological and Mineral Sciences, Deputy Director of the Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmedsafin, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), *ye_murtazin@list.ru*; <https://orcid.org/0000-0002-7404-4298>

Smolyar V.A., Dr. Geol.-Mineral. Sciences, Chief Scientific Officer of the Laboratory of Regional Hydrogeology and Geoecology of the Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), *v_smolyar@mail.ru*; <https://orcid.org/0000-0001-9419-048X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сапарғалиев Д.С., Satbayev University «Гидрогеология, инженерлік геология және мұнай-газ геологиясы» кафедрасының докторанты, Satbayev University, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институтының инновациялық жобалар мен бағдарламаларды іске асыру жөніндегі инновациялық кеңестің жауапты хатшысы (Алматы қ., Қазақстан), И. Раззаков атындағы Қырғыз мемлекеттік техникалық университетінің аспиранты (Бішкек қ., Қырғызстан)

Мирлас В.М., техника ғылымдарының докторы, геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, Ариэль университетінің химиялық инженерия бөлімінің аға ғылыми қызметкері (Ариэль қ., Израиль)

Муртазин Е.Ж., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, У.М.Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты директорының орынбасары (Алматы қ., Қазақстан)

Смоляр В.А., геология-минералогия ғылымдарының докторы, Satbayev University, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институтының аймақтық гидрогеология және геоэкология зертханасының бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Сапарғалиев Д.С., докторант кафедры «Гидрогеология, инженерная геология и нефтегазовая геология» Satbayev University, ответственный секретарь Совета по инновациям по реализации инновационных проектов и программ Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), аспирант Кыргызского государственного технического университета имени И. Раззакова (г. Бишкек, Кыргызстан)

Мирлас В.М., доктор техн. наук, канд. геол.-минерал. наук, старший научный сотрудник Отдела химической инженерии Ариельского Университета Ariel University (г. Ариэль, Израиль)

Муртазин Е.Ж., канд. геол.-минерал. наук, заместитель директора Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Смоляр В.А., д-р геол.-минерал. наук, главный научный сотрудник лаборатории региональной гидрогеологии и геоэкологии Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Международная выставка

UZ
MINING
EXPO #14

3-5
АПРЕЛЯ
2024

Узбекистан, г.Ташкент
АО НВК «Узэкспоцентр»



ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОДНА ВЫСТАВКА – ГОРЫ ВОЗМОЖНОСТЕЙ!

МРНТИ 52.35.29:38.57.23

Р.А. Мусин, Ф.Е. Муртазина, *Ж.М. Асанова, Э.Р. Халикова

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПО МЕТОДИКЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ

Аннотация. Настоящая статья посвящена разработке методики дифференциации и ранжирования угольных блоков по степени структурного ослабления и повышенной трещиноватости в природных и технологических условиях разрезов АО «Шубарколь Комир». Предлагается исследование электроразведкой методом сопротивлений по методике электротомографии, которые дают возможность определять пространственные параметры зон структурного ослабления и повышенной трещиноватости угля. В данной статье представлены результаты электротомографии, проведенные установками Шлюмберге и дипольной осевой на экспериментальном блоке №1, 2В чистый «Запад», разрезы УЭС по профилю 06, 05, 04 по пласту 2В с прослоями на участке центрального карьера, разрезы УЭС по профилю 07, 08, 09 участка №3 1В2 с «Центр», разрезы УЭС по профилю 03 по пласту 2В Берма на участке центрального карьера.

Ключевые слова: трещиноватость, структурное ослабление, электротомография, Шлюмберге, дипольная осевая установка, удельное электрическое сопротивление.

Электротомография әдістемесі бойынша қарсылық әдісімен электрбарлауды зерттеу нәтижелері

Андатпа. Осы мақала «Шубарколь Көмір» АҚ кималарының табиғи және технологиялық жағдайларында құрылымдық әлсіреу және жарықтың жоғарылау дәрежесі бойынша көмір блоктарын саралау және саралау әдістемесін әзірлеуге арналған. Зерттеу электротомография әдістемесі бойынша кедергілер әдісімен электро барлау арқылы ұсынылады, бұл құрылымдық әлсіреу аймақтарының кеністіктік параметрлерін және көмірдің жарылуының жоғарылауын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл мақалада №1, 2в таза «Батыс» эксперименттік блогында Шлюмберге және дипольдік осьтік қондырғылармен жүргізілген электротомография нәтижелері, орталық Карьер учаскесінде қабаттары бар 2В қабаты бойынша МЭК кималары, «Орталық» с №3 1В2 учаскесінің 07, 08, 09 бейіні бойынша МЭК кималары ұсынылған, орталық Карьер учаскесіндегі 2В берма қабаты бойынша 03-профиль бойынша УЭС кесінділері.

Түйінді сөздер: жарықтар, құрылымдық әлсіреу, электротомография, Шлюмберге, диполь осьтік қондырғы, меншікті электр кедергісі.

The results of the study of electroplating by the method of resistance according to the methodology of electrotomography

Abstract. This article is devoted to the development of a methodology for differentiating and ranking coal blocks according to the degree of structural weakening and increased fracturing in the natural and technological conditions of the sections of JSC «Shubarkol Komir». The study is proposed by electrical exploration, by the method of resistances according to the method of electrotomography, which make it possible to determine the spatial parameters of zones of structural weakening and increased fracturing of coal. This article presents the results of electrotomography carried out by Schlumberger and dipole axial installations on the experimental block №1, 2V pure «West», sections of the UES along the profile 06, 05, 04 along the 2V formation with interlayers on the site of the central quarry, sections of the UES along the profile 07, 08, 09 of the site №3 1V2 with «Center», sections of the UES according to profile 03 along the 2V Berm formation at the site of the central quarry.

Key words: fracturing, structural weakening, electrotomography, Schlumberger, dipole axial installation, electrical resistivity.

Введение

Шубаркольское месторождение угля расположено в Карагандинской области Республики Казахстан. Ближайшими к месторождению населенными пунктами являются: г. Жезказган – 150 км, пос. Жайрем – 150 км, пос. Баршино – 120 км, г. Караганда – 350 км. Основной отраслью экономики района месторождения является животноводство.

В настоящее время экономическое значение района возрастает за счет эксплуатации Шубаркольского угольного месторождения и отработки карьеров на железомарганцевых месторождениях Тур и Богач. Ближайшая железнодорожная станция Кызылжар находится в 100 км от месторождения, построена новая железная дорога на г. Аркалык.

Площадь месторождения представляет собой Казахский мелкосопочник с абсолютными отметками 450-556 м, относительные превышения достигают 10-15 м. Мелкосопочник представляет собой остаточный рельеф, который находится в тесной связи с литологическим составом пород и характером тектонических структур палеозойского фундамента. Слабо развита гидрографическая сеть. Западнее месторождения находится пересыхающая речка Кызылжар, восточнее – безымянные водотоки, русла которых заполняются водой ливней в период снеготаяния и обильных дождей.

Почвы района маломощные суглинисто-песчанистые и суглинисто-щебнистые, малоплодородные и в пониженных участках рельефа засоляются. Климат района резко

континентальный с сухим жарким летом и холодной малоснежной зимой. В летний период средняя температура воздуха +23 °С, в зимний –22 °С, абсолютный максимум +41 °С летом и –37,8 °С зимой. Промерзание грунтов доходит до 2,5-3,0 м. Среднегодовое количество осадков составляет 170-203 мм при возможном максимуме 272-324 мм.

Месячный максимум осадков приходится на май, минимум – на сентябрь. Для района характерны сильные ветры, дующие в течение всего года. Максимальная скорость ветра достигает 26-37 м/сек. Преобладающее направление ветров: зимой – северо-восточное, летом – юго-западное.

Геологические условия месторождения

В геологическом строении месторождения принимают участие терригенно-карбонатные отложения верхнего девона и нижнего карбона, терригенные породы средне-верхнекаменноугольного возраста, угленосные терригенные отложения нижнеюрского возраста (мезозойские отложения), а также рыхлые продукты выветривания мезозоя и рыхлые отложения кайнозоя.

Мезозойские отложения несогласно налегают на палеозойские образования и развиты в центральной части Шубаркольской грабен-синклинали, образуя небольшую мульду того же названия. Отложения представлены мелко- и грубозернистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами, суглинистыми породами и углями. Из всех пород преобладают аргиллиты, алевролиты и угли. Мощность отложений 250-280 м. Слоистость пород горизонтальная.

Доминирующей окраской является серая и темно-серая. Маркирующее значение имеют три угольных горизонта (Верхний, Средний и Нижний) в комплексе с литологическими особенностями вмещающих пород. Над Верхним угольным горизонтом расположены в основном аргиллиты, Средний и Нижний угольные горизонты залегают в алевролитах; слои песчаников встречаются чаще в нижней части разреза.

Породы кайнозойского возраста, состоящие из неогеновых и четвертичных отложений, встречаются на всей площади месторождения. Неогеновые отложения аральской свиты мощностью от 0 до 30 м представлены монтмориллонитовыми пластичными глинами с включением гипса и каолина. Четвертичные отложения представлены делювиальными (щебень, галька, суглинки) и аллювиальными (пески, галечники, супеси, глины) образованиями мощностью 5-8 м. Шубаркольское месторождение имеет форму вытянутой чаши – мульды длиной до 13 и шириной до 5,5 км.

Угленосность представлена тремя угольными горизонтами (Верхний, Средний и Нижний), приуроченными к юрским отложениям, из которых Верхний горизонт принят для открытой разработки. Его общая мощность составляет 25-30 м. Глубина залегания от 10-30 до 150 м (в центре мульды).

Угольный горизонт включает в себя породные прослои мощностью от 0,05 до нескольких метров. Породные прослои в основном представлены аргиллитами, алевролитами, реже песчаниками и углистыми аргиллитами. В 10-12 м от почвы Верхнего угольного горизонта залегает пласт В0.

Материалы и методы

С целью разработки методики дифференциации и ранжирования угольных блоков по степени структурного ослабления и повышенной трещиноватости в природных и технологических условиях разрезов АО «Шубарколь Комир» были исследованы возможности геофизических методов:

- электроразведка методом сопротивлений по методике электротомографии [1];
- электроразведка методом сопротивлений установкой срединного градиента (СГ);
- сейсморазведка МПВ;
- сейсмопрофилирование (ССП);
- георадарное зондирование;
- радонометрия (эманационная съемка) [2].

Факторы, влияющие на крупность добываемого угля, и разработка системы по управлению ее крупностью малой мощностью, преимущественно однопачечный, распространены почти на всей площади мульды.

Результаты электротомографии на экспериментальном блоке №1, 2В чистый «Запад» (рисунок 1).

Всего на данном участке выполнены измерения по 2 параллельным профильным линиям (рисунок 2). На профильной линии 01 значение УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 300-1000 Ом*м. На профиле 02 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 200-880 Ом*м.

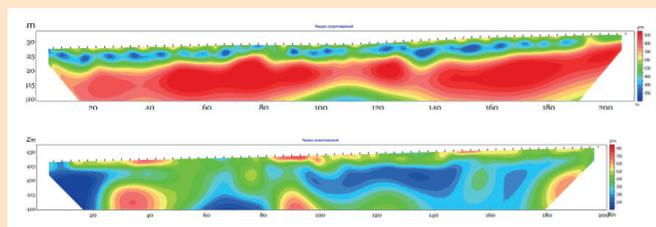


Рис. 1. Разрезы УЭС по профилю 01 (вверху) и профилю 02 (внизу) участка №1 2В чистый «Запад» по результатам электротомографии установками Шлюмберже и дипольной осевой.

Сурет 1. Schlumberger және дипольдық осьтік қондырғыларды қолдану арқылы электрлік томография нәтижелері бойынша 2В таза «Батыс» қимасының 01 профілі (жоғары) және 02 профілі (төменгі) профілі бойынша меншікті №1 кедергі қималары.

Figure 1. Resistivity sections along profile 01 (above) and profile 02 (bottom) of section №1 2V pure «West» according to the results of electrical tomography using Schlumberger and dipole axial installations.

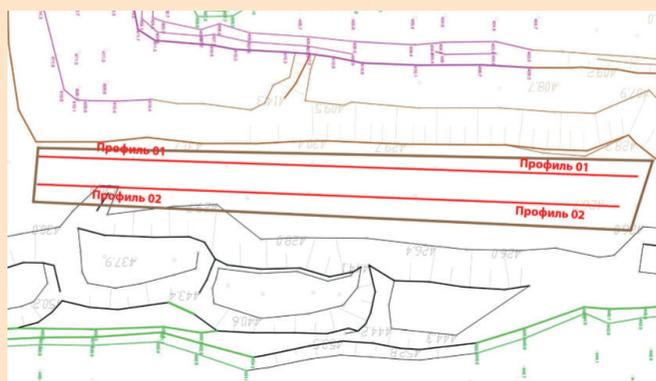


Рис. 2. План участка №1 2В чистый «Запад» с положением профилей электротомографии. Масштаб 1:1000.

Сурет 2. №1 учаскенің жоспары 2В таза «Батыс» электр томографиялық профільдердің орналасуымен. Масштаб 1:1000.

Figure 2. Plan of site №1 2V pure «West» with the position of electrical tomography profiles. Scale 1:1000.

В целом, результаты профильной линии 01 отличаются от профильной линии 02 более высокими значениями УЭС среды, что является признаком структурно разуплотненных углей по 01 линии, расположенной ближе к борту уступа (рисунок 2). Уверенно прослеживается горизонтальная граница по переходу значений УЭС от 300 Ом*м к 800 Ом*м на глубине от 5 до 8 метров по профильной линии 01. По профильной линии 02 данная граница выделяется менее уверенно и расположена глубже на 2 метра, чем по профильной линии 01. Данная граница может свидетельствовать о некотором различии в составе углей, что может влиять и на прочностные характеристики [3].

Результаты электротомографии на экспериментальном блоке №2 2В с прослоями «Центр» (рисунок 3).

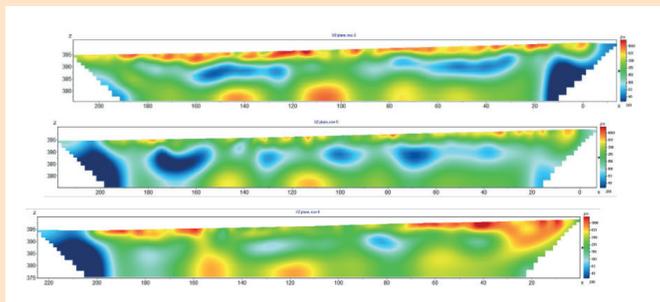


Рис. 3. Разрезы УЭС по профилю 06 (вверху), профилю 05 (в центре), профилю 04 (внизу) по пласту 2В с прослоями на участке центрального карьера по результатам электротомографии установками Шлюмберже и дипольной осевой.

Сурет 3. Профиль 06 (жоғарыда), профиль бойынша электр кедергісінің қималары 05 (орталықта), профиль 04 (төменгі жағында) Schlumberger және дипольдық осьтік қондырғыларды қолдану арқылы электр томографиясының нәтижелері бойынша орталық карьер учаскесінде аралық қабаттары бар 2В қабаты бойымен.

Figure 3. Sections of electrical resistivity along profile 06 (above), profile 05 (in the center), profile 04 (bottom) along layer 2V with interlayers in the central quarry section according to the results of electrical tomography using Schlumberger and dipole axial installations.

Всего на данном участке выполнены измерения по 3 параллельным профильным линиям (рисунок 4). На профильной линии 04 значение УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 60-1800 Ом*м. На профильной линии 05 УЭС по разрезу, по результатам инверсии [4], изменяется в пределах 35-1700 Ом*м. На профильной линии 06 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 45-1800 Ом*м.

Аномалии низких значений УЭС, в пределах 20-10 метров по профильной линии 06, 190-215 метров по профильной линии 05 и 193-223 метра по профильной линии 04 связаны с особенностями построения блочной модели в программе трехмерной инверсии данных электротомографии.

На всех профильных линиях данного участка в интервале глубин 3-12 метров (в зависимости от места) по результатам инверсии наблюдаются пониженные значения УЭС (35-130 Ом*м), что вызвано влиянием прослоев аргиллитов [5]. При условии выдержанности прослоев аргиллитов, по повышению значений УЭС в интервале глубин 3-12 метров можно выделить зоны повышенной трещиноватости. Также на профильных линиях в нижнем слое в интервале глубин 14-20 метров, в интервалах 160-135 метров, 138-116 метров, 98-86 метров наблюдаются три аномалии повышенных значений УЭС (500-1000 Ом*м), которые смещаются при переходе от профильной линии 04 к профильной линии 06 в восточном направлении, что указывает на наличие зоны повышенной трещиноватости с азимутом простирания 10-15°. В верхнем слое трещиноватость углей по крайним профильным линиям несколько выше, чем на средней профильной линии [6].

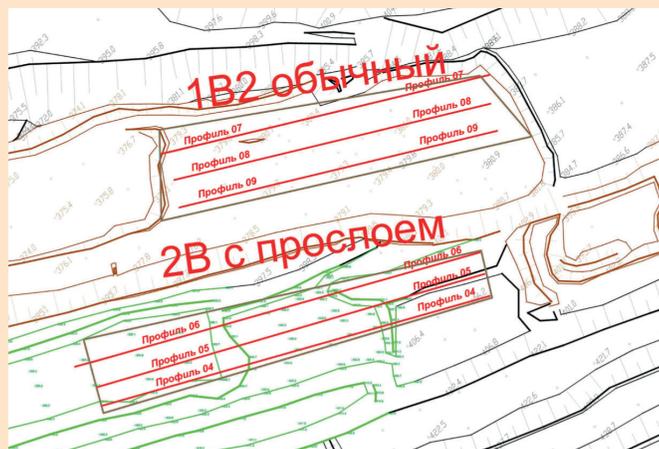


Рис. 4. План участков №2 2В с прослоями и №3 1B2 «Центр» с положением профилей электротомографии. Масштаб 1:100.

Сурет 4. Бөлімдердің жоспары №2 2В аралық қабаттарымен және №3 1B2 «Орталық» электр томографиялық профильдердің орналасуымен. Масштаб 1:100.

Figure 4. Plan of sections №2 2V with interlayers and №3 1B2 «Center» with the position of electrical tomography profiles. Scale 1:100.

Результаты электротомографии на экспериментальном блоке №3 1B2 «Центр» обводненный (рисунок 5).

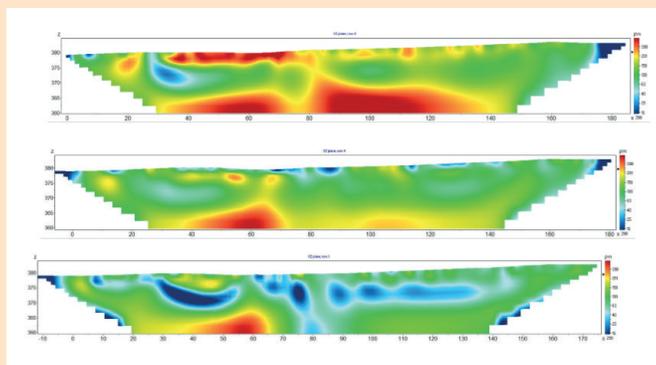


Рис. 5. Разрезы УЭС по профилю 07 (вверху), профилю 08 (в центре), профилю 09 (внизу) участка №3 1B2 с «Центр» обводненный по результатам электротомографии установками Шлюмберже и дипольной осевой.

Сурет 5. Шлюмберже және дипольдық осьтік қондырғыларды қолдану арқылы электр томографиясының нәтижелері бойынша су басқан «Орталық» №3 1B2 қимасының 07 профілі (жоғарыда), 08 профілі (ортасында), профілі 09 (төменгі жағында) профілі бойынша меншікті кедергі қималары.

Figure 5. Resistivity sections along profile 07 (above), profile 08 (in the center), profile 09 (bottom) of section №3 1V2 with «Center», flooded according to the results of electrical tomography using Schlumberger and dipole axial installations.

Всего на данном участке выполнены измерения по 3 параллельным профильным линиям (рисунок 5). На профильной линии 07 значение УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 12-500 Ом*м. На профильной линии 08 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 12-500 Ом*м. На профильной линии 09 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 12-500 Ом*м.

При интерпретации результатов электротомографии на обводненных участках следует помнить, что в данном случае понижение значений УЭС свидетельствует о повышении трещиноватости [7] (в связи с тем, что поровое пространство породы, состоящее из естественной пористости и трещинной пористости, заполнено водой, а минерализованная вода хорошо проводит электрический ток) [8], а повышение значений УЭС свидетельствует об уменьшении трещиноватости (в связи с уменьшением трещинной пористости в менее трещиноватой породе) [9].

Диапазон значений УЭС (15-500 Ом*м) для данного участка значительно отличается в сторону меньших зна-

чений от диапазона УЭС (45-1800 Ом*м) ближайшего опытного участка, что свидетельствует о высокой минерализации воды в данном месте (соответствует архивным данным) [10].

Заключение

Результаты исследований электроразведкой методом сопротивлений по методике электротомографии на разрезах АО «Шубарколь Комир» подтвердили возможность данного метода определять пространственные параметры зон структурного ослабления и повышенной трещиноватости угля. Таким образом, данный метод может быть рекомендован для внедрения на предприятии в составе методики изучения зон структурного ослабления угольных уступов с помощью геофизических методов. По этой причине результаты исследований электротомографии далее использовались при комплексировании геофизических методов для разработки методики зон структурного ослабления и повышенной трещиноватости на угольных уступах предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Многоэлектродные электрические зондирования в условиях горизонтально-неоднородных сред. Разведочная геофизика. Обзор. АОЗТ «Геонформмарк». / А.А. Бобачев, И.Н. Модин, Е.В. Перваго, В.А. Шевнин. М.: 1996, Вып. 2, 50 с. (на русском языке)
2. Исабек Т.К. Некоторые вопросы по переходу на комбинированную геотехнологию при добыче месторождения. / Т.К. Исабек, Ш.Б. Зейтинова. // Новости науки Казахстана. 2018. Вып. 4 (138). С. 100-107 (на казахском языке)
3. Извлечения метана из угольных пластов для обеспечения безопасного проведения горных работ в угольных шахтах Карагандинского бассейна. Монография. / Е.С. Филимонов, В.С. Портнов, А.А. Кенетаева, М.Р. Рабатулы. // Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова. Караганда: Издательство КарТУ, 2022, 145 с. (на английском языке)
4. Grant Allen. Разработка и испытание беспилотной авиационной системы для измерения потока метана со свалок и горячих точек выбросов парниковых газов. / Grant Allen, Peter Hollingsworth, Khristopher Kabbabe, Joseph R. Pitt, Mohammed I. Mead, Samuel Illingworth, Gareth Roberts, Mark Bourn, Dudey E. Shallcross, Carl J. Percival. // Управление отходами. 2019. Т. 87. С. 883-892 (на английском языке)
5. Tremain Priscilla, Maddocks Andrew, Moghtaderi Behdad. Пилотное исследование окисления метана вентиляционного воздуха (VAM) с использованием ильменита. // 11-я Азиатско-Тихоокеанская конференция по сжиганию, ASPACC, 2017. – С. 68 (на английском языке)
6. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Применение и развитие метода геодинамического районирования по данным прогноза геодинамической опасности на угольных шахтах Китая. // Серия конференций ИОР: Науки о Земле и окружающей среде, 2019. – Т. 221. – С. 1-8 (на английском языке)
7. Соколов С.Я., Климовский А.В., Кузьминых В.Е. Возможности геофизических методов при эксплуатационной разведке месторождений блочного камня на примере месторождения граносиенитов Балтийское: Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2015, С. 70-77 (на русском языке)
8. Цели и результаты проекта «Эффективное использование природного камня в Ленинградской области и Юго-Восточной Финляндии» в программе Европейского Союза «Приграничное сотрудничество и партнерство». Строительный камень: от геологии до архитектуры. / Нартта Р., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Петрозаводск, 2015, 35-41 с. (на русском языке)
9. Першин Г.Д. Методика расчета рациональных параметров отделяемых монолитов камня при разработке месторождений со сложным залеганием природных трещин в массиве. / Г.Д. Першин, М.С. Уляков. // Журнал Сибирского федерального университета. Техника технологии. 2015. №8. С. 1032-1039 (на русском языке)
10. Бондур В.Г. Космический мониторинг геодинамических предвестников крупных землетрясений. / В.Г. Бондур, А.Т. Зверев, Л.В. Кузнецова. // Исследование Земли из космоса. 2006. №2. С. 184-189 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Көлденең біртекті емес ортада мультиэлектродты электрлік зондау. Барлау геофизикасы. Қарау. «Геоақпаратмарк» АҚ. / А.А. Бобачев, И.Н. Модин, Е.В. Перваго, В.А. Шевнин. М.: 1996, 2-шығарылым, 50 б. (орыс тілінде)
2. Исабек Т.К. Кен орнын өндіруде аралас геотехнологияға ауысу жөніндегі кейбір мәселелер. / Т.К. Исабек, Ш.Б. Зейтинова. // Қазақстан ғылымының жаңалықтары. 2018. №4 (138). Б. 100-107 (қазақ тілінде)
3. Қарағанды бассейнінің көмір шахталарында тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ету үшін көмір қабаттарынан метан алу. Монография. / Е.С. Филимонов, В.С. Портнов, А.А. Кенетаева, М. Рабатұлы. // Қарағанды: Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2022. 145 б. (орыс тілінде)
4. Grant Allen. Полигондар мен парниктік газдар шығарындыларының ыстық нүктелерінен метан ағынын өлшеуге арналған ұшқышсыз авиациялық жүйені әзірлеу және сынау. / Grant Allen, Peter Hollingsworth, Christopher Kabbabe, Joseph R. Pitt, Mohammed I. Mead, Samuel Illingworth, Gareth Roberts, Mark Bourn, Dudev E. Shallcoss, Carl J. Percival. // Қалдықтарды басқару. 2019. Т. 87. Б. 883-892 (ағылшын тілінде)
5. Tremain Priscilla, Maddocks Andrew, Moghtaderi Behdad. Ильменитті қолдана отырып, желдету ауасының метан тотығуын (VAM) пилоттық зерттеу. // 11-ші Азия-Тынық мұхиты өртеу конференциясы, ASPACC, 2017. – Б. 68 (ағылшын тілінде)
6. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Қытай көмір шахталарында геодинамикалық қауіптілік болжамының деректері бойынша геодинамикалық аудандастыру әдісін қолдану және дамыту. // ИОР конференциялар сериясы: Жер және қоршаған орта туралы ғылымдар, 2019. – Т. 221. – Б. 1-8 (ағылшын тілінде)
7. Соколов С.Я., Климовский А.В., Кузьминых В.Е. Балтийское граносиенитінің туған жеріндегі блоктастың туған жерін жедел барлау кезінде геофизикалық әдістердің мүмкіндіктері: Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2015, Б. 70-77 (орыс тілінде)
8. Еуропалық Одақтың «Крест» бағдарламасындағы «Ленинград облысында және Оңтүстік-Шығыс Финляндияда табиғи тасты тиімді пайдалану» жобасының мақсаттары мен нәтижелері. -шекаралық ынтымақтастық және серіктестік». Құрылыс тасы: геологиядан сәулетке дейін. / Harma P., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Петрозаводск, 2015, 35-41 б. (орыс тілінде)
9. Першин Г.Д. Массивте табиғи жарықтар күрделі пайда болған кен орындарын игеру кезінде алынатын тастан жасалған монолиттердің ұтымды параметрлерін есептеу әдістемесі. / Г.Д. Першин, М.С. Уляков. // Сібір федералды университетінің журналы. Техникалық технология. 2015. №8. Б. 1032-1039 (орыс тілінде)
10. Бондур В.Г. Ірі жер сілкіністерінің геодинамикалық прекурсорларының ғарыштық мониторингі. / В.Г. Бондур, А.Т. Зверев, Л.В. Кузнецова. // Ғарыштан Жерді зерттеу. 2006. №2. Б. 184-189 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Mnogoelektrodnye elektricheskie zondirovaniya v usloviyah gorizonta'l'no-neodnorodnyh sred. Razvedochnaya geofizika. Obzor. AOZT «Geoinformmark». / A.A. Bobachev, I.N. Modin, E.V. Pervago, V.A. Shevnin. M.: 1996, Vypusk 2, 50 s. [Multielectrode electrical sensing in horizontally inhomogeneous media. Exploration geophysics. Review. JSC «Geoinformmark». / A.A. Bobachev, I.N. Modin, E.V. Pervago, V.A. Shevnin. M.: 1996, Vol. 2, 50 p.] (in Russian)
2. Isabek T.K. Ken ornyn endirude aralas geotehnologijaға ауысу zhөnindegі кейbir мәseleler. / T.K. Isabek, Sh.B. Zejtinova. // Қазақстан ғылымунуң жаңалықтары. 2018. Мәsele 4 (138). B. 100-107 [Isabek T.K. Study of the influence of edge protective anchors on the heaving of the mining soil. / T.K. Isabek, Sh.B. Zejtinova. // Kazakhstan Science News. 2018. Issue 4 (138). P. 100-107] (in Kazakh)
3. Izvlechenija metana iz ugol'nyh plastov dlja obespechenija bezopasnogo provedeniya gornyh rabot v ugol'nyh shahtah Karagandinskogo bassejna. Monografija. / E.S. Filimonov, V.S. Portnov, A.A. Kenetaeva, M. Rabatuly. // Karaganda: NAO KarTU imeni Abylkasa Saginova, 2022, 145 s. [Extraction of methane from coal seams to ensure safe mining operations in the coal mines of the Karaganda basin. Monograph. / E.S. Filimonov, V.S. Portnov, A.A. Kenetaeva, M. Rabatuly. // Karaganda: Non-Profit Joint Stock Company KarTU named after Abylkas Saginov, 2022. 145 p.] (in Russian)
4. Grant Allen. The development and trial of an unmanned aerial system for the measurement of methane flux from landfill and greenhouse gas emission hotspots. / Grant Allen, Peter Hollingsworth,

- Khristopher Kabbabe, Joseph R. Pitt, Mohammed I. Mead, Samuel Illingworth, Gareth Roberts, Mark Bourn, Dudev E. Shallcoss, Carl J. Percival. // Waste Management. 2019. Vol. 87.- P. 883-892 (in English)*
5. *Tremain Priscilla, Maddocks Andrew, Moghtaderi Behdad. A pilot-scale study on the oxidation of ventilation air methane (VAM) using ilmenite. // 11th Asia-Pacific Conference on Combustion, ASPACC, 2017. – P. 68 (in English)*
 6. *Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Application and Development of the Method of Geodynamic Zoning According to Geodynamic Hazard Forecasting at Coal Mines in China. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. – Vol. 221. – P.1-8 (in English)*
 7. *Sokolov S.Ya., Klimovsky A.V., Kuzminykh E.N. Vozможности geofizicheskikh metodov pri ekspluatatsionnoy razvedke mestorozhdenij blochnogo kamnya na primere mestorozhdeniya granosienitov Baltijskoe: Petrozavodsk. KarNTs RAN, 2015, S. 70-77 [Potential of geophysical methods for the quarrying survey of dimension stone deposits case study of Baltiyskoye granosyenite deposit. Building stone: from geology to architecture: Petrozavodsk. KarRC, RAS, 2015, P. 70-77] (in Russian)*
 8. *Celi i rezul'taty proekta «Effektivnoe ispol'zovanie prirodnoy kamnya v Leningradskoj oblasti i Yugo-Vostochnoj Finlyandii» v programme Evropejskogo Soyuzha «Prigranichnoe sotrudnichestvo i partnerstvo». / Harma P., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Petrozavodsk, 2015, 35-41 s. [Goals and results of the Project «Efficient use of dimension stone in the Leningrad Region and Southeastern Finland» in the EU Programme «Trans-border cooperation and partnership». Building stone: from geology to architecture. / Harma P., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Petrozavodsk, 2015, 35-41 p.] (in Russian)*
 9. *Pershin G.D. Metodika rascheta rasionäl'nykh parametrov otdeläemykh monolitov kamnä pri razrabotke mestorozhdenij so slojnym zaleganiem prirodnykh tresin v massive. / G.D. Pershin, M.S. Ulyakov. // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii. 2015. №8. S. 1032-1039 [A method for calculating the rational parameters of cutoff stone monoliths upon quarrying deposits with the complex mode of occurrence of natural fractures in a massif. / G.D. Pershin, M.S. Ulyakov. // Journal of the Siberian Federal University. Technics and technology. 2015. №8. P. 1032-1039] (in Russian)*
 10. *Bondur V.G. Kosmicheski monitoring geodinamicheskikh predvestnikov krupnykh zemletraseniy. / V.G. Bondur, A.T. Zverev, L.V. Kuznetsova. // Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2006. №2. S. 184-189 [Space monitoring of geodynamic precursors of large earthquakes. / V.G. Bondur, A.T. Zverev, L.V. Kuznetsova. // Exploration of the Earth from space. 2006. №2. P.184-189] (in Russian)*

Сведения об авторах:

Мусин Р.А., PhD, и.о. доцента Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), r.a.mussin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1206-6889>

Муртазина Ф.Е., докторант 2 курса Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), arizakhy@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-2302-4465>

Асанова Ж.М., PhD, и.о. доцента Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), zhanar-a@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1169-8729>

Халикова Э.Р., PhD, ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), Salyahova_e@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1501-8492>

Авторалар туралы мәліметтер:

Мусин Р.А., PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Муртазина Ф.Е., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің 2 курсының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Асанова Ж.М., PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Халикова Э.Р., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Mussin R.A., PhD, acting associate professor of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Murtazina F.E., 2nd year doctorate of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Asanova Zh.M., PhD, acting associate professor of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Khalikova E.R., PhD, Senior lecturer of the Department of «Development of Mineral Deposits» of Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)



MiningWorld Russia

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

23–25 апреля 2024
Москва, Крокус Экспо

Полчите
бесплатный билет



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER





2024

3-5 апреля
Казахстан, Атырау



ATYRAU
OIL&GAS KAZAKHSTAN

21-я Северо-Каспийская
региональная выставка

«Атырау Нефть и Газ»



Подробная информация:

www.oil-gas.kz



МРНТИ 52.13.17

*Д. Крамсаков¹, И. Столповских¹, С. Кузьмин², С. Мелентьев²
¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),
²Рудненский индустриальный институт (г. Рудный, Казахстан)

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ КАРЬЕРОВ

Аннотация. В статье исследуются проблемы повышения технологического и организационного уровня горно-транспортных систем карьеров, доля которых составляет около половины всех трудовых и стоимостных затрат по добыче полезных ископаемых. Целью данной работы является разработка теоретических основ технологических требований при выборе параметров горно-транспортных систем карьеров в увязке с типоразмерами машин. В работе использованы комплексные методы исследований, включающие анализ и научное обобщение научно-технической информации, теоретические исследования, методы математического и компьютерного моделирования и метод научной абстракции. Установлено, что в качестве определяющего признака при выборе стратегии технического и технологического переоснащения карьеров предлагается использовать высоту подъема и средневзвешенный продольный уклон дорог.

Ключевые слова: карьер, технологические требования, горно-транспортные системы, обоснование, метод, структура, переоснащение, проектирование, прибыль.

Карьер пункттерінің тау-көлік жүйелеріне қойылатын технологиялық талаптарды негіздеу

Андатпа. Мақалада карьерлердің тау-кен және көлік жүйелерінің технологиялық және ұйымдастырушылық деңгейін арттыру мәселелері қарастырылған, олардың үлесі тау-кен өндіруге жұмсалатын барлық еңбек және шығындардың жартысына жуығын құрайды. Бұл жұмыстың мақсаты машиналардың стандартты өлшемдеріне байланысты карьерлердің тау-кен және көлік жүйелерінің параметрлерін таңдау кезіндегі технологиялық талаптардың теориялық негіздерін жасау болып табылады. Жұмыста кешенді зерттеу әдістері, соның ішінде ғылыми-техникалық ақпаратты талдау және ғылыми синтездеу, теориялық зерттеулер, математикалық және компьютерлік модельдеу әдістері және ғылыми абстракция әдісі қолданылды. Карьерлерді техникалық және технологиялық қайта жарақтандыру стратегиясын таңдау кезінде анықтаушы белгі ретінде жолдардың көтеру биіктігін және орташа салмақты бойлық еңісін пайдалану ұсынылатыны анықталды.

Түйінді сөздер: карьер, технологиялық талаптар, тау-кен көлік жүйелері, негіздеу, әдіс, құрылым, қайта жабдықтау, жобалау, пайда.

Justification of technological requirements for mining and transport systems of quarry points

Abstract. The article examines the problems of increasing the technological and organizational level of mining and transport systems of quarries, the share of which accounts for about half of all labor and cost costs for mining. The purpose of this work is to develop the theoretical foundations of technological requirements when choosing the parameters of mining and transport systems of quarries in connection with the standard sizes of machines. The work used complex research methods, including analysis and scientific synthesis of scientific and technical information, theoretical research, methods of mathematical and computer modeling and the method of scientific abstraction. It has been established that it is proposed to use the lifting height and the weighted average longitudinal slope of roads as a determining feature when choosing a strategy for the technical and technological re-equipment of quarries.

Key words: career, technological requirements, mining transport systems, justification, method, structure, re-equipment, designing, profit.

Введение

Общепризнанной тенденцией развития мировой горно-добывающей промышленности на обозримую перспективу считается стабильная ориентация на открытый способ разработки месторождений, как обеспечивающий наилучшие экономические показатели.

При открытом способе добычи важнейшую роль играет перемещение горной массы от места выемки до перерабатываемых объектов или в отвал. Затраты на транспортирование достигают на отдельных предприятиях 70% себестоимости добычи полезных ископаемых. По этим причинам поиск эффективных транспортных систем при добыче полезных ископаемых является одной из ключевых задач оптимизации геотехнологий.

Исследованиями проблем по установлению факторов, характеризующих особенности в подходе к разработке научного метода формирования структуры горно-транспортных систем при открытой разработке месторождений занимались многие специалисты и ученые, как в странах СНГ, так и за рубежом [1, 2, 3, 4].

В работах [5, 6] приведена методика обоснования рациональной структуры распределения горно-транспортных машин, которая позволяет учитывать не только оценку влияния различных технико-эксплуатационных факторов, но и долговечность, и живучесть металлоконструкций автосамосвалов.

Анализ работ, вышеупомянутых в настоящем обзоре, показывает, что вопросы, связанные с исследованием и обоснованием структуры горно-транспортных систем в карьерах, к настоящему времени изучены достаточно

широко, однако следует отметить, что применяемые при этом методы определяют структуру горно-транспортных машин на так называемый «расчетный год» и не решают эту задачу в динамике.

В этой связи одним из эффективных решений проблемы совершенствования структуры горно-технологических систем карьеров является проектирование их параметров с учетом изменения конкретных природно-технологических условий разработки месторождения и технико-экономических показателей работы каждой единицы карьерной техники по критерию максимума приведенной прибыли или минимума суммарных затрат на эксплуатацию, технический сервис и владение.

Исходя из этого, целью исследований, отражающей путь решения указанной проблемы, является разработка технологических требований при выборе параметров горно-транспортных систем карьеров в увязке с типоразмерами машин и оценкой их влияния на основные технико-экономические показатели работы карьера в целом.

Для достижения поставленной цели в соответствии с проведенным анализом исследований в работе потребовалось решить следующие задачи: изучить факторы, влияющие на основные параметры горно-транспортных систем; исследовать механизм формирования структуры технологических требований к горно-транспортным системам и обосновать критерий для их оптимизации; установить зависимости факторов применения горно-транспортных систем от горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений.

Методология

При решении поставленных задач использованы следующие методы научных исследований [7, 8]: анализ и обобщение литературных источников; элементы теории подобия при моделировании базы знаний об экономических показателях работы различного типа карьерных машин и оборудования; методы математической статистики при анализе тенденций развития техники и технологии открытых горных работ; экономико-математическое моделирование при выборе горно-транспортных машин при различных вариантах структуры комплектов технологических потоков и технологических схем ведения горных работ.

Результаты

Установлено, что основными факторами, определяющими развитие карьерного транспорта, являются систематически ухудшающиеся горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождений. И применение того или иного вида карьерного транспорта должно определяться с учетом его технологических и экономических преимуществ.

Разброс условий эксплуатации автомобильного транспорта на карьерах велик. Даже один карьер в разные периоды существования может характеризоваться различными условиями. Так, для карьеров глубиной 300 ÷ 500 м высота рабочей зоны может составлять от 100 м до полной глубины карьера. Тем не менее, можно выделить наиболее характерные группы условий.

В качестве определяющего признака предлагается использовать высоту подъема и средневзвешенный продольный уклон автодорог, в значительной мере определяющий условия эксплуатации автотранспорта. Область существующих и перспективных условий эксплуатации автотранспорта представлена на рисунке 1 [9].

При использовании в карьере автосамосвалов большой единичной мощности огрубляется точность оперативного регулирования обеспеченности экскаватора транспортными средствами в соответствии с оптимальной потребностью. При плавном изменении расстояния доставки горной массы от экскаватора его обеспеченность транспортом может изменяться скачкообразно. Влияние этого процесса на эффективность работы экскаваторно-автомобильного комплекса требует дополнительных исследований.

Выполненные исследования позволили установить, что:

– с увеличением дальности транспортировки горной массы капитальные и эксплуатационные затраты наиболее интенсивно растут при конвейерном транспорте, несколько менее – при автомобильном транспорте и еще в меньшей степени – при железнодорожном;

– с ростом глубины карьеров относительное приращение затрат происходит в обратной зависимости, хотя и в меньшей степени; совокупный учет технических, технологических и экономических факторов, влияющих на сравнительную оценку эффективности различных видов транспорта, позволил выделить предпочтительные условия их применения в глубоких карьерах.

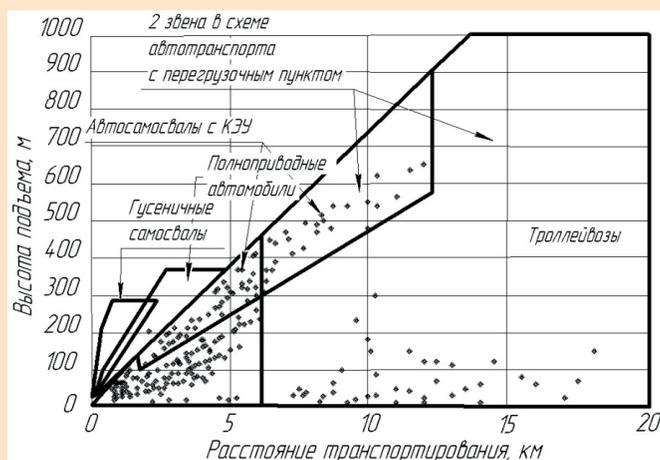


Рис. 1. Существующие и перспективные условия эксплуатации мобильного транспорта на карьерах. Расстояние транспортирования, км. Классические автосамосвалы 4 x 2 (точками обозначены конкретные примеры существующих условий эксплуатации).

Сурет 1. Ағымдағы және болашақтағы жұмыс жағдайлары карьерлердегі жылжымалы көлік.

Тасымалдау қашықтығы, км. Классикалық 4 x 2 самосвалдар (нүктелер қолданыстағы жұмыс жағдайларының нақты мысалдарын көрсетеді).

Figure 1. Current and future operating conditions mobile transport in quarries. Transportation distance, km. Classic 4 x 2 dump trucks (the dots indicate specific examples of existing operating conditions).

Вышесказанное свидетельствует о том, что добиться оптимального экономически выгодного состояния экскаваторно-автомобильных комплексов даже в пределах одного карьера весьма непросто, и это является еще одним серьезным недостатком в использовании карьерного автотранспорта.

Обсуждение результатов

С целью расширения области применения автотранспорта в глубоких карьерах, повышения его эффективности не прекращаются поиски новых технологических схем, а также путей его развития и совершенствования. Одним из основных направлений считается электрификация карьерного автотранспорта. Дизель-троллейвозный транспорт обеспечивает повышение производительности при транспортировании горной массы на 10 ÷ 12% при увеличении скорости движения на подъеме на 20 ÷ 30%, сокращение расхода дизельного топлива на 50 ÷ 70%, сокращение общей стоимости энергозатрат, улучшение санитарно-гигиенических условий работы в глубоких карьерах, сокращение эксплуатационных расходов на 15 ÷ 20%.

В современных условиях на крупных карьерах Казахстана и стран СНГ одним из основных видов технологического транспорта продолжает оставаться железнодорожный. Многолетний опыт применения электрифицированного железнодорожного транспорта на глубоких карьерах показывает его высокую эффективность при использовании в предпочтительных горнотехнических условиях эксплуатации. Анализ

Таблица 1

Технологические требования к горно-транспортным системам карьеров

Кесте 1

Карьерлердің тау-кен және көлік жүйелеріне қойылатын технологиялық талаптар

Table 1

Technological requirements for mining and transport systems of quarries

Горно-транспортные системы карьеров должны обеспечивать:	Достижимый эффект
Свободное развитие карьерного пространства в соответствие с горно-геологическими условиями залегания полезного ископаемого и распределением его качественных показателей	Охрана недр через стабилизацию качества и полноту извлечения полезного ископаемого. Минимизация затрат на разработку месторождения за счет обеспечения оптимального текущего коэффициента вскрыши
Возможность использования выемочного оборудования в соответствие с горно-геологическими и горнотехническими условиями	Охрана недр через снижение потерь и разубоживания
Стимулирование роста единичной мощности транспортного оборудования	Экономия людских ресурсов
Максимально возможную по горнотехническим условиям производительность выемочного и транспортного оборудования	Экономия людских и финансовых ресурсов
Исключение жесткой взаимосвязи параметров выемочных и транспортных машин между емкостью ковша экскаватора и грузоподъемностью автосамосвала через время погрузки	Резерв повышения производительности оборудования
Максимальную степень автоматизации транспортного процесса	Экономия людских ресурсов
На каждом этапе транспортирования горной массы применение вида транспорта с минимальным удельным расходом энергии и минимальными вредными воздействиями на окружающую среду	Минимальная энергоемкость производства и охрана окружающей среды
Передачу транспортируемой горной массы между звеньями транспортной цепочки без ее перевалки	Охрана окружающей среды через снижение пылевыведения, возможность автоматизации технологического процесса

научно-технических и проектных решений позволяет утверждать, что в перспективе как на действующих, так и на вновь вводимых в эксплуатацию карьерах большой производительности электрифицированный железнодорожный транспорт будет оставаться одним из главных.

Преимущества железнодорожного транспорта выгодно отличают его от других видов карьерного транспорта. Однако с ростом глубины разработки карьеров технико-экономические показатели железнодорожного транспорта резко ухудшаются, а его функциональные возможности ограничиваются.

Конвейерный транспорт нашел применение на открытых горных работах, в основном, при отработке горизонтальных или пологопадающих месторождений. Он хорошо сочетается с экскавационным оборудованием непрерывного действия и обеспечивает грузопотоки горной массы больших объемов.

Преимущества конвейерного транспорта являются возможность высокой степени автоматизации процесса транспортировки, высокая производительность.

Недостатки обусловлены необходимостью предварительного измельчения горной массы перед погрузкой на ленту конвейера, что повышает энергоемкость процесса, сложность удержания транспортируемого материала на ленте при подъеме горной массы из карьера.

Скиповой транспорт нашел применение в карьерах в виде подъемного звена по борту карьера. Для его работы требуется сборочный автомобильный транспорт в карьере и транспорт для доставки горной массы на дневной поверхности: руды – на склад, породы – на отвал.

Достоинства скипового транспорта в низкой энергоемкости подъема, в возможности транспортировки крупнокускового материала без предварительного дробления.

Один из основных недостатков скипового подъемника состоит в необходимости наличия участков постоянного борта карьера для его размещения, что обычно нарушает оптимальный режим горных работ и приводит к повышению текущего коэффициента вскрыши. Производительность скипового подъемника ограничивается емкостью скипа и длительностью рабочего цикла.

Комбинация автомобильного и конвейерного транспорта применяется с целью снижения объема работы автотранспорта по подъему горной массы по борту карьера. Так же, как и при скиповом подъемнике и железнодорожном транспорте, для размещения конвейерного подъемника требуется участок постоянного борта карьера. Применяется специальный крутонаклонный конвейер с устройствами, удерживающими транспортируемый материал на ленте конвейера. Загрузка конвейера выполняется на концентрационном горизонте, куда горная масса достав-

ляется автосамосвалами от экскаваторных забоев. При разработке скальных и полускальных пород требуется их дробление. На дневной поверхности возможна перегрузка горной массы на магистральный горизонтальный конвейер и дальнейшая транспортировка.

Достоинства этой технологии состоят в возможности обеспечения высокой производительности карьера, снижается загазованность атмосферы карьера, подъем горной массы осуществляется по кратчайшему пути.

Основными недостатками технологии являются необходимость дробления скальной горной массы, сложность устройства трассы конвейерного подъемника в условиях геомеханических деформаций прибортового породного массива при углубке карьера, стимулируемой взрывными работами в карьере.

Пути развития данного вида транспортирования заключаются [10]:

- в совершенствовании конструкции подъемника по удержанию материала на ленте конвейера,
- в возможности транспортировки крупнокускового материала.

На основе анализа и обобщения недостатков существующих горных технологий и современных критериев эффективности промышленных технологий, сформулированы основные требования к горно-транспортным системам карьеров при добыче твердых полезных ископаемых открытым способом (таблица 1).

Заключение

В результате выполненных исследований предложено решение актуальной научно-практической задачи по обоснованию технологических требований к горно-транспортным системам карьеров.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации состоят в следующем:

1. Доказано, что выбор вариантов структуры горно-транспортной системы карьера характеризуется системной работой по формированию базы знаний о карьерной технике и реализуется построением статистических моделей изменения показателей работы карьерных машин в течение срока их эксплуатации.

2. Установлено, что структура горно-транспортных систем карьеров определяется природно-технологическими условиями, а динамика структуры обусловлена изменениями условий разработки в процессе развития карьерного пространства во времени.

3. Разработанные требования к формированию структуры горно-транспортных систем позволяют с высокой точностью подбирать комплекты карьерной техники для отдельных технологических потоков карьеров на основе прогноза изменений показателей работы каждой единицы техники в зависимости от изменения природно-технологических условий и технического состояния карьерных машин и оборудования.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №АР 19675410).

Благодарности

Авторы выражают благодарность и признательность сотрудникам и профессорско-преподавательскому составу кафедр: «Горные машины» Рудненского индустриального института и «Технологические машины и оборудование» Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева за оказанную помощь при обсуждении и написании текста статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Потапов М.Г. Экологическая оценка технологических схем открытых горных работ. / М.Г. Потапов, А.Н. Комраков. // Горный журнал. 2003. №3. С. 81-86 (на русском языке)
2. Акишев А.Н. Управление развитием рабочей зоны кимберлитовых карьеров. / А.Н. Акишев, В.А. Бахтин, Е.В. Бондаренко, С.Л. Бабаскин. // Горная промышленность. 2004. №1. С. 53-59 (на русском языке)
3. Камнев Е.Н. Вклад ВНИПИпромтехнологии в становление и развитие карьера Мурунтау. / Е.Н. Камнев, А.В. Селезнев, С.К. Рубцов, А.М. Иоффе. // Горный журнал. 2007. №5. С. 14-18 (на русском языке)
4. Кулешов А.А. Анализ вариантов транспортирования руды от карьера до обогатительной фабрики в условиях АК «АЛРОССА». / Кулешов А.А., Васильев К.А., Докукин В.П. // Горный журнал. 2003. №6. С. 13-16 (на русском языке)
5. Зырянов И.В. Опыт эксплуатации карьерных самосвалов на Нюрбинском ГОКе. / И.В. Зырянов, С.П. Маев. // Горный журнал. 2006. №2. С. 69-72 (на русском языке)
6. Хохряков В.С., Лель Ю.И., Ворошилов Г.А. и др. К оценке энергетической эффективности транспортных систем карьеров в условиях рыночной экономики. // Материалы VIII Международной научно-практической конференции 20-23 сентября 2005г. Проблемы карьерного транспорта, УрОРАН ИГД, Екатеринбург, 2005. – С. 18-24 (на русском языке)
7. Ахметова М. Усовершенствование парка автомобильного транспорта при перевозке горнорудной массы в карьерах. / М. Ахметова, О.Н. Вуейкова, А.В. Сладковский, И.Н. Столповских. // Транспортные проблемы. 2016. №1. С. 79-85 (на английском языке)
8. А. Шакенов. Влияние состояния дороги на срок службы шин карьерного самосвала. / А. Шакенов, А. Сладковский, И. Столповских. // Научный вестник Национального городского университета. 2022. №6. С. 25-29 (на английском языке)

9. Кадникова О. Разработка новой экологически чистой технологии транспортировки горной породы при открытых горных работах. / О. Кадникова, С. Кузьмин, Г. Алтынбаева, А. Турбит, З. Хабдуллина. // Экологические и климатические технологии. 2020. №24. С. 341-354 (на английском языке)
10. Сладковский А. Энергетические преимущества технологии контейнерных перевозок в глубоких карьерах. / А. Сладковский, А. Утегенова, С. Кузьмин, Б. Ракишев, И. Столповских. // Научный вестник Национального городского университета. 2019. №5. С. 29-34 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Потапов М.Г. Ашық әдіспен өндірудің технологиялық схемаларының экологиялық бағасы. / Потапов М.Г., Комраков А.Н. // Тау-кен журналы. 2003. №3. Б. 81-86 (орыс тілінде)
2. Акишев А.Н. Кимберлит карьерлерінің жұмыс аймағын дамытуды басқару. / А.Н. Акишев, В.А. Бахтин, Е.В. Бондаренко, С.Л. Бабаскин. // Тау-кен өнеркәсібі. 2004. №1. Б. 53-59 (орыс тілінде)
3. Камнев Е.Н. ВНИПИпромтехнологияның Мұрынтау карьерінің қалыптасуы мен дамуына қосқан үлесі. / Е.Н. Камнев, А.В. Селезнев, С.К. Рубцов, А.М. Иоффе. // Тау-кен журналы. 2007. №5. Б. 14-18 (орыс тілінде)
4. Кулешов А.А. АК ALROSSA жағдайында кенді карьерден өңдеу зауытына тасымалдау нұсқаларын талдау. / А.А. Кулешов, К.А. Васильев, В.П. Докукин. // Тау-кен журналы. 2003. №6. Б. 13-16 (орыс тілінде)
5. Зырянов И.В. Нюрба тау-кен байыту комбинатында тау-кен автосамосвалдарын пайдалану тәжірибесі. / И.В. Зырянов, С.П. Маев. // Тау-кен журналы. 2006. №2. Б. 69-72 (орыс тілінде)
6. Хохряков В.С., Лел Ю.И., Ворошилов Г.А. және т.б. Нарықтық экономика жағдайында карьерлік көлік жүйелерінің энергия тиімділігін бағалау. // VIII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары, 20-23 қыркүйек 2005 ж. Карьер көлігінің мәселелері, УрОРАН ИГД, Екатеринбург, 2005. – Б. 18-24 (орыс тілінде)
7. Ахметова М. Карьерлерде тау-кен массасын тасымалдау кезінде көлік паркін жетілдіру. / М. Ахметова, О.Н. Вуэйкова, А.В. Сладковский, И.Н. Столповских. // Көлік мәселелері. 2016. №1. Б. 79-85 (ағылшын тілінде)
8. Шакенов. Тасымалдау жолы және тау-кен автосамосвалының шиналарының қызмет ету мерзіміне әсер ету. / А. Шакенов, А. Сладковский, И. Столповских. // Ұлттық қалалық университетінің ғылыми хабаршысы. 2022. №6. 25-29 (ағылшын тілінде)
9. О. Кадникова. Ашық тау-кен өндірісінде өндірілген тау жыныстарын тасымалдаудың жаңа экологиялық таза технологиясын әзірлеу. / О. Кадникова, С. Кузьмин, Г. Алтынбаева, А. Түрбит, З. Хабдуллина. // Экологиялық және климаттық технологиялар. 2020. №24. Б. 341-354 (ағылшын тілінде)
10. Сладковский А. Терең карьерлердегі контейнерлік тасымалдау технологиясының энергетикалық артықшылықтары. / А. Сладковский, А. Утегенова, С. Кузьмин, Б. Ракишев, И. Столповских. // Ұлттық қалалық университетінің ғылыми хабаршысы. 2019. №5. Б. 29-34 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Potapov M.G. Ekologicheskaya otsenka tekhnologicheskikh skhem otkrytykh gornyykh robot. / M.G. Potapov, A.N. Komrakov. // Gornyy zhurnal. 2003. №3. S. 81-86 [Potapov M.G. Environmental assessment of technological schemes for open-pit mining. / M.G. Potapov, A.N. Komrakov. // Mining Journal. 2003. №3. P. 81-86] (in Russian)
2. Akishev A.N. Upravlenie razvitiem rabochei zony kimberlitovykh kar'erov. / A.N. Akishev, V.A. Bakhtin, E.V. Bondarenko, S.L. Babaskin. // Gornaya promyshlennost'. 2004. №1. S. 53-59 [Akishev A.N. Management of the development of the working zone of kimberlite quarries. / A.N. Akishev, V.A. Bahtin, Y.V. Bondarenko, S.L. Babaskin. // Mining industry. 2004. №1. P. 53-59] (in Russian)
3. Kamnev E.N. Vklad VNIPIpromtekhologii v stanovlenie i razvitie kar'era Muruntau. / E.N. Kamnev, A.V. Seleznev, S.K. Rubtsov, A.M. Ioffe. // Gornyy zhurnal. 2007. №5. S. 14-18 [Kamnev E.N. The contribution of VNIPIpromtekhologiya to the formation and development of the Muruntau quarry. / Y.N. Kamnev, A.V. Seleznyov, S.K. Rubcov, A.M. Ioffe. // Mining Journal. 2007. № 5. P. 14-18] (in Russian)
4. Kuleshov A.A. Analiz variantov transportirovaniya rudy ot kar'era do obogatitel'noi fabriki v usloviyakh АК «ALROSSA». / Kuleshov A.A., Vasil'ev K.A., Dokukin V.P. // Gornyy zhurnal. 2003. №6. S. 13-16 [Kuleshov A.A. Analysis of options for transporting ore from a quarry to a processing plant in the conditions of АК ALROSSA. / A.A. Kuleshov, K.A. Vasiliev, V.P. Dokukin. // Mining Journal. 2003. №6. P. 13-16] (in Russian)

5. Zyryanov I.V. Experience in operating mining dump trucks at the Nyurba Mining and Processing Plant. / I.V. Zyryanov, S.P. Mayev. // *Mining Journal*. 2006. №2. P. 69-72 (in English)
6. Khokhryakov V.S., Lel' Yu.I., Voroshilov G.A. i dr. K otsenke energeticheskoi effektivnosti transportnykh sistem kar'erov v usloviyakh rynochnoi ekonomiki. // *Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 20-23 sentyabrya 2005g. Problemy kar'ernogo transporta, UrORAN IGD, Ekaterinburg, 2005.* – S. 18-24 [Khokhryakov V.S., Lel' Yu.I., Voroshilov G.A. and others. To assess the energy efficiency of quarry transport systems in a market economy. // *Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference, September 20-23, 2005. Problems of quarry transport, UrORAN IGD, Yekaterinburg, 2005.* – P.18-24] (in Russian)
7. Akhmetova M. Improvement of the vehicle fleet when transporting mining mass in quarries. / M. Akhmetova, O.N. Vueikova, A.V. Sladkovsky, I.N. Stolpovskikh. // *Transport problems*. 2016. №1. P. 79-85 (in English)
8. Shakenov A. Haul road condition impact on tire life of mining dump truck. / A. Shakenov, A. Sladkowski, I. Stolpovskikh. // *Scientific Bulletin of the National City University*. 2022. №6. P. 25-29 (in English)
9. Kadnikova O. Development of a New Environmentally-Friendly Technology for Transportation of Mined Rock in the Opencast Mining. / O. Kadnikova, S. Kuzmin, G. Altynbayeva, A. Turbit, Z. Khabdullina. // *Environmental and Climate Technologies*. 2020. №24. P. 341-354 (in English)
10. Sladkowski A. Energy advantages of container transport technology in deep careers. / A. Sladkowski, A. Utegenova, S. Kuzmin, B. Rakishev, I. Stolpovskikh. // *Scientific Bulletin of the National City University*. 2019. №5. P. 29-34 (in English)

Сведения об авторах:

Крамсаков Д.Е., магистр, докторант кафедры «Технологические машины и оборудование» института Энергетики и машиностроения, Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), kramsakov.d@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4504-3392>

Столповских И.Н., профессор кафедры «Технологические машины и оборудование» института Энергетики и машиностроения Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), stolpovskikh_i@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2893-5070>

Кузьмин С.Л., к.т.н, доцент Высшей школы «Металлургии и горного дела», Рудненского индустриального университета (г. Рудный, Казахстан), decan_2008@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1934-9408>

Мелентьев С.Ю., магистр, преподаватель Высшей школы «Металлургии и горного дела», Рудненского индустриального университета (г. Рудный, Казахстан), melentev.98@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0000-3221-0131>

Авторлар туралы мәліметтер:

Крамсаков Д.Е., магистр, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университеті Metallургия және өнеркәсіптік инженерия институтының «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Столповских И.Н., Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университеті Энергетика және машина жасау институты «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Кузьмин С.Л., т.ғ.к, Рудный индустриалды университетінің «Металлургия және тау-кен ісі» Жоғары мектебінің доценті (Рудный қ., Қазақстан)

Мелентьев С.Ю., магистр, Рудный индустриалды университетінің «Металлургия және тау-кен ісі» Жоғары мектебінің мұғалімі (Рудный қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Kramsakov D.E., Master, doctoral student of the department «Technological Machines and Equipment» of the Institute of Energy and Mechanical Engineering, Kazakh National Research Technical University K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

Stolpovskikh I.N., Professor of the Department «Technological Machines and Equipment», Institute of Energy and Mechanical Engineering, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

Kuzmin S.L., c.t.s, associate professor, Higher school of Metallurgy and mining, Rudny Industrial University (Rudny, Kazakhstan)

Melentyev S.Yu., Master, teacher at the Higher school of Metallurgy and mining, Rudny Industrial University (Rudny, Kazakhstan)

МРНТИ 52.47.17

*К.Т. Бисембаева, Г.С. Сабырбаева, А.С. Хадиева, А.А. Бекбаулиева

Каспийской университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан)

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ СПОСОБЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В настоящее время для повышения эффективности систем заводнения ставится задача максимального охвата пластов воздействием, что может быть достигнуто за счет внедрения воды в малопроницаемые нефтенасыщенные интервалы. В данной статье рассматривается метод ступенчатого заводнения как дополнительного способа регулирования разработки нефтяных месторождений. Для рекомендации этого метода в работе определялась технологическая эффективность, т.е. оценены величины основных технологических показателей (дебитов жидкости, нефти) после его внедрения. Рассмотрен методический подход для определения основных показателей разработки с применением рассматриваемого метода. Получены совершенствованные формулы для определения дебита скважины при применении дополнительного метода заводнения, учитывая условия рассматриваемого месторождения.

Ключевые слова: нефтяное месторождение, нефтеотдача пласта, трудноизвлекаемые запасы, методы заводнения, дебит скважины, давление, регулирование, пласт, скважина.

Қосымша реттеу тәсілі кезінде кен орындарын игерудің негізгі көрсеткіштерін бағалау

Андатпа. Қазіргі уақытта суландыру жүйелерінің тиімділігін арттыру үшін қабаттарға әсер етуді барынша қамту міндеті қойылады, бұған өткізгіштігі төмен мұнаймен қаныққан аралықтарға суды енгізу есебінен қол жеткізуге болады. Бұл мақалада мұнай кен орындарын игерудің реттеудің қосымша тәсілі ретінде сатылы суландыру әдісі қарастырылады. Бұл әдісті ұсыну үшін жұмыста технологиялық тиімділік айқындалды, яғни оны енгізгеннен кейін негізгі технологиялық көрсеткіштердің (сұйықтық, мұнай дебиттерінің) шамалары бағаланды. Қарастырылып отырған әдісті қолдана отырып, игерудің негізгі көрсеткіштерін анықтау үшін әдістемелік тәсіл қаралды. Қарастырылып отырған кен орнының жағдайын ескере отырып, суландырудың қосымша әдісін қолдану кезінде ұңғыма дебитін анықтау үшін жетілдірілген формулалар алынды.

Түйінді сөздер: мұнай кен орны, қабаттың мұнай бергіштігі, алынуы қиын қорлар, суландыру әдістері, ұңғыма дебиті, қысым, реттеу, қабат, ұңғыма.

Assessment of the main indicators of the field development with an additional method of regulation

Abstract. Currently, to improve the efficiency of waterflooding systems, the task is to maximize the coverage of reservoirs by impact, which can be achieved by introducing water into low-permeable oil-saturated intervals. This article discusses the stepwise flooding method as an additional method for regulating the development of oil fields. To recommend this method, the technological efficiency was determined in the work, i.e. the values of the main technological indicators (flow rates of liquid, oil) after its implementation were estimated. A methodological approach for determining the main indicators of development using the method under consideration is considered. Improved formulas have been obtained for determining the flow rate of the well when using the additional waterflooding method, taking into account the conditions of the field under consideration.

Key words: oil field, recovery of formation, hard-to-recover reserves, waterflooding methods, well flow rate, pressure, regulation, formation, well.

Введение

В настоящее время наряду с увеличением количества новых залежей возрастает и количество месторождений со сложными геологическими структурами (низкие проницаемости, неньютоновские нефти и сильно расчлененный геологический разрез), содержащие трудноизвлекаемые нефти. Такого типа месторождения требуют разработки и использования научно обоснованных методов и технических средств воздействия на пласт с целью повышения эффективности процессов добычи углеводородов, увеличения коэффициента нефтеотдачи пластов, совершенствования систем разработки и эксплуатации месторождений углеводородов.

Во всем мире известно много достаточно активных технологий разработки как стран ближнего, так и дальнего зарубежья. Тем не менее открытие новых и разработка действующих месторождений позволили выявить ряд дополнительных геолого-физико-технологических факторов, такие как изменение градиента гидроразрыва пласта с учетом угла наклона ствола скважины, оптимальное и минимальное давление нагнетания для пластов с разными фильтрационными свойствами, периодичность изменения давления на устьях в нагнетательных и на забоях добывающих скважин, недостаточно полное их исследование приводило к снижению эффективности процессов выработки трудноизвлекаемых запасов. В работах [1-3] исследованы деформационные процессы, проявившиеся в продуктивных резервуарах, во время проведения технологических мероприятий по улучшению проницаемости

пласта. В основном в них показано, что эффективность интенсификационных процессов зависит от соотношения величин напряжения, изменения объема резервуара и пластового давления. При этом отмечено, что для максимального использования на практике возможности колебательных фильтрационных процессов флюидов, необходимо их численно моделировать в значительном объеме пласта [4, 5].

Для улучшения эффекта от принятой технологии разработки необходимо изменить объем рабочего агента нагнетаемого в поровое пространство трещиноватой системой. Седиментологические особенности пласта создают внутри него поверхности с различной формой и направленностью, которые могут отражать поток флюида и создают площадную проницаемостную анизотропию [6]. Для совершенствования системы воздействия предлагается использовать потокообразующие методы и обосновать оптимальное забойное давление в добывающих скважинах.

Детальный обзор литературы, посвященный исследованию фильтрационных процессов, показывает, что в современных технологиях и методах воздействия на залежах с трудноизвлекаемыми запасами не нашли должного обоснования теории и практики фильтрации флюидов, с учетом изменения структуры низкопродуктивного коллектора. Кроме этого требуется дальнейшее развитие теоретического положения по нестационарной пространственной фильтрации флюидов в деформируемой низкопродуктивной пористо-трещиноватой среде с учетом резкой колебательности коэффициентов проницаемости, гидропрово-

дности и энергии в многослойных пластах, оказывающие наиболее существенное влияние на процесс выработки трудноизвлекаемых запасов. Как показывает практика, эксплуатация многопластовых месторождений, увеличение добычи нефти путем совершенствования технологии выработки запасов из низкопродуктивных пластов равносильно открытию новых месторождений углеводородов.

Каждый применяемый метод воздействия на залежи исследуется и совершенствуется для улучшения условий фильтрации жидкости по пластам.

Результаты исследований позволили выявить влияние на производительность пласта и дебитов скважин, таких факторов, как неоднородное строение залежи по проницаемости, толщине и пористости трещиноватости пласта; водонефтяная зона; капиллярные силы; параметры сетки скважин; системы заводнения, вязкости нефти, воды и газа; работающая толщина, градиент давления [7].

В настоящее время разработка нефтяных месторождений со сложным геологическим строением и физико-химическими свойствами флюидов, насыщенных в продуктивных коллекторах, осуществляется с применением активных методов внутриконтурного воздействия, таких как блокового, очагового, площадного, ступенчатого и фигурного заводнения. С помощью указанных методов успешно ведется отбор запасов нефти, но, тем не менее, со временем выявляются отдельные участки с трудноизвлекаемыми запасами [8].

Несмотря на достигнутые успехи в деле повышения эффективности воздействия, до настоящего времени недостаточно решены задачи по оценке улучшения процесса выработки трудноизвлекаемых запасов в этих участках воздействия путем нагнетания в пласт некоторого объема воды через новые нагнетательные скважины, созданные путем их бурения или переводом действующих высокообводненных скважин под закачку. Одновременно проводятся в действующих скважинах работы по увеличению их производительности. При этом важный научный и практический интерес представляет выбор и обоснование метода воздействия, в каждом конкретном случае [9].

Методы

В работе исследования выполнялись на примере месторождения Узень (Казахстан). Поставленные задачи решались комплексно на основании современных представлений о строении сложнопостроенных залежей и математического моделирования процесса разработки. Использовались методы статистики, теории вероятности, и экспериментальные исследования в промысловых условиях.

Месторождение Узень является одним из крупных, со сложным термогидродинамическим состоянием пластов месторождений. Именно на этом месторождении проводились и проводятся наиболее крупные методы регулирования по интенсификации добычи нефти, такие как: ступенчатое, фигурное и очаговое заводнения, а также широко применяются мероприятия и новые технологии по повышению производительности скважин.

Для улучшения степени выработки запасов нефти из продуктивных залежей на месторождении Узень применялось ступенчатое заводнение СЗ [10].

Главной целью указанного метода является совершенствование ранее задействованной системы блокового заводнения. При этом, для создания ступенчатого заводнения были образованы новые нагнетательные ряды, расположенные перпендикулярно к существующим блоковым нагнетательным рядам. На месторождении Узень этот метод является одним из успешных используемых способов по активизации степени выработанности запасов нефти отдельных участков продуктивных залежей или эксплуатационных объектов (горизонтов). В настоящее время множество нефтяных месторождений вступают в третью и четвертую стадии разработки, которые характеризуются значительными объемами добычи попутной воды и низкой степенью выработанности запасов нефти из отдельных участков залежи.

На этих месторождениях, по-видимому, будет применяться и указанный метод регулирования. В связи с этим для рекомендации этого метода необходимо рассчитать и определить его технологическую эффективность, т.е. оценить величины основных технологических показателей (дебитов жидкости, нефти) после его внедрения.

Результаты расчета технологических показателей разработки, проведенного по формулам, указанных в работе [11], получены в условиях однородного пласта. Известно, что продуктивные углеводородсодержащие пласты неоднородны по своим физическим свойствам и геологическому строению, которые в свою очередь активно влияют на все технологические процессы, проявляющиеся в ходе добычи. Их влияния в первую очередь проявляются в величинах дебитов скважин и в темпах обводнения коллекторов.

Практика показывает, что расчетные показатели разработки нефтяных месторождений значительно отклоняются от фактических данных из-за влияния на их величины физических свойств и геологических строений, а именно: проницаемость, пористость, нефтегазоводонасыщенность, послойная и зональная неоднородности, прерывистость, зона слияния (разобшения) как по площади, так и по толщине пластов, а также вязкости нефти, газа и воды, их химического состава. В связи с этим в расчетах необходимо учитывать указанные факторы для того, чтобы расчетные данные наиболее реально описывали фактическое состояние эксплуатации залежи, участков месторождения при применении методов регулирования.

В формулах для определения дебитов рядов скважин при блоковом воздействии, предложенных в работе [10], необходимо ввести соответствующие коэффициенты, которые учитывают указанные природные факторы, а именно коэффициент охвата по объему залежи ($K_{\text{охв}}$), т.е. формулы в общем виде имеют следующий вид:

$$q_i = \frac{P_{ki} - P_c}{(\Omega_i + \Omega_{i+1} + \Omega_i)} \times K_{\text{охв}} \quad (1)$$

Известно, что $K_{\text{охв}}$ состоит из двух множителей, т.е. коэффициентов охватов по толщине ($K_{\text{охв.т}}$) и площади ($K_{\text{охв.пл}}$), а именно $K_{\text{охв}} = K_{\text{охв.т}} \times K_{\text{охв.пл}}$.

Тогда формула (1) имеет вид:

$$q_i = \frac{P_{ki} - P_c}{(\Omega_i + \Omega_{i+1} + \Omega_i)} \times K_{\text{охв}} \times K_{\text{охв.пл}} \quad (2)$$

Как показывает практика разработки нефтяных залежей месторождения Узень, величины коэффициента охватов по толщине и площади соответственно равны 0,6 и 0,8, т.е. значение $K_{\text{охв}} = 0,6 \times 0,8 = 0,48$.

Тогда формула (2) имеет вид:

$$q_i = \frac{P_{ki} - P_{ci}}{(\Omega_i + \Omega_{i+1} + \Omega_i)} \times 0,48. \quad (3)$$

Результаты расчетов показали, что средний дебит жидкости одной добывающей скважины до мероприятия находится в пределах 20,7 т/сутки, а фактическая величина этого показателя равна 22,7 т/сутки, т.е. расчетная величина меньше от фактического на 8,8%. Это показывает, что расчетная модель, созданная в виде формулы (3), наиболее реально показывает состояние технологических процессов, происходящих в пластах.

Величина фактического среднего значения дебита одной скважины по жидкости после внедрения ступенчатого заводнения (СЗ) составляет 34,1 т/сутки, что на 1,5 раза больше фактической величины этого показателя до мероприятия (таблица 1).

Таблица 1

Фактические значения дебитов жидкости и нефти, осредненные по всем участкам ступенчатого заводнения месторождения Узень

Кесте 1

Өзен кен орнының сатылы сулануының барлық учаскелері бойынша орташаланған сұйықтық пен мұнай дебиттерінің нақты мәндері

Table 1

Actual values of liquid and oil flow rates, averaged over all sections of step flooding of the Uzen field

№№	Осредненные величины дебитов скважин, т/сутки		Примечание
	нефти	жидкости	
1	16,0	19,1	
2	19,1	24,5	
3	18,6	22,7	
4	14,9	21,1	
5	10,6	22,5	
6	9,5	24,9	
7	10,1	24,7	
8	9,1	22,1	
9	20,4	40,0	Начало внедрения ступенчатого заводнения
10	22,0	45,9	
11	14,4	33,5	
12	12,9	32,2	
13	12,6	35,9	
14	11,2	35,0	
15	7,8	29,0	
16	6,0	25,1	

Это означает, что внедренное мероприятие позволило увеличить коэффициент охвата пласта по объему ($K_{\text{охв}}$) заводнением соответственно в 1,53 раза благодаря возникновению процессов перемены направления фильтрационных потоков, как по площади, так и по толщине участков залежи. Поэтому расчетную величину среднего значения дебита жидкости одной скважины при применении СЗ можно определить по следующему выражению:

$$q_{\text{ЖС+Б}} = \left(q_{\text{ЖС}} + \frac{q_{\text{ЖБ}}}{2} \right) \times K_{\text{охв}}, \quad (4)$$

где $q_{\text{ЖС+Б}}$ – дебит скважины по жидкости при совместной работе блокового и ступенчатого заводнений, т/сутки;

$q_{\text{ЖС}}$ – дебит скважины по жидкости при СЗ, т/сутки;

$q_{\text{ЖБ}}$ – дебит скважины по жидкости при работе блокового заводнения, т/сутки.

Как видно из уравнения (4) дебит скважины по жидкости из-за работы блокового заводнения делится на два, т.е. считается, что при внедрении данного метода общий дебит скважины будет увеличиваться за счет подключения в работу дополнительных пластов с их дебитом, равным половине суточной производительности до применения мероприятия.

Это предположение подтверждается многочисленными фактическими данными, полученными на основании обработки и анализа состояния эксплуатации продуктивных горизонтов месторождения Узень [9]. Тогда, уравнение (4) с учетом формул (1), (2) и (3) в общем виде можно представить в таком виде:

$$q_{\text{ЖС+Б}} = \frac{2\sigma \left[(P_{\text{НС}} - P_{\text{ЗДС}}) + \frac{\Omega_{\text{IC}} + \Omega_{\text{IC}+1} + \Omega_{\text{IC}+2}}{2(\Omega_{\text{IB}} + \Omega_{\text{IB}+1} + \Omega_{\text{IB}+2})} \times (P_{\text{НБ}} - P_{\text{ЗДБ}}) \right] \times K_{\text{охв}}}{S \times (\Omega_{\text{IC}} + \Omega_{\text{IC}+1} + \Omega_{\text{IC}+2})}, \quad (5)$$

где $P_{\text{НС}}$, $P_{\text{НБ}}$ – соответственно забойные давления в нагнетательных скважинах, действующих в ступенчатых и блоковых разрезающих рядах, МПа;

$P_{\text{ЗДС}}$, $P_{\text{ЗДБ}}$ – соответственно забойные давления в действующих добывающих скважинах, расположенных в ступенчатых и блоковых участках, МПа;

Ω_{IC} , $\Omega_{\text{IC}+1}$, Ω_{IB} , $\Omega_{\text{IB}+1}$ – соответственно, внешние фильтрационные сопротивления i и $i+1$ добывающих рядов, расположенных в ступенчатых и блоковых участках, R.E. Terry, J.B. Rogers, «Applied Petroleum Reservoir Engineering», 3rd ed., Pearson Education, $\frac{\text{МПа} \times \text{с}}{\text{м}^2 \times \text{м}}$;

w_{IC} и w_{IB} – соответственно, внутренние фильтрационные сопротивления i -го ряда, расположенного в ступенчатых и блоковых участках;

2σ и S – соответственно расстояние между скважинами и длина добывающего ряда.

Для оценки точности полученной формулы (5) был проведен расчет дебита одной скважины по жидкости в среднем, при вышеприведенных исходных данных, в условиях, когда внедряется дополнительный метод в виде ступенчатого заводнения.

Расчет процесса обводнения проводился по методическому подходу или приему М.М. Саттарова [11], с учетом уточнений некоторых моментов при применении дополнительного метода, а именно, ступенчатого заводнения.

При этом учитываются запасы участков, которые будут использоваться с учетом геологической неоднородности пластов, т.е. прерывистости, расчлененности и тупиковых зон. В связи с этим, на основании результатов анализа состояния эксплуатации величины запасов уменьшены на 30% с учетом вышеуказанных геологических неоднородностей для месторождения Узень [12].

В таблице 2 представлены расчетные и фактические показатели участков залежи месторождения Узень при применении блокового и ступенчатого заводнений.

Как видно из полученных данных, для того, чтобы повысить эффективность данного метода, необходимо в первую очередь снизить влияние степени неоднородности пластов на работу скважин.

Таблица 2

Расчетные и фактические показатели участков залежи месторождения Узень при применении блокового и ступенчатого заводнений

Кесте 2

Блоктық және сатылы су айдаудың қолдану кезіндегі Өзен кен орнының шоғыр учаскелерінің есептік және нақты көрсеткіштер

Table 2

Estimated and actual indicators of the Uzen deposit areas when using block and step flooding

Содержание нефти в составе добываемой жидкости доли ед.	Безразмерное время (τ), доли.ед				
	0,21	0,23	0,24	0,25	0,28
фактическое	0,41	0,42	0,40	0,35	0,20
расчетное	0,40	0,41	0,39	0,33	0,22
отклонение расчетного значения от фактического $\pm\%$	2,40	-2,38	-2,50	-5,70	+10,0

Для этого необходимо и в нагнетательных и в добывающих скважинах вскрывать продуктивные пласты, фильтрационные параметры которых идентичны между собой, а «старые» ранее перфорированные пласты с различными фильтрационными параметрами следует изолировать от процесса дренирования. Во-вторых, надо создать на устьях нагнетательных скважин повышенное давление нагнетания рабочих агентов, в частности воды, для активного подключения в работу отдельных интервалов или пропластков, с целью интенсификации выработки запасов. При увеличении значения P_y нагнетательной скважины увеличивается скорость фильтрации, что приводит к увеличению коэффициента вытеснения, а также соответственно и коэффициента охвата, тем самым увеличивается степень выработки запасов.

В-третьих, необходимо установить оптимальную величину забойного давления в добывающих скважинах с целью создания рабочей депрессии, которая позволяет наиболее полно использовать энергетическую возможность

пластов. В-четвертых, необходимо произвести уплотнение сетки скважин с целью увеличения общего объема добываемой жидкости (нефти) путем перфорации в них только тех пластов, геологические строения и фильтрационные параметры которых в основном совпадают с ранее существующими системами воздействия.

Для дальнейшего повышения эффективности применения рассматриваемого метода необходимо через определенный период времени менять величины режимов работы как добывающих, так и нагнетательных скважин для создания неустановившегося состояния фильтрации жидкости по пластам или пропласткам, которые позволяют интенсивнее подключать к работе невыработанные запасы из малопродуктивных зон и участков. Если будет использовано для поддержания пластового давления нагнетание в пласт горячей воды, то эффективность будет еще выше.

Обсуждение полученных результатов

Получены формулы для определения дебита скважины при применении дополнительного метода заводнения, учитывая условия рассматриваемого месторождения.

В формулах для определения дебитов рядов скважин при блоковом воздействии, предложенных в работе [10], учитывались однородные пласты, природные факторы не были задействованы. Полученные формулы учитывают величина коэффициента охвата по толщине и площади, характерные для месторождения Узень.

Полученные результаты расчета показали, что дебит составил 32,6 т/сутки. При этом фактический дебит составляет 31,7 т/сутки. Как видно из сопоставления обоих данных погрешность составляет +2,8%, т.е. расчетный дебит незначительно отличается от фактического значения рассматриваемого показателя, что свидетельствует о достаточно высокой точности созданной математической модели работы призабойной зоны пласта и скважины (формула 5).

Для оценки достоверности полученных результатов был проведен анализ объема геолого-промысловых материалов и гидродинамических расчетов с целью сопоставления расчетных результатов по предложенной методике и фактических результатов, полученных при промысловых исследованиях.

Сравнение расчетных и фактических результатов свидетельствует о том, что расчетные величины доли нефти от фактических данных меньше в среднем на 10,6%, которые свидетельствуют о достаточно высокой точности разработанного методического приема (таблица 2).

Предложенные в работе математические формулы могут использоваться в расчетах для оценки технологической эффективности методов воздействий, а также при обработке результатов исследований скважин на месторождениях Узень, Жетыбай, Каламкас (Западный Казахстан).

Полученные результаты могут быть применены в соответствующих отделах и департаментах отраслевых научно-исследовательских и проектных институтов в качестве методических рекомендаций при анализе и проектировании разработки нефтяных месторождений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шунде Инь. Многофазное поропружное моделирование в полупространстве для деформируемых коллекторов. / Шунде Инь, М.Б. Дюссо, Лео Ротенбург. // Журнал нефтяной науки и техники. 2009. №64. С. 45-54 (на английском языке)
2. Дюссо М.Б. Взаимосвязь геомеханики и транспорта в нефтяной инженерии. // Основной доклад, в сборнике. Международная конференция «SHIMS Конференция по геомеханике», Перт, Австралия, 2008, Т. 2. – С. 21 (на английском языке)
3. Дюссо М.Б. Сейсмический мониторинг и геомеханическое моделирование. / М.Б. Дюссо, С. Инь, Л. Ротенбург, Х.Х. Хан. // Передовой край. 2007. Июнь. С. 610-620 (на английском языке)
4. Ротенбург Л., Карвалью-младший А.Л.П., Дассо М.Б. Работа горной группы над тахигидритом на калийном руднике Такари-Вассукас. // Материалы 6-й конференции по «Механическому поведению соли», Ганновер: 2007. – С. 9 (на английском языке)
5. Циркуляция ветров как палеогеографический индикатор: тематическое исследование формации Мангабейра возрастом 1,5-1,6 млрд лет. Кратон Сан-Франциско, северо-восток Бразилии, Докембрийские исследования. / М.Б. Баллико, К.М. Шерер, Н.П. Маунтни, Э.Г. Соуза, Ф. Чемале, С.А. Писаревский, А.Д. Рейс. 2017, 1-15 с. (на английском языке)
6. Бесли Б. Седиментологические и коллекторно-геологические исследования коллекторов Сурунского месторождения. // Наука. 2010 (на английском языке)
7. Айтқұлов А.У. Эффективность технологий разработки: Германия, Академическое издательство ЛЭПА ЛАМБЕРТА, 2015, С. 256 (на русском языке)
8. Терри Р.Э., Роджерс Дж.Б. Прикладная разработка нефтяных резервуаров. 3-е изд., Образование Пирсона, 2013, С. 387-392 (на английском языке)
9. Бисембаева К.Т. Совершенствование методов воздействия на нефтяные залежи многопластового месторождения: Ақтау, Полиграф, 2015, С. 103 (на русском языке)
10. Айтқұлов А.У. Повышение эффективности процесса регулирования разработки нефтяных месторождений: М.: ОАО ВНИИОЭНГ, 2000, С. 227 (на русском языке)
11. Саттаров М.М. Метод расчета темпов обводнения залежи в условиях водонапорного режима. Труды УфНИИ: Уфа: Баштехиздат, 1961, Вып. VII, С. 189-199 (на русском языке)
12. Месторождение Узень. Проблемы и решения. / Б.Т. Муллаев, А.Ж. Абитова, О.Б. Саенко, Б.Ж. Туркменбаева. Алматы, 2016, 424 с. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шунде Инь. Деформацияланатын резервуарлар үшін жартылай кеңістіктегі көп фазалы порозластикалық модельдеу. / Шунде Инь, М.Б. Дюссо, Лео Ротенбург. // Мұнай ғылымы және инжиниринг журналы. 2009. №64. Б.45-54 (ағылшын тілінде)
2. Дюссо М.Б. Мұнай инженериясындағы геомеханика мен көліктің байланысы. // Негізгі баяндама, жинақта. «SHIMS Геомеханика халықаралық конференциясы», Перт, Австралия, 2008, Т. 2, Б. 21 (ағылшын тілінде)
3. Дюссо М.Б. Сейсмикалық бақылау және геомеханикалық модельдеу. / М.Б. Дюссо, С. Инь, Л. Ротенбург, Х.Х. Хан. // Жетекші жиек. 2007. Маусым. Б. 610-620 (ағылшын тілінде)
4. Ротенбург Л., Карвалью-кіші А.Л.П., Дассо М.Б. такари-вассукас калий кенішіндегі тахигидрит бойынша тау-кен тобының жұмысы. // «Тұздың механикалық әрекеті» бойынша 6-шы конференция материалдары, Ганновер: 2007 – Б. 9 (ағылшын тілінде)
5. Палеогеографиялық көрсеткіш ретінде жел айналымы: 1,5-1,6 миллиард жылдық Мангабейра формациясының жағдайлық зерттеуі. Сан-Франциско кратоны, Бразилияның солтүстік-шығысы, Кембрий алдындағы зерттеулер. / М.Б. Баллико, К.М. Шерер, Н.П. Маунтни, Э.Г. Соуза, Ф. Хемале, С.А. Писаревский, А.Д. Рейс. 2017, 1-15 б. (ағылшын тілінде)
6. Бесли Б. Суран кен орнының коллекторларын Седиментологиялық және коллекторлық-геологиялық зерттеу. // Ғылым. 2010 (ағылшын тілінде)
7. Айтқұлов А.У. Әзірлеу технологияларының тиімділігі: Германия, Лап Ламберт академиялық баспасы, 2015, Б. 256 (орыс тілінде)
8. Терри Р.Э., Роджерс Дж.Б. Мұнай цистерналарын қолданбалы дамыту. 3-ші басылым., Пирсонның Білімі, 2013, Б. 387-392 (ағылшын тілінде)
9. Бисембаева К.Т. Көп қабатты кен орнының мұнай кен орындарына әсер ету әдістерін жетілдіру: Ақтау, Полиграф, 201, Б. 103 (орыс тілінде)
10. Айтқұлов А.У. Мұнай кен орындарын игеруді реттеу процесінің тиімділігін арттыру: М.: ААҚ ВНИИОЭНГ, 2000, Б. 227 (орыс тілінде)
11. Саттаров М.М. Су қысымы жағдайында шөгінділерді суландыру қарқынын есептеу әдісі. Уфа ғылыми-зерттеу институты еңбектері: Уфа: Баштехиздат, 1961, Шығ. VII, Б. 189-199 (орыс тілінде)
12. Өзен кен орны. Мәселелері мен шешімдері. / Б.Т. Муллаев, А.Ж. Абитова, О.Б. Саенко, Б.Ж. Түрікменбаева. Алматы, 2016, 424 б. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Shunde Yin. Multiphase poroelastic modeling in semi-space for deformable reservoirs. / Shunde Yin, M.B. Dusseault, Leo Rothenburg. // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2009. №64. P. 45-54 (in English)
2. Dusseault M.B. Coupling geomechanics and transport in petroleum engineering. // *Keynote paper, In Proc. SHIMS Int. Conf. on Geomechanics. Perth, Australia, 2008, Vol. 2, – P. 21 (in English)*
3. Dusseault M.B. Seismic monitoring and geomechanics simulation. / M.B. Dusseault, S. Yin, L. Rothenburg, H.X. Han. // *The Leading Edge*. 2007. June. P. 610-620 (in English)
4. Rothenburg L., Carvolho Jr. A.L.P., Dusseault M.B. Performance of a mining panel over tachyhydrite in Taquari-Vassouras potash mine. // *Proc. 6th Conf Mech Behavior of Salt, Hannover: 2007. – P. 9 (in English)*
5. Wind-pattern circulation as a palaeogeographic indicator: Case study of the 1.5-1.6 billion years. Mangabeira Formation, São Francisco Craton, Northeast Brazil, Precambrian Research. / Bállico M.B, Scherer C.M.S., Mountney N.P., Souza E.G., Chemale F., Pisarevsky S.A., Reis A.D. 2017, 1-15 p. (in English)
6. Besly B. Sedimentology and reservoir geology studies of reservoirs in the Surunskoye Field. // *Science Ltd*. 2010 (in English)
7. Ajtkulov A.U. E'ffektivnost' texnologij razrabotki: Germaniya, Akademicheskoe izdatel'stvo LEPA LAMBERTA, 2015, S. 256 [Ajtkulov A.U. Efficiency of development technologies: Germany, The academic publishing house of LAP LAMBERT, 2015, P. 256] (in Russian)
8. Terri R.E., Rodzhers Dzh.B. Prikladnaya razrabotka neftnyanых rezervuarov. 3-e izd., Obrazovanie Pirsona, 2013, S. 387-392 [Terry R.E., Rogers J.B. Applied petroleum reservoir engineering. 3rd ed., Pearson Education, Inc., 2013, P. 387-392] (in Russian)
9. Bisembayeva K.T. Sovershenstvovanie metodov vozdejstviya na neftnyanye zalezhi mnogoplastovogo mestorozhdeniya: Aktau, Poligraf, 2015, S. 103 [Bisembayeva K.T. Improvement of methods of influence on oil deposits of a multi-layer field: Aktau, Polygraph, 2015, P. 103] (in Russian)
10. Ajtkulov A.U. Povyshenie e'ffektivnosti processa regulirovaniya razrabotki neftnyanых mestorozhdenij: M.: OAO VNIIOE'NG, 2000. S. 227 [Ajtkulov A.U. Improving the efficiency of the process of regulating the development of oil fields: M.: JSC VNIIOENG, 2000. P. 227] (in Russian)
11. Sattarov M.M. Metod rascheta tempov obvodneniya zalezhi v usloviyax vodonapornogo rezhima. Trudy UfNII: Ufa: Bashtexizdat, 1961. Vypusk VII, S.189-199 [Sattarov M.M. Method for calculating the rate of reservoir watering under water pressure conditions. Proceedings of UfNII: Ufa: Bashtehizdat, 1961, Vol. VII, P. 189-199] (in Russian)
12. Mestorozhdenie Uzen': Problemy i resheniya. / B.T. Mullaev, A.Zh. Abitova, O.B. Saenko, B.Zh. Turkmenbaeva. Almaty, 2016, 424 s. [Uzen deposit. Problems and solutions. / B.T. Mullaev, A.Zh. Abitova, O.B. Saenko, B.Zh. Turkmenbaeva. Almaty, 2016, 424 p.] (in Russian)

Сведения об авторах:

Бисембаева К.Т., к.т.н., и.о. асоц. профессора кафедры «Нефтехимический инжиниринг» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), karlygasha_bissemb74@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8213-7128>

Сабырбаева Г.С., к.т.н., и.о. асоц. профессора кафедры «Нефтехимический инжиниринг» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), gulzhans-a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0106-5431>

Хадиева А.С., Phd докторант кафедры «Нефтехимический инжиниринг» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), hadieva_albina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1123-0445>

Бекбаулиева А.А., к.т.н., и.о. асоц. профессора кафедры «Нефтехимический инжиниринг» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), bekbaulieva_aliya@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8308-2088>

Авторлар туралы мәліметтер:

Бисембаева К.Т., т.ғ.к., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, «Мұнайхимиялық инжиниринг» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а. (Актау қ., Қазақстан)

Сабырбаева Г.С., т.ғ.к., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, «Мұнайхимиялық инжиниринг» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а. (Актау қ., Қазақстан)

Хадиева А.С., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, «Мұнайхимиялық инжиниринг» кафедрасының phd докторанты (Актау қ., Қазақстан)

Бекбаулиева А.А., т.ғ.к., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, «Мұнайхимиялық инжиниринг» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а. (Актау қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Bisembayeva K.T., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenova (Aktau, Kazakhstan)

Sabyrbayeva G.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenova (Aktau, Kazakhstan)

Khadiyeva A.S., Phd Doctoral Student of the Department of Petrochemical Engineering of the Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenova (Aktau, Kazakhstan)

Bekbauliyeva A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenova (Aktau, Kazakhstan)



**4-7 июня 2024
Новокузнецк**

XXXII Международная специализированная
выставка технологий горных разработок

УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

XIV Международная специализированная выставка

ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

IX Международная специализированная выставка

НЕДРА РОССИИ

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: 8 (800) 500-40-42



www.ugolmining.ru

12+

РАКИШЕВУ БАЯНУ РАКИШЕВИЧУ 90 ЛЕТ

15 марта 2024 года исполняется 90 лет со дня рождения академику Национальной академии наук РК, почетному ректору КазННТУ имени К.И. Сатпаева, доктору технических наук, профессору Ракишеву Баяну Ракишевичу. Б.Р. Ракишев родился в селе Карасаз Шетского района Карагандинской области. После окончания с отличием Казахского горно-металлургического института с 1957 по 1965 гг. он работал на Коунрадском руднике Балхашского горно-металлургического комбината, где прошел путь от техника-аналитика до начальника карьера, без отрыва от производства защитил кандидатскую диссертацию (1964 г.).

В 1965 г. Б.Р. Ракишев был приглашен на работу в Казахский политехнический институт, где он работал доцентом, профессором, заведующим кафедрой теоретической механики (1965-1987 гг.), заведующим кафедрой открытых горных работ (1988-2016 гг.), научным руководителем проблемной лаборатории новых физических методов разрушения горных пород и отраслевой лаборатории технологии буровзрывных работ (1980-1993 гг.), деканом факультета Автоматики и вычислительной техники (1967-1974 гг.), проректором (1980-1985 гг.), ректором (1985-1992 гг.). С 2016 года по настоящее время он профессор кафедры «Горное дело».

Б.Р. Ракишев является известным специалистом в области горного дела, организатором высшей школы, ученым, популяризатором науки. На посту ректора он много энергии и сил направил на дальнейшее развитие вуза, расширение его материально-технической базы, укрепление связи с производством и наукой. КазПТИ им. В.И. Ленина стал одним из ведущих среди высших учебных заведений СССР.

Основные направления научных исследований Баяна Ракишевича – выявление и использование новых закономерностей развития физических и технологических процессов при воздействии на объект различных источников энергии, рациональная разработка полезных ископаемых, комплексное использование минерального сырья, цифровизация в горном деле. Им создана струйная теория разрушения реального массива горных пород действием взрыва цилиндрического заряда ВВ, различных физических полей; сформулированы стратегические задачи рационального освоения недр и комплексного использования полезных ископаемых, обоснованы системы их обеспечения, разработаны горно-геологические, геометрические модели сложноструктурных блоков месторождений, математические модели минерального сырья на различных этапах его переработки, позволяющие управлять уровнем извлечения как основных, так и сопутствующих полезных компонентов в концентрат, в металл, что чрезвычайно важно в условиях систематического снижения содержания профильных металлов в руде и увеличения спроса на редкие металлы в связи с развитием высоких технологий.

Научными работами, выполненными на высоком теоретическом уровне и оригинальными практическими разработками, получившими признание горной общественно-



сти, академик Б.Р. Ракишев внес большой вклад в горную науку и промышленность, создал научную школу в области эффективного разрушения массивов пород и разработки полезных ископаемых в режиме их рационального использования, он подготовил 9 докторов, 30 кандидатов технических наук, 9 докторов PhD, сотни магистров и инженеров. Б.Р. Ракишев является крупным методистом. Он длительное время был членом научно-методического совета по высшему горному образованию при Московском горном институте, автором многих учебников. Он добился открытия ряда новых перспективных специальностей в КазПТИ, оснащения современным оборудованием лабораторий и учебных полигонов.

Академик НАН РК Б.Р. Ракишев является автором около 800 научных и учебно-методических работ, в том числе 15 монографий, 6 аналитических обзоров, 14 учебников и учебных пособий, 50 авторских свидетельств и патентов на изобретения, более 100 статей опубликовано в изданиях в базе данных Scopus, Web of Science.

Б. Ракишев избран действительным членом Национальной академии наук Республики Казахстан (2003 г.), академиком Международной Академии наук и искусств (1998 г.), академии горных наук РФ (1998 г.), НАН Высшей школы РК (2002 г.), НА горных наук РК (2016 г.), почетным доктором Московского государственного горного университета (2013 г.), Национального горного университета Украины (2013 г.), Фрайбергской горной академии (ФРГ) (2019 г.), почетным профессором ряда вузов РК.

За заслуги в области научной, педагогической и организационной деятельности Б.Р. Ракишев награжден орденами «Парасат» (2013 г.) и Трудового Красного

Знамени (1986 г.), Почетной грамотой Верховного Совета Казахской ССР (1984 г.), шестью медалями СССР и РК, знаком «Отличник высшего образования СССР», удостоен почетного звания «Қазақстанның еңбек сіңірген қайраткері», лауреата Республиканской премии им. К.И. Сатпаева, обладатель государственной научной стипендии «За выдающийся вклад в развитие науки и техники», государственного гранта «Лучший преподаватель вуза» (2006 г., 2010 г.), ордена им. М.В. Ломоносова Международной Академии Наук экологии и безопасности жизнедеятельности (2011 г.), серебряной, золотой медалей и ордена им. А. Байтұрсынова Ассоциации ВУЗов РК и др.

Б.Р. Ракишев был делегатом I съезда работников высшей школы и научных учреждений СССР (1956 г.), депутатом Алма-Атинского городского Совета народных депутатов (1987-1990 гг.). Избирался делегатом XVI (1986 г.) и XVII (1990 г.) съездов Компартии Казахстана.

Он регулярно выступает с научными докладами на Международных симпозиумах и конференциях по горно-

му делу в странах дальнего (США, ФРГ, Турция, Индия, Канада, КНР, Иран, Чехия, Болгария, Бразилия) и ближнего зарубежья.

Баян Ракишев и сейчас ведет активную научно-исследовательскую, научно-организационную работу, являясь научным руководителем проектов Министерства науки и высшего образования РК, председателем диссертационного совета по защите докторских диссертаций, руководителем докторантов PhD, вице-президентом ОО «Союз ученых Казахстана», почетным президентом Горнопромышленного союза Казахстана, членом редколлегии журналов Казахстана, России, Украины, Узбекистана.

Поздравляя Баяна Ракишевича с юбилеем, желаем ему здоровья, благополучия, дальнейших творческих успехов, свершения задуманного в развитии науки, подготовки специалистов профиля.

Редакционная коллегия Горного журнала Казахстана, НПП «Интеррин», институт горного дела им. Д.А. Кунаева, КазННТУ им. К.И. Сатпаева.

**12–15 марта
2024
Екатеринбург**

металлургмаш. литмаш. металлоконструкции

**выставка технологий и оборудования
для металлургии, литейной промышленности
и готовой металлопродукции**

**(342) 264-64-24
bav@expoperm.ru**

metalmash.proexpo.ru



ПУНЕНКОВУ СЕРГЕЮ ЕВГЕНЬЕВИЧУ 50 ЛЕТ

6 февраля 2024 года исполнилось 50 лет со дня рождения кандидату технических наук, заведующему базовой кафедрой обогащения полезных ископаемых горно-механического факультета Уральского государственного горного университета, главному технологу управления ПАО «Ураласбест», главному технологу управления АО «Костанайские минералы» Пуненкову Сергею Евгеньевичу.

С.Е. Пуненков родился в городе Житикара (бывш. назв. Джетыгара) Костанайской области Республики Казахстан. После успешного окончания Рудненского индустриального института с 1996 по 2011 гг. он работал на Джетыгаринском асбестовом горно-обогатительном комбинате (Республика Казахстан), впоследствии переименование на АО «Костанайские минералы», где прошел путь от машиниста оборудования, дробильщика и регулировщика (технолога смены), старшего мастера технологической смены, начальника участка, службы до начальника отдела научно-исследовательских работ, внедрения новой техники и технологии, главного технолога и директора по качеству управления комбината, без отрыва от производства защитил кандидатскую диссертацию (2010 г.).

С 2006 по 2010 гг. работал старшим преподавателем на кафедре обогащения полезных ископаемых РГКП Рудненского Индустриального Университета (г. Рудный, Костанайская обл., Республика Казахстан).

В 2011 г. С.Е. Пуненков был приглашен на работу на асбестовый горно-обогатительный комбинат ПАО «Ураласбест», где он работал главным обогатителем управления комбината, был куратором строительства и запуска завода ТИМ, помощником заместителя директора по асбесту и нерудным строительным материалам по производству теплоизоляционных материалов. С 2012 года по настоящее время работает главным технологом комбината и заведующим базовой кафедрой «Обогащения полезных ископаемых» горно-механического факультета Уральского государственного горного университета (г. Екатеринбург, Российская Федерация).

С.Е. Пуненков является отличным специалистом в области горного и обогатительного дела в хризотилевой отрасли, ученым, популяризатором внедрения науки в производство.

Вся трудовая деятельность Сергея Евгеньевича связана с горнодобывающей и обогатительной промышленностью, подготовкой в высших учебных заведениях инженеров для отрасли. Общий стаж работы в хризотил-асбестовой отрасли около 30 лет.

Работая в АО «Костанайские минералы», он был одним из инициаторов и создателей впервые в асбестовой отрасли системы рудоподготовки, которая коренным образом меняла все привычные стереотипы организации и контроля подготовки хризотил-асбестовых руд к обогащению. Благодаря его научному, производственному и организаторскому подходу была создана на АО «Костанайские минералы» впервые в истории предприятия служба, а затем и цех рудоподготовки, который включал в себя карьерный и обогатительный передел, а также были организованы



для лучшего усреднения хризотил-асбестовых руд фронтальные склады в карьере, реализован автоматический пробоотбор и определение с минимальной погрешностью содержания хризотил-асбестового волокна и его фракционного состава перед самым обогащением. Он разработал паспорта на дробильно-сортировочное и обогатительное оборудование, производственные карты процесса, технологические карты по цеху рудоподготовки и усреднению хризотилитовых руд в карьере и на обогатительном переделе. Был одним из участников изменения технологической схемы обогатительного комплекса, разработки технологической карты цеха обогащения, организатором улучшения процесса производства и условий труда работающих. При его активном участии была разработана, внедрена и реализована автоматизированная система мониторинга «Рудопоток» на предприятии АО «Костанайские минералы». Пуненков С.Е. является разработчиком с ИГД им. Кунаева Д.А. методики оперативного мониторинга и управления рудопотоков на хризотил-асбестовых карьерах и обогатительном комплексе, которая была успешно опробована на АО «Костанайские минералы».

Результатом этой работы стало не только успешно защищенная Пуненковым С.Е. диссертация, но и стабильная и успешная работа всего предприятия. Благодаря хорошей организации и разработанным новым инновационным подходам и методикам усреднения хризотил-асбестовых руд на карьерном и обогатительном переделах, достигнуты следующие результаты: была уменьшена себестоимость, снижены потери и затраты производства хризотил-асбеста, увеличен без дополнительного привлечения материальных и финансовых затрат годовой выпуск товарного хризотил-асбеста на 20 тыс. тонн, в основном был обеспечен прирост востребованной на международном рынке пятой группы хризотила (марки А 5-65). Экономический эффект составил 748 млн. тенге в год.

Являясь главным технологом предприятия, Сергей Евгеньевич решал задачи повышения качества житикаринского хризотил-асбеста и снижения потерь хризотилового волокна в отходы.

Результатом его деятельности и специалистов АО «Костанайские минералы» увеличилось содержание фракции

+ 1,18 мм и снижена фракция - 0,075 мм хризотилового волокна в готовой продукции, снижен общий расход волокна на тонну продукции.

С целью улучшения ресурсосбережения хризотил-асбеста, работая в АО «Костанайские минералы» Пуненков С.Е. уделял большое внимание увеличению: использования хризотилового волокна 4-го сита контрольного аппарата, распушки хризотилового волокна, коэффициента вскрытия и прироста хризотил-асбеста.

Основные направления научных исследований Сергея Пуненкова – управление качеством рудопотоков на горно-обогатительных хризотил-асбестовых предприятиях отрасли, разработка методического обеспечения автоматизированного оперативного управления процессом рудоподготовки при освоении асбестовых месторождений открытым способом, комплексная переработка асбестосодержащих руд, ресурсосбережение, изучение свойств хризотил-асбеста и хризотилцемента, производство теплоизоляционных и композитных материалов, использование природного газа для печей ваграночного типа с целью повышения экономической и технологической эффективности процессов плавки, влияния кинетики окисления кокса на эксплуатационные характеристики минеральной ваты, цифровизация в горном деле.

Сергей Евгеньевич занимается многие годы наукой и внедрением научно-технического прогресса в производ-

ство, подготовкой профессиональных инженерных кадров для отрасли.

Кандидат технических наук С.Е. Пуненков является автором научных и учебно-методических работ, около 40 статей опубликовано в изданиях России, Казахстана, Беларуси, Киргизии, Украины, Турции, Бразилии в базе данных Scopus, Web of Science, РИНЦ, ВАК, КОКСОН МОН.

Он регулярно выступает с научными докладами на Международных симпозиумах и конференциях по горно-обогатительному делу в странах дальнего (Турция, КНР, Бразилия) и ближнего зарубежья.

Сергей Пуненков и сейчас ведет активную общественную, производственную, научно-исследовательскую, научно-организационную работу.

Поздравляя Сергея Пуненкова с юбилеем, желаем ему здоровья, благополучия, счастья, неиссякаемой энергии, дальнейших творческих успехов, стремиться к большим достижениям, открытиям, свершения задуманного в развитии науки и производства, подготовки специалистов профилля.

Руководство ПАО «Ураласбест», редакционная коллегия Горного журнала Казахстана, НПП «Интеррин», институт горного дела им. Д.А. Кунаева, КазННТУ им. К.И. Сатпаева, коллеги АО «Костанайские минералы», ОАО «Оренбургские минералы», ОО МАИИ.



МашЭкспо Сибирь

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

26 – 29 МАРТА 2024

70

Более 100 производителей и поставщиков оборудования и материалов для металлообработки и сварки



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



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

РЕКЛАМА 18+

ОТРАСЛЕВОЕ СОБЫТИЕ СИБИРИ!

ОРГАНИЗАТОР: ООО «СВК»

СИБИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

НОВОСИБИРСК
ЭКСПО ЦЕНТР



MASHEXPO-SIBERIA.RU

KIOSH

12-я Казахстанская Международная Конференция и Выставка
ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

29-31 мая 2024

Астана, Казахстан



ОРГАНИЗАТОРЫ

тел.: +7 727 258 34 34;
Выставка: anna.sivolapova@iteca.events
Конференция: olga.remorenko@iteca.events

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАРТНЕР



Министерство труда и социальной защиты населения
Республики Казахстан

VALVE SOLUTIONS FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY



珍钢（上海）阀业贸易有限公司
VALTEK (SHANGHAI) IND. CO., LTD.



✉ valtek@val-tek.com.cn

🌐 www.val-tek.com.cn

☎ +86-21-6469-5232

📠 +86-21-6481-2319



СПТО КРАНЫ



**3-5 апреля
2024 г.**

**ЦВК ЭКСПОЦЕНТР,
павильон № 8**

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СПТО КРАНЫ

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ЭКСПО ДИЗАЙН
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ

MinTech-2024

МЕЖДУНАРОДНАЯ

ВЫСТАВКА

ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

КАЗАХСТАН
www.kazexpo.kz



22-24 мая

г. Усть-Каменогорск

28-30 мая

г. Павлодар

**БИЗНЕС-ТУРЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ПРЕДПРИЯТИЯ ВКО И ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ**



ОРГАНИЗАТОРЫ:



тел: +7 (727) 250-75-19, 313-76-28,
моб: +7 707 456-53-07
e-mail: kazexpo@kazexpo.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, метаданные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

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

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

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

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

4. Условия приобретения журналов авторами.

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