

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

Издается с января 2003 г.

Приказом №1082 от 10.07.2012 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

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

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

**Адрес редакции:**  
050026, г. Алматы,  
ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,  
тел.: +7 (747) 440-46-35  
+7 (747) 343-15-02  
**[minmag.kz](http://minmag.kz)**

#### Представители журнала:

**Центрально-Казахстанский регион –**  
**ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН**  
[vladfdemin@mail.ru](mailto:vladfdemin@mail.ru)

**Российская Федерация, Москва –**  
**ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ**  
[shvetsirina@yandex.ru](mailto:shvetsirina@yandex.ru)

**Российская Федерация, Сибирский регион –**  
**ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК**  
[shaposhnikyury@mail.ru](mailto: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 **28.02.2022 г.**

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

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



**INTERRIN**

#### Главный редактор

**М.Ж. БИТИМБАЕВ**, [mbitimbaev@mail.ru](mailto:mbitimbaev@mail.ru)

#### Заместитель гл. редактора

**Л.А. КРУПНИК**, [leonkr38@mail.ru](mailto:leonkr38@mail.ru)

#### Заместитель гл. редактора

**Х.А. ЮСУПОВ**, [yusupov\\_kh@mail.ru](mailto:yusupov_kh@mail.ru)

#### Ответственный редактор

**Ю.А. БОЧАРОВА**, [Yuliya.Bocharova@interrin.kz](mailto:Yuliya.Bocharova@interrin.kz)

#### Специалист по связям с общественностью

**Т.С. ДОЛИНА**, [Tatyana.Dolina@interrin.kz](mailto: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

**Ж.Д. Байгурин**, д-р техн. наук, профессор

**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

**А.И. Едильбаев**, д-р техн. наук

**А.А. Зейнуллин**, д-р техн. наук, профессор

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

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

**В.А. Луганов**, д-р техн. наук, профессор

**Д.Г. Масыгин**

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

**В.С. Музгина**, д-р техн. наук

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

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

**Е.Н. Ольшанский**, член-корреспондент МАИН

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

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

**П.Г. Тамбиев**, канд. техн. наук

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


**Р.Р. Ходжаев**, д-р техн. наук

**П.А. Цеховой**

**Т.А. Чепуштанова**, PhD

® – статья на правах рекламы

ⓘ – информационное сообщение

 – статья публикуется в авторской редакции

- 3** Колонка главного редактора
- 4** *Масюк С.В., Новохацкий И.Е.*  
Новокаматорские шахтные подъемные машины – компетентность, надежность, качество ®
- 8** Устойчивое развитие, декарбонизация и промышленная трансформация горной отрасли Казахстана ⓘ  
Развитие горнопромышленного комплекса
- 11** *Пуненков С.Е., Козлов Ю.С.*  
Хризотил-асбест и ресурсосбережение в хризотил-асбестовой отрасли (продолжение)  
Минерально-сырьевые ресурсы
- 19** *Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Жүніс Г.М., Халикова Э.Р.*  
Обоснование выбора перспективного пласта для реализации проекта по добычи метана угольных пластов  
Переработка полезных ископаемых
- 25** *Mukhametkhan Ye., Mukhametkhan M., Zhabalova G.G., Shevko V.M.*  
The influence of temperature on the change of the Gibbs free energy in the thermodynamic interaction of iron phosphate with hydrogen and carbon monoxide
- Обогащение полезных ископаемых
- 33** *Арипов А.Р., Ахтамов Ф.Э., Саидахмедов А.А., Вохидов Б.Р.*  
Разработка технологии обогащения вермикулитовых руд Караузякского месторождения  
Карьерный транспорт
- 41** *Хайитов О.Г., Саидова Л.Ш.*  
Методика энергетического мониторинга транспортных систем глубокого карьера
- 50** Требования к оформлению статей

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

*Дорогие читатели!*

*Уважаемые коллеги!*

Начался 2022 год, один месяц которого мы вместе прожили в новой обстановке внутри нашей страны, которая оживила в нас ожидания необходимых и назревших перемен. Они коренным образом затрагивают все стороны нашей жизни, начиная, как мне кажется, с экономической, которая, в конечном счете, исходит из справедливого распределения жизненных благ, создаваемых государством трудом своего народа.

Далее, конечно, мы приходим к необходимости программного обеспечения возможности распределения и достойной зарплаты, и расширенного воспроизводства, и развития в будущем новых и качественных, востребованных на внутреннем и внешнем рынке продуктов. Понятие, что поступательное и рентабельное развитие экономики требует и модернизации существующих мощностей, и строительства новых, и создания инфраструктуры, в том числе в первую очередь обеспечения населения не только зарплатой, но и медицинским обслуживанием, и образованием, и питанием, чистой водой, дорогами и транспортом, канализацией, газоснабжением и связью, включая Интернет.

В приведенном перечне обязательных услуг нет ничего невыполнимого с точки зрения достаточности финансовых ресурсов. Остается безошибочно планировать, организовать грамотное и своевременное исполнение, и на корню раз и навсегда ликвидировать коррупцию во всех сферах жизни и по всей вертикали власти, создать верховенство Закона.

Именно «создать», потому что абсолютное большинство действующих Законов соответствуют нормам справедливости (так переводится слово «юстиция» на русский язык), но на деле их исполнение подводится во многих и значимых как в личностном, так и в общегосударственном масштабах под порой преступные замыслы и действия части населения.

Судя по заявлениям Президента нашей страны К.-Ж.К. Токаева и его решительным действиям, мы находимся на марше по пути создания такого государства, о котором мы мечтали.

Но мы все должны помнить о том, что реализация любых планов зависит от исполнителей. Делая ударение на этом непреложном факте, хочу сказать, что мы должны не только требовать от властей государственных и руководителей частного сектора, куда относится и горнометаллургическая отрасль из исполнительской обязательности, контролируя постоянно их действия. Мы обязаны и сами трудиться, неукоснительно исполняя свои обязанности, соблюдая Законы, дисциплину и порядок. Мы должны все двигаться вместе и в одну сторону, помогая друг другу и словом, и делом.

В нашей отрасли есть (и их много) специфические, непохожие на заботы других отраслей экономики проблемы, поэтому хотелось бы выразить желание и просьбу посвятить страницы нашего журнала их освещению и решению.

*У нашей Родины есть все возможности, не догоняя и не перегоняя никого, создать процветающее государство для своего народа! Давайте используем наш шанс!*

## НОВОКРАМАТОРСКИЕ ШАХТНЫЕ ПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ – КОМПЕТЕНТНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, КАЧЕСТВО



**С.В. Масюк,**  
заместитель главного конструктора производства горнорудного и кузнечно-прессового оборудования  
**И.Е. Новохацкий,**  
ведущий конструктор производства горнорудного и кузнечно-прессового оборудования

*Последние годы рынок Республики Казахстан устойчиво развивается, при этом спрос на шахтные подъемные машины высокого качества у горняков имеется постоянный.*

*Новокраматорский машиностроительный завод (г. Краматорск, Украина) продолжает оставаться стабильным поставщиком качественного оборудования для горно-обогатительного комплекса и шахт Казахстана. Только за последние три года новокраматорцы изготовили и отгрузили казахстанским горнякам три шахтные подъемные машины (ШПМ): МК-4×4РП для ТОО «Корпорация «Казахмыс», 2Ц-5×2,5-ТД для ТОО «Nova Цинк» и ЦШ-5×8 для Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения. Еще одна ШПМ 2Ц-6,4×2,4-ТД для АО «ТНК «Казхром» сегодня находится на этапе приемо-сдаточных испытаний.*

Горняки Казахстана высоко оценивают сотрудничество со специалистами ЧАО «НКМЗ» и всегда положительно отзываются о качестве новокраматорского оборудования.

ШПМ является главным конструктивным элементом подъемной установки и одним из наиболее ответственных механизмов в оборудовании рудных и угольных шахт горнодобывающей промышленности.

Качество работы подъемной установки в значительной степени определяет производительность шахты, так как через установку проходит весь поток полезных ископаемых и породы. Ствол шахты – это наиболее дорогая часть данного сооружения, поэтому создавать резервные подъемные установки в параллельных стволах просто нецелесообразно. Вынужденный останов машины фактически прекращает всю добычу, неся за собой огромные убытки.

Понятно, что основные требования, предъявляемые заказчиками к шахтной подъемной установке – это высокая производительность, надежность в работе, долговечность и простота обслуживания. Кроме того, установка должна быть экономичной как в период эксплуатации, так и по капитальным затратам. Эти требования определяют технический уровень подъемных машин и качество их изготовления.

Основной задачей производства шахтных подъемных машин на Новокраматорском машиностроительном заводе сегодня и на ближайшую перспективу остается создание под индивидуальные заявки заказчиков качественных и высокопроизводительных машин, которые позволяют поднимать полезные ископаемые с больших глубин и безопасно перемещать рабочий персонал, а также обеспечивать процессы строительства и обслуживания шахтных стволов.

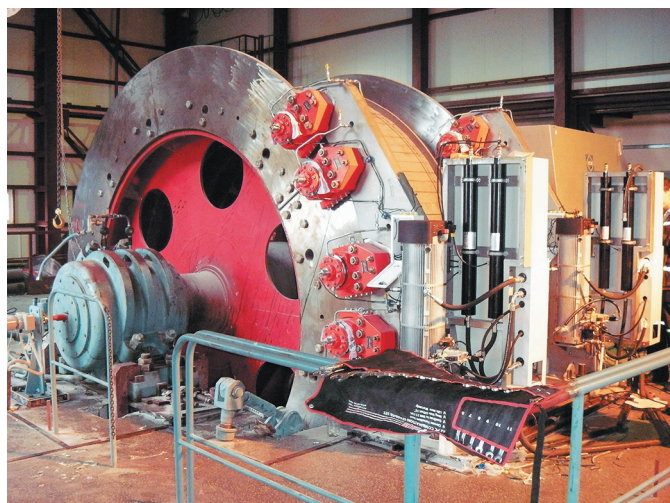
При этом главными остаются три направления развития. Первое – модернизация и совершенствование

традиционных конструкций ШПМ. Второе – разработка ШПМ малых типоразмеров, с диаметром до 4 м, проходческих машин и лебедок, всех видов копровых шкивов и другого подъемного оборудования. И третье направление – это разработка конструкций ШПМ с особыми требованиями, которые все чаще предъявляются в тендерах.

Искушенный заказчик все чаще требует обеспечить разборные конструкции барабанов с толстостенными обечайками (без применения ребер жесткости), съемные навивочные поверхности барабанов, конструкции главного вала с возможностью быстрого демонтажа подшипниковых узлов и соединительной муфты. В итоге, имея длительный опыт применения оборудования различных производителей, горняки сегодня настаивают на создании шахтных проходческих машин, включающих все их положительные аспекты.

НКМЗ обладает уникальным многолетним опытом проектирования и изготовления ШПМ различных типов и типоразмеров. Их надежность подтверждена





десятилетиями успешной эксплуатации у различных заказчиков. По состоянию на начало 2022 года НКМЗ изготовил 2214 шахтных подъемных машин. Заказчики отмечают простоту конструкции и надежность работы расцепного устройства в машинах производства НКМЗ, которое расположено на главном валу и управляется путем подачи сжатого воздуха от компрессора или централизованной шахтной цепи, или от гидростанции. Зубчатые механизмы устройства рассчитаны на весь срок службы ШПМ и не требуют замены в период эксплуатации.

В прошлом году дивизион горнорудного и кузнечно-прессового оборудования ЧАО «НКМЗ» спроектировал и изготовил две современные ШПМ для горняков Республики Казахстан.

**Первая – многоканатная шахтная подъемная машина ШПМ ЦШ-5×8** – на сегодняшний день самая крупногабаритная многоканатная шахтная подъемная машина на постсоветском пространстве. Она относится к машинам, которые поднимают сосуды за счет сил трения между футеровкой барабана и каната.

ШПМ ЦШ-5×8 располагается на башенном копре, имеет диаметр канатоведающего шкива 5 м с восемью ручьями под подъемные канаты и оснащена двумя приводными подъемными двигателями по 3800 кВт каждый. Это позволяет поднимать 60 т железной руды с глубины 688 м на скорости до 16 м/с<sup>2</sup>. Благодаря таким параметрам, данная машина является одной из самых производительных на мировом рынке.

По желанию заказчика она также была оснащена колодочными тормозами, обеспечивающими ее надежность в эксплуатации и легкость в обслуживании.

**Вторая – модернизированная современная шахтная подъемная машина ШПМ 2Ц-6,4×2,4 ТД** – сегодня проходит приемосдаточные испытания. Главная особенность ее конструкции – дисковая тормозная система на базе современных электромагнитных датчиков. Данная машина будет установлена взамен эксплуатирующейся сегодня устаревшей шахтной подъемной машины МПБ 6,3×2,8×2,8 с внутренними колодочными тормозами и с пневматической панелью

управления тормоза на базе регуляторов давления РДУ-1 и аналоговых датчиков.

Модernизированная машина, как и прежняя, должна обеспечить добычу руды с глубины 660 м без ухудшения эксплуатационных качеств. Данные обстоятельства потребовали особого внимания от специалистов горнорудного и кузнечно-прессового дивизиона НКМЗ при проектировании каждого ее узла.

Поскольку модернизированная машина ШПМ 2Ц-6,4×2,4 ТД с наружным дисковым тормозом устанавливается на существующий фундамент взамен эксплуатирующейся машины с колодочными тормозами, расположенными внутри барабанов, то имеются ограничения по ширине их навивочной поверхности. В связи с этим в конструкцию ШПМ 2Ц-6,4×2,4 ТД были внесены следующие изменения.

На ее барабане заложены три витка трения каната на футеровочном антифрикционном материале вместо пяти витков трения на основной навивочной поверхности. Запасной канат для испытаний располагается внутри барабанов на специальных бобинах, приводимых в движение современными мотор-редукторами. Для обеспечения минимальных массогабаритных показателей модернизированной машины был применен коренной вал облегченной конструкции с повышенными нагрузочными характеристиками, изготовленный из трех частей (центральная полая труба с запрессованными в нее двумя цапфами), вместо сплошного вала в ШПМ существующей конструкции. Вместо колодочной тормозной системы внутреннего расположения с пневмо-пружинными приводами в модернизированной ШПМ предусмотрена современная дисковая тормозная система на базе тормозных модулей фирмы *SvenborgBrakes BSFH 515*. Дисковая тормозная система ШПМ 2Ц-6,4×2,4 ТД позволяет регулировать тормозной момент в соответствии с выбранным режимом работы подъемной машины, выполнять предохранительное торможение в случае разрыва цепи безопасности или обнаружения внутренней неисправности, при которой дальнейшая работа машины невозможна. Также обеспечен

контроль исправности гидравлической системы, заторможенного и расторможенного состояния, воздушного зазора тормозных элементов, износа тормозных накладок, целостности тарельчатых пружин в тормозных блоках, а также визуализация работы тормоза и гравитационный спуск сосудов в стволе.

Применение модернизированной ШПМ 2Ц-6,4×2,4 ТД позволит продолжить эксплуатацию шахтного подъема и добычу руды в режиме 365 дней в году, круглосуточно, без снижения производительности, повысив при этом точность позиционирования сосудов в стволе и эксплуатационные характеристики за счет большей визуализации и контроля над рабочими параметрами ШПМ.

Уже в ходе проведения монтажных работ в существующую систему управления ШПМ будут

интегрированы элементы управления дисковой тормозной системой модернизированной ШПМ, что позволит значительно сэкономить затраты на модернизацию шахтного подъема.

Для решения задач по оптимизации конструкции несущих узлов машин специалисты ЧАО «НКМЗ» применяют современные методы расчета с использованием систем трехмерного моделирования, что позволяет обеспечить заданную долговечность и надежность изготавливаемых ШПМ.

Отзывы горняков Казахстана подтверждают, что шахтные подъемные марки «НКМЗ» – это компетентность, надежность, качество.

В ближайшее время новокраматорцы приступят к изготовлению еще одной ШПМ 2Ц-5×2,4 с редуктором и копровыми шкивами для ТОО «Востокцветмет».

*Планы новокраматорцев всегда были и остаются амбициозными – мы стремимся стать лучшими поставщиками техники на казахстанский рынок, производить лучшее и лучше!*

**Новокраматорский машиностроительный завод**  
84305, г. Краматорск, Донецкая обл., Украина  
+38 (0626) 478977  
[ztm@nkmz.donetsk.ua](mailto:ztm@nkmz.donetsk.ua)  
[www.nkmz.com](http://www.nkmz.com)



ME Elecmetal предоставляет инновационные решения, техническую поддержку и индивидуальный подход. Ценные наработки в нашем арсенале позволяют предложить комплексные решения в области измельчения в соответствии с вашими потребностями. Мы с клиентами на одной волне: мы намечаем общие цели и своевременно реагируем на запросы. ME Elecmetal поможет вам оптимизировать рабочие процессы, продлить срок службы изнашиваемых деталей, снизить операционные риски и повысить прибыльность



**ME Elecmetal**

Тел: +7 914 880 4545

+7 777 247 0787

+1 778 875 7525

Эл.Почта: [russia@meglobal.com](mailto:russia@meglobal.com)

[www.me-elecmetal.com](http://www.me-elecmetal.com)

Присоединяйтесь к нам на  
выставке 2022 Mining  
World Russia в Москве

26-28  
апреля  
2022



# МашЭкспо Сибирь

18+

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

## 29 МАРТА - 1 АПРЕЛЯ 2022

ОТРАСЛЕВОЕ СОБЫТИЕ СИБИРИ!

70

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



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



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

MASHEXPO-SIBERIA.RU

ОРГАНИЗАТОР: ООО «СВК»

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:



СИБИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ



**НОВОСИБИРСК**  
**ЭКСПО ЦЕНТР**





6-7 АПРЕЛЯ 2022 НУР-СУЛТАН, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

## 12-Й ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ МАЙНЕКС КАЗАХСТАН

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ  
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

# УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРНОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА

*После почти двухлетнего перерыва 6-7 апреля 2022 года в городе Нур-Султане состоится 12-й горно-геологический форум МАЙНЕКС Казахстан. Форум проводится под общей темой «Устойчивое развитие, декарбонизация и промышленная трансформация».*

Форум МАЙНЕКС организуется в Казахстане с 2010 года и является одним из наиболее представительных отраслевых мероприятий в центральноазиатском регионе. Форум станет одним из первых крупных международных горнодобывающих мероприятий, организованных в стране после локдауна 2020 года. В середине марта президент К.-Ж. Токаев планирует объявить о политических реформах, которые повысят рейтинг Казахстана и доверие инвесторов. Повышение благосостояния населения, формирование социальных партнерств и устойчивое развитие занимают центральное место в предстоящих реформах. Правительство готовит крупный пакет стимулов для активизации разведки новых месторождений золота, меди, полиметаллов, углеводородов, урана и редкоземельных элементов. Другие инициативы направлены на ускорение модернизации добывающего сектора за счет его цифровизации и перехода на углеродную нейтральность.

### ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ ФОРУМА

- развитие минерально-сырьевого потенциала;
- геологоразведка – ресурсы для роста и эффективности;
- декарбонизация и углеродная нейтральность;
- технологическая трансформация и цифровизация;
- программы устойчивого развития предприятий горнодобывающей отрасли;
- технологические и социальные аспекты закрытия месторождений;
- ESG инвестиции и финансирование в горной отрасли.

В обсуждении примут участие около 50 руководителей ведущих компаний, представители отраслевых министерств и ведомств, инвесторы, международные эксперты. Среди подтвержденных выступающих Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан, Институт

минеральных ресурсов Республики Узбекистан, Казатомпром, Central Asia Metals, Казахмыс, SRK Consulting, Aveva, Всемирный банк, Европейский банк реконструкции и развития, Wonderware Russia & CIS, EY, Лондонская фондовая биржа и другие.

При поддержке Департамента Международной Торговли Великобритании на площадке форума организуется презентация делегации компаний, которые представят новейшие технологии в области геологоразведки, цифровизации, энергоэффективности и снижения промышленных выбросов.

При поддержке SRK Consulting состоится сессия «Закрытие месторождений – вызовы и решения», на которой специалисты компаний из Великобритании и Казахстана представят современные технологии закрытия отработанных месторождений и рекультивации земель и водных ресурсов. Особое место в обсуждении займет практика решения социально-экономических проблем, связанных с закрытием градообразующих предприятий, актуальных для ряда крупных предприятий в Восточном Казахстане. Инсайт Терра из Южной Африки расскажет о совместных работах по мониторингу хвостохранилищ на месторождениях Anglo-American с использованием новых возможностей мобильных сетей и технологий ближнего космоса.

Британская компания AVEVA, объединившаяся в 2021 году с немецкой Schneider Electric, вместе с партнерами из финско-российской Klinkmann Wonderware Russia & CIS представят реализованные проекты цифровых двойников месторождений и ГОКов. Казатомпром расскажет об опыте использования искусственного интеллекта в геолого-поисковых работах.



### ОТРАСЛЕВАЯ ВЫСТАВКА

На площадке форума организуется отраслевая выставка инновационных решений и инвестиционных проектов в горнорудной индустрии. В ходе выставки компании-экспоненты предоставят технологические решения и услуги для предприятий горнодобывающей и геологической отраслей. В выставке подтвердили участие более 30 международных и казахстанских компаний.

### КОНКУРС МАЙН-ESG

В эпоху тектонических изменений реальная угроза необратимых климатических изменений требует безотлагательного снижения загрязнения окружающей среды. Развитие технологий «Индустрия 4.0» на наших глазах совершает переворот, изменяя роль и место человека в промышленном производстве. От того, как эффективно решаются задачи по «озеленению» производства и развитию социально-ответственной культуры корпоративного управления, напрямую зависит будущее многих горно-металлургических компаний.

В рамках форума регулярно организуются отраслевые конкурсы, в которых участвуют казахстанские и иностранные компании. Впервые в рамках форума организуется конкурс ESG проектов. Его цель – популяризация и масштабизация уникального опыта компаний горно-металлургического комплекса по снижению загрязнения окружающей среды, защите биосферы, предупреждению экологических рисков и поддержке социально-экономического развития в Республике Казахстан.

В 2021 году **форум МАЙНЕКС Казахстан** был организован в онлайн-режиме и привлек более 700

участников из Казахстана и дальнего зарубежья. Виртуальная выставка 3D была запущена на цифровой платформе форума в марте 2021 года, создав интерактивные коммуникационные возможности.

В предстоящем 6-7 апреля форуме планируется около 200-250 очных и свыше 1000 удаленных участников. Одной из важных составляющих форума является привлечение инновационных технологий и практик недропользования. На выставке, организуемой на площадке форума, состоится презентация более 30 международных технологических и сервисных компаний, развивающих проекты в Казахстане. В частности, на форуме и выставке, будут представлены проекты и кейсы создания цифровых двойников месторождений для перехода на возобновляемые источники энергии, декарбонизации производства, экологического мониторинга и промышленной безопасности, финансирования проектов ESG, закрытия месторождений и рекультивации объектов недропользования, электромагнитных поисково-оценочных исследований, бурения и геологических исследований, геохимического анализа пород и других направлений.

**Форум МАЙНЕКС Казахстан** также выполняет задачи по презентации инвестиционных возможностей в сфере недропользования и активно сотрудничает с крупнейшими финансовыми организациями, фондовыми биржами и стратегическими инвесторами. При участии **форума МАЙНЕКС** и на его платформе проводились презентации проектов с участием Rio Tinto, Iluka Resources, RG Gold, Resource Capital Fund, Yilmaden, Yidirim Voskhod, Central Asia Metals, Polymetal International, Polyus, NordGold, Fortescue Metals, Scythian Mining Group, Pallas Resources и многих других компаний.



#### Место проведения:

Radisson Astana,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан, 010000,  
проспект Сары Арка 4.

#### Время работы:

Выставка проводится с 9.00 до 17.00  
с 6 по 7 апреля 2022 года.



# UZMININGEXPO

— 2022 —

**5-6-7**  
**АПРЕЛЯ**  
**2022г**

УЗБЕКИСТАН, г. ТАШКЕНТ

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

## «UzMiningExpo-2022»

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОДУКЦИИ

### ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Горное машиностроение
- Разрушение (бурение, взрыв и т.д.)
- Оборудование для добычи и обогащения полезных ископаемых
- Аэрология и вентиляция. Шахтный метан
- Химия в горном деле
- Перемещение и транспортировка
- Техника безопасности

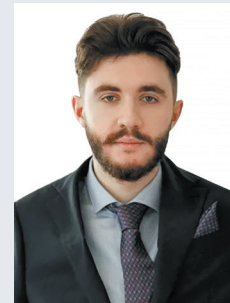
Организатор:  
International Expo Group  
Узбекистан, Ташкент,  
ул. А.Темура, 107Б, оф.4С-02



Сабина Абасова  
Менеджер проекта  
Тел./факс: +998 93 381 07 84  
E-mail: [sabina@ieguzexpo.com](mailto:sabina@ieguzexpo.com)

Продолжение. Начало статьи читайте в №1 2022 г.

Код МРНТИ 52.45.03

С.Е. Пуненков<sup>1</sup>Ю.С. Козлов<sup>2</sup><sup>1</sup>Публичное акционерное общество «Уральский асбестовый горно-обогатительный комбинат» (г. Асбест, Россия),<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия)

## ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТОВОЙ ОТРАСЛИ

**Аннотация.** В статье дается анализ состояния и перспектив развития хризотил-асбестовой отрасли в России, Казахстане, Канаде, Бразилии и других странах, диверсификации этих производств, применения комплексной переработки при добыче и обогащении хризотил-асбестовых руд. Описаны процессы серпентинизации и асбестообразования на месторождениях. Даны характеристики геолого-промышленных типов месторождений хризотил-асбеста, показаны достоинства месторождений хризотил-асбеста Баженовского подтипа. Рассматриваются методы и технологии добычи, обогащения, переработки хризотил-асбестовых руд, а также применение хризотил-асбеста в промышленности. Приведен обзор рынка производства и потребления хризотил-асбеста и фракционного щебня.

**Ключевые слова:** хризотил-асбест, ресурсосбережение, рыночная экономика, диверсификация производства, асбестовые горно-обогатительные предприятия, группы обогатимости, отходы, стабилизирующие добавки, фракционный щебень, порода, минерал.

### Хризотил-асбест және хризотил-асбест саласындағы ресурстарды үнемдеу

**Аңдатпа.** Мақалада Ресейдегі, Қазақстандағы, Канададағы, Бразилиядағы және басқа елдердегі хризотил-асбест өнеркәсібінің жағдайы мен даму перспективаларына, осы салаларды әртарапандыруға, хризотил-асбест өнеркәсібін өндіру мен байытуда кешенді өңдеуді қолдану талдауы қарастырылған асбест кендері. Кен орындарында серпентинизация және асбест түзілу процестері сипатталған. Хризотил-асбест кен орындарының геологиялық және өнеркәсіптік түрлерінің сипаттамасы берілген, Баженов типті хризотил-асбест кен орындарының артықшылықтары көрсетілген. Хризотил-асбест кендерін алу, байыту, өңдеу әдістері мен технологиялары, сонымен қатар хризотил-асбесттің өнеркәсіпте қолданылуы қарастырылған. Хризотилді асбест пен фракциялық қиыршық тасты өндіру және тұтыну нарығына шолу берілген.

**Түйінді сөздер:** хризотил-асбест, ресурс үнемдеу, нарықтық экономика, өндірісті әртарапандыру, асбест өндіру және өңдеу кәсіпорындары, байыту топтары, қалдықтар, тұрақтандырушы қоспалар, фракциялық қиыршық тас, тау жыныстары, минерал.

### Chrysotile-asbestos industry – production from mining to enrichment

**Abstract.** The article provides an analysis of the state and prospects for the development of the chrysotile-asbestos industry in Russia, Kazakhstan, Canada, Brazil and other countries, the diversification of these industries, the use of complex processing in the extraction and enrichment of chrysotile-asbestos ores. The processes of serpentinization and asbestos formation in the deposits are described. The characteristics of geological and industrial types of chrysotile-asbestos deposits are given, the advantages of chrysotile-asbestos deposits of the Bazhenov subtype are shown. The methods and technologies of extraction, enrichment, processing of chrysotile-asbestos ores, as well as the use of chrysotile-asbestos in industry are considered. An overview of the market for the production and consumption of chrysotile asbestos and fractional crushed stone is given.

**Key words:** chrysotile-asbestos, resource saving, market economy, diversification of production, asbestos mining and processing enterprises, enrichment groups, waste, stabilizing additives, fractional crushed stone, rock, mineral.

Баженовское месторождение хризотил-асбеста находится в г. Асбест Свердловской области. Месторождение разрабатывается с 1889 г., оно приурочено к одноименной интрузии гипербазитов, входящей в состав восточной полосы габбро-перидотитовых интрузий Среднего Урала. Разведанные запасы хризотил-асбеста составляют 63,9 млн т со средним содержанием асбеста в руде 2,39%, первого сита контрольного аппарата (К.А.) 0,07%; 2 сита К.А. – 10,89%; 3 сита К.А. – 52,0% (данные 2019 г.). Утвержденные запасы в объеме 695,02 тыс. т асбеста категории

В+С; разубоживание на контакте – 0,37% (хризотил-асбест I-VI, I-III).

Площадь залежи месторождения 19,6 км<sup>2</sup>. Размер рудных тел (50-250) × (150-1500) м; площадь гипербазитивных массивов гнейсо-мигматитовых комплексов, карбонатной толщи, вмещающих месторождения асбеста – 70 км<sup>2</sup>; количество рудных тел – 24. Протяженность действующего карьера Баженовского месторождения хризотил-асбеста составляет 8 км; ширина карьера – 1,8 км; глубина – 350 м (проектная – 700 м); протяженность железнодорожных путей в карьере – 214 км.

Общая площадь, занятая горными работами, составляет 40 км<sup>2</sup>. Асбестоносность на залежи в основном представлена в виде отороченных жил, крупной сеткой, мелкой сеткой, также встречаются мелкопрожилки и просечки. Жилкование волокна представлено как поперечным, так и продольным волокном. На месторождении разрабатываются Южный и Центральный участки, залежи: 8б, 8а, 2б, 2а, Кремлевско-Николаевская, Глубинная 4, Фабрика 2, Пожарная, 7-я, Управленская, 2/б, Южно-Карловская, 2-я Старая, Грязновская и т. д. Вмещающие

породы – перидотиты, серпентиниты, габбро, диориты и талькокарбонатные породы. Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова – от 8 до 19; объемная масса – от 2,5 т/м<sup>3</sup> до 3,1 т/м<sup>3</sup>.

Классификация руд Баженовского месторождения хризотил-асбеста по обогатимости представлена следующим образом: I группа – легкообогатимые, II – хорошообогатимые, III – среднеобогатимые, IV – труднообогатимые, убогие – очень труднообогатимые. Каждая группа обогатимости отличается геологическими (состав вмещающих

пород, зоны асбестоносности, содержание I-IV геологических сортов, степени асбестинизации, длины волокна по содержанию I-III геологических сортов, разновидности хризотил-асбеста по механической прочности) и технологическими характеристиками (удельный расход волокна на выработку 1 т товарного хризотил-асбеста; расход руды, т/т; извлечение хризотил-асбеста из руды в товарную продукцию, %; выход товарного асбеста из переработанной руды, %) (табл. 3).

*Баженовский ультраосновной массив* вытянут в меридиональном

направлении, имеет линзообразную форму и общую площадь примерно 75 км<sup>2</sup>. Массив сложен перидотитами типа гарцбургитов (в южной части) и пироксенитами-диаллагитами, вебстеритами, энстатитами (в северной части). С западной части к нему примыкают габбро, а с востока и юга он ограничивается гранитами. Ультраосновные породы массива были подвержены серпентинизации, карбонатизации и оталькованию<sup>1-3</sup>. Добыча горной массы и хризотил-асбестовой руды ведется на Центральном и Южном карьерах по западному и восточному борту, а

**Таблица 3 (часть 1)**  
**Группы обогатимости Баженовского месторождения хризотил-асбеста**

*Баженов хризотил-асбест кен орнын байыту топтары*

*Кесте 3 (1 бөлім)*

*Enrichment groups of Bazhenov chrysotile asbestos deposit*

*Table 3 (Part 1)*

Группа обогатимости	Наименование руды	Основные залежи	Состав вмещающих пород	Типы асбестоносности
I	Легкообогатимая	Управленческая, 77-я, 8а, 8-Западная, 2/6	Исходными породами являются перидотиты. Состав серпентинитов антигорит-хризотилитовый и существенно хризотилитовый	Крупная сетка, богатые отороченные жилы
II	Хорошообогатимая	Управленческая, 7я, 8а, 8-западная, 11-я, 2/6,2б	Перидотиты с небольшой долей полосчатого комплекса, умеренные изменения в виде антигоритизации. Появление пирроаурита и шегренита	Отороченные жилы, крупная сетка с меньшим содержанием и длиной волокна
III	Среднеобогатимая	2-я Старая, 0а, 2б, Глубинная-4, Северная, 7-я, Управленческая, 4-я, 2/6	Серпентиниты сложного состава (от лизардитовых до лизардит-хризотил-антигоритовых, неоднородный состав исходных пород)	Мелкая сетка, бедные отороченные жилы с малой длиной волокна
IV	Труднообогатимая: а) балансовая руда	Щучья, Южно-Карловская, Грязновская, Школьная, Кремлевско-Николаевская	Полосчатый дунито-перидотитовый комплекс, повышенная антигоритизация и сложных по состав серпентинитов	Бедные отороченные жилы, бедная мелкая сетка
	б) руда с продольным волокном (ПВ), ломким, выветрелым, в дунитах, аподунитах	Все руды залежи с асбестом пониженной прочности (все бедные балансовые руды)	Рассланцованные в различной степени β-лизардитового состава с бруситом и немалитом	Мелкая сетка с продольноволокнистым и аподунитовым асбестом
Убогая руда	Очень труднообогатимая	Все руды залежи (законтурные руды)	Неоднородный состав исходных пород и серпентинитов повышенная тектоническая проработка пород, низкое содержание асбеста, постородные изменения хризотил-асбеста, отсутствие 1-3 геологических сортов	Мелкая сетка, отороченные жилы с преобладанием продольноволокнистых жил

<sup>1</sup>Кочнев Д.В. Исследование зависимостей показателей товарного асбеста от характеристик руды и режимов обогащения. / Дисс. канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2013. – 197 с.

<sup>2</sup>Золов К.К., Попов Б.А. Баженовское месторождение хризотил-асбеста. – М.: Недра, 1985. – 271 с.

<sup>3</sup>Месторождения хризотил-асбеста СССР. – М.: Недра, 1967. – 512 с.

Таблица 3 (часть 2)

Группы обогатимости Баженовского месторождения хризотил-асбеста

Кесте 3 (2 бөлім)

Баженов хризотил-асбест кен орнын байыту топтары

Table 3 (Part 2)

Enrichment groups of Bazhenov chrysotile asbestos deposit

Группа обогатимости	Разновидность хризотил-асбеста	Содержание геологических сортов, %		Расход волокна т/т	Долевое соотношение, %	Прирост расхода, доли ед.
		1-6	1-3			
I	Преобладает нормальный хризотил-асбест	4,1	более 0,15	0,650	15,5	1,00
II	Нормальный в смеси с измененным хризотил-асбестом	2,85	не менее 0,080	0,810	18,2	1,25
III	Смесь нормального с полумомким хризотил-асбестом	2,45	не менее 0,022	0,950	34,7	1,46
IV	Пониженной прочности в смеси нормального, продольноволокнистого, ломкого, полумомкого асбеста	1,54	менее 0,022	1,1	13,8	1,71
	Продольно-волокнистый, ломкий, выветрелый асбест	1,73	0,028	1,1	2,7	
Убогая руда	Пониженной прочности в смеси с другими разновидностями	1,16	–	2,5	15,3	3,84

также в траншеях, на горизонтах с отметками от (+ 182) м до (– 118) м.

На разрабатываемом Баженовском месторождении хризотил-асбеста встречается три вида расположения в жилах асбестовых агрегатов по отношению к стенкам (трещинам) асбестосодержащих пород: поперечноволокнистый, продольноволокнистый и косоволокнистый хризотил-асбест. На месторождении преобладают два первых вида, но наиболее распространен поперечноволокнистый хризотил-асбест. Продольноволокнистый хризотил-асбест подразделяется на два типа волокон: мягкий и жесткий (ломкий): чем больше содержание оксида магния, тем волокно жестче. Продольное волокно больше сосредоточено в Северной залежи месторождения. Из минералов на месторождении, распространенных в жилах, хризотил-асбест можно спутать с немалитом (бруситом) и волокнистым пикралитом.

Отличительная особенность Баженовского месторождения, в сравнении с Житикаринским и Кiemбаевским, – длиноволокнистый хризотил-асбест (длина его (крюд-асбест) может быть более 18 мм).

Баженовское месторождение разрабатывает Уральский асбестовый горно-обогатительный комбинат. На предприятии, входящем в структуру основных производств, работает

более 4000 человек. Проектная мощность асбестообогатительной фабрики №6 – 550 тыс. т хризотил-асбеста 0-7 групп. За 2019 г. произведено хризотил-асбеста в виде товарной продукции 0-7 групп 315291 т, экспорт составил более 81%, из них 6,3% – в ближнее зарубежье (страны СНГ) [1, 2]. В 2020 г. производство хризотил-асбеста составило 280361 т.

В Республике Казахстан месторождения хризотил-асбеста, в зависимости от морфологии залежей, типов асбестоносности, расположения волокон асбеста по отношению к стенкам жил, выделены в четыре геолого-промышленных типа: баженовский, лабинский, карачаевский и аспагашский.

*Житикаринское месторождение* поперечно-волокнистого хризотил-асбеста относится к баженовскому геолого-промышленному типу нормальной прочности хризотил-асбестового волокна, приурочено к серпентинизированным перидотитам, дунитам и серпентинитам, разрабатывается с 1958 г. открытым способом. Месторождение находится на территории Республики Казахстан (Костанайская обл., в 5 км на юго-восток от районного центра – г. Житикары). Месторождение расположено на восточном склоне Южного Урала, который в структурном отношении представляет часть Уральского

щита, являющегося восточной окраиной Восточно-Европейской плиты. Протяженность Основной залежи разрабатываемого карьера составляет 3,7 км; ширина карьера – 0,8 км; глубина – 250 м (проектная – 640 м). Среднее содержание хризотил-асбеста в руде составляет 4,5-5,5%. Химический состав асбестовой руды: серпентин  $Mg_3SiO_3(OH)_4$ , брусит  $Mg(OH)_2$ , магнетит  $Fe_3O_4$ , лизардит  $Mg_6(OH)_8Si_4O_{10}$ , хризотил-асбест  $3MgOH_2 \times SiO_2 \times H_2O$ .

Запасы хризотил-асбеста на Житикаринском месторождении составляют 37 млн т со средним содержанием асбеста в руде: 4,56%; 2 сита К.А.: 2,52%; 3 сита К.А.: 46,8% (данные 2019 г.). Асбестоносность рассматриваемой Основной залежи представлена шестью типами: одиночными жилами, сложными жилами, крупной сеткой жил, мелкой сеткой жил, мелкопрожилком, просечками. При их выделении учитывались не только геологические факторы (форма жилкования, длина волокна и т. п.), но и промышленное содержание асбеста класса крупности +0,5 мм. В пределах Основной залежи выделены серпентиниты, в их состав входят лизардиты, хризотил и антигорит. Житикаринский массив сложен в различной степени серпентинизированными ультраосновными породами, которые

соответствуют габбро-перидотитовой формации, точнее, ее дунит-гарцбургитовой ассоциации. Мощность рудного тела месторождения изменчива – от 20 м до 450 м, падение восточное под углом 70°.

В Основной залежи наблюдается обычная для месторождений хризотил-асбеста зональность рудоносных пород: степень серпентизации увеличивается от перидотитового ядра к периферии массива. От лежащего бока залежи к висячему выделяются: серпентинизированные перидотиты и дуниты, серпентиниты с мелкими ядрами перидотитов или дунитов, составляющими 5-60% объема породы, серпентиниты.

Балансовые запасы Житикаринского месторождения по категории В + С<sub>1</sub> составляют 32549,4 тыс. т волокна асбеста 1-6 сортов при среднем содержании 3,48%; разведано семь промышленных залежей асбестовых руд, в разработку вовлечена Основная залежь, содержащая 81% всех запасов: 26911,3 тыс. т волокна асбеста 1-6 сортов при среднем содержании 4,45%. Проектная мощность комбината по производству хризотил-асбеста составляет 603,8 тыс. т/г. На Северном, Центральном и Южном участках выделены асбестсодержащие руды трех групп обогатимости: легкообогатимые, среднеобогатимые, труднообогатимые. В основном труднообогатимые руды сосредоточены на Южном участке месторождения<sup>4</sup>.

В настоящее время (по факту 2019 г.) из 210,7 тыс. т добываемого житикаринского хризотил-асбеста 3-6 групп 4,2% используется на внутреннем рынке, остальное экспортируется в ближнее и дальнее зарубежье: Узбекистан (2019 г. – 34,6%, I кв. 2020 г. – 32,5%); Индия (2019 г. – 34,2%, I кв. 2020 г. – 31,8%); Туркменистан (2019 г. – 3,97%, I кв. 2020 г. – 14,6%); Шри-Ланка (2019 г. – 4,1%, I кв. 2020 г. – 5,0%); Китай (2019 г. – 5,5%, I кв. 2020 г. – 3,8%); Таджикистан (2019 г. – 4,7%); Кыргызстан (2019 г. – 4,4%); Украина (2019 г. – 4%, I кв. 2020 г. – 3,8%); Азербайджан (2019 г. – 0,4%). В I квартале

2020 г. экспортировано 47 тыс. т казахстанского хризотил-асбеста на общую сумму 14 млн долл. США<sup>5</sup>.

Сегодня на АО «Костанайские минералы» работает 2085 человек. Мощность обогатительного комплекса по производству хризотил-асбеста составляет 250 тыс. т. За 2021 г. отгружено 14,9 млн горной массы. Выработка по хризотил-асбесту составляет на один час работы по цеху обогащения 56 т; в ПАО «Ураласбест» и ОАО «Оренбургские минералы» этот показатель составляет более 60 т выработки хризотила в час. Производительность по выработке хризотил-асбеста на работу часосекцию составляет в АО «Костанайские минералы», ПАО «Ураласбест», ОАО «Оренбургские минералы» от 15 т/ч до 23 т/ч.

*Киембайское месторождение* хризотил-асбеста относится к баженовскому подтипу, имеет общие черты и, в то же время, разности, характеризующиеся специфическими особенностями месторождения; находится в Российской Федерации (Оренбургская обл., в 5 км юго-восточнее г. Ясного); активно разрабатывается с 1979 г. открытым способом. Разведанные запасы хризотил-асбеста составляют 22,2 млн т со средним содержанием асбеста в руде 1,9-4,8%; глубина карьера – 225 м (проектная 600 м); ширина – 1,4 км, длина – 2,6 км. Запасы по категориям А+В+С<sub>1</sub> – 530 млн т со средним содержанием хризотилового волокна класса +0,5 мм 4,2-5,0% (запасов хватит на 70 лет). Проектная мощность асбестообогатительной фабрики 500 тыс. т готовой продукции.

Киембайское месторождение приурочено к одноименному ультрабазитовому массиву, прорывающему метаморфический комплекс пород нижнего палеозоя и вулканогенные образования девона и карбона. Интрузия гипербазитов имеет форму вытянутого в меридиональном направлении кольца, осложненного более молодыми гранитоидами, которые, внедрившись в средней части в виде округлого тела, разорвали ее на два массива – Южный

и Северный. Общая длина гипербазитового массива по простиранию составляет 18 км, площадь – 70 км<sup>2</sup>. Южный массив имеет подковообразную, а Северный – неправильную, близкую к изометричной, форму.

Промышленные залежи хризотил-асбеста сосредоточены на трех участках (Главный, Северный и Третий), расположенных в западной и северо-западной частях северного массива гипербазитов.

На Главном участке выделены шесть асбестоносных залежей: Основная, Западная, Дусбайка, Вершинная, Восточная и Новая. Морфология залежей и их структурное положение определяются положением относительно зон разломов и конфигураций северо-восточного (малого) перидотитового ядра, которое окаймляется асбестоносными серпентинитами с запада, юга и юго-востока. Асбестоносность месторождения в основном представлена преобладанием жил крупной и мелкой сетки, а по степени серпентинизации выделяются серпентинито-перидотитовые, перидотито-серпентинитовые и серпентинитовые жилы. На месторождении выделен самостоятельный тип – руды коры выветривания, приуроченные к верхним горизонтам месторождения. Наиболее мощная и богатая южная оконечность Основной залежи сложена чаще крупной сеткой, северная часть залежи, более бедная по содержанию, – мелкой сеткой. Среднее содержание асбеста класса +0,5 мм по залежи составляет 4,68%.

Разработку Киембайского месторождения ведет ОАО «Оренбургские минералы» (Киембайский асбестовый горно-обогатительный комбинат «Оренбургасбест»), его проектная мощность – 500 тыс. т хризотилового волокна 3-7 групп.

Среднее содержание хризотил-асбеста в руде 4,89%; 2 сита К.А.: 0,54%; 3 сита К.А.: 57%. Ежегодно перерабатывается более 5,9 млн т руды (данные 2019 г.). ОАО «Оренбургские минералы» в 2019 г. произвело товарную продукцию в виде хризотил-асбестового волокна 3-7

<sup>4</sup>Джафаров Н.Н. Хризотил-асбест Казахстана. – Алматы, 1999. – 68 с.

<sup>5</sup><http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/03-07-2019-3.aspx>: Сводка по минеральным сырьевым товарам (MCS), 2019 год.

групп 474375 т, экспорт в ближнее и дальнее зарубежье составил более 87%: Индия (35,6%), Индонезия (21,7%), Китай (20,2%), Таиланд (7,0%), Шри-Ланка (5,6%), Бангладеш, Украина (0,9%), Беларусь (1,8%). В ближнее зарубежье (страны СНГ) экспортировано всего 2,7%, все остальное – в дальнее.

В России и Казахстане за первый квартал 2020 г. добыто 226,1 тыс. т хризотил-асбеста. Экспортировано 194,5 тыс. т 0-6 групп на общую сумму 57,6 млн долл. США: Индия (28,8%), Китай (11,1%), Индонезия (7,9%), Узбекистан (6,3%), Таиланд (5,3%), Шри-Ланка (4,3%), Бангладеш (3,9%), Туркменистан (2,7%), Украина (1,1%). Продукция из хризотил-асбестового волокна востребована и конкурентна на международном рынке, в основном используется в строительной отрасли, в виде асбоцементных труб, шифера, других асбоцементных изделий<sup>6</sup>.

Разрабатываемые сегодня месторождения хризотил-асбеста в Казахстане и России имеют много сопутствующих пород и минералов.

На Баженовском месторождении встречаются серпентиниты, перидотиты, габбро, гранодиориты, гроссуляры, гессониты, гранат-диопсид, диорит-порфиры, диорит-аплиты, микродиориты, альбиты, родингиты, артиниты, диабазовые порфиры, плагиоаплиты, стивенситы, кристаллы везувиана, карбонаты, верлиты, вебстериты, арагониты, кальциты, силикаты, карбонат талька, кварцевые порфиры, кварцевые альбитофиры, кварц-серицитовые, кремнистые сланцы, сланцеватые кварциты, друзы, опалы, халькопириты, халькозины, магнетиты, марказиты, баститы, бруситы, перениты, цеолиты, антигориты, известняки.

Киембайское месторождение сложено серпентинизированными дунито-гарцбургитами и серпентинитами. Ультраосновные породы прорываются многочисленными дайками диоритов, микродиоритов и диоритовых порфиритов. Середину массива слагают частично серпентинизированные перидотиты и

дуниты, сменяющиеся к периферии серпентинитами смешанного состава, затем – антигоритовыми серпентинитами, тальковыми, тальк-карбонатными и тальк-хлоритовыми породами. На месторождении встречаются в разных проявлениях гипербазиты, эффузивы, гранитоиды, углисто-кремнистый сланец, туффит, нонтронит, охра, каолин, кобальт, никель, молибден.

На Житикаринском месторождении встречаются хромиты, магний, железо, платина, хром, кобальт, никель, золото, диабазы, порфириды.

Хризотил-асбест (серпентин-асбест) является магнезиальным гидросиликатом, химический состав которого выражается формулой  $3MgO + 2SiO_2 + 2H_2O$ , что определяет содержание окислов в следующих соотношениях:  $MgO$  – 43-45%;  $SiO_2$  – 43,5%;  $H_2O$  – 13,05%. Хризотил-асбест присутствует почти в двух третях земной коры; принадлежит к минеральной группе серпентина; способен расщепляться на тончайшие эластичные волокна и представляют собой тончайшие полые трубочки-фибриллы диаметром  $2,6 \times 10^{-5}$  мм. Внутренний диаметр трубочек равен 130 оА, а их средний внешний диаметр 260 оА. Трубочки хризотила почти все расположены параллельно друг другу. В природном хризотил-асбесте содержатся примеси  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $NiO$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$  и  $H_2O$ .

Свойства хризотил-асбестового волокна: не растворим в воде; имеет большую механическую прочность (прочность на разрыв хризотил-асбеста более 3000 МПа, полумомкого – 1900-3000 МПа, ломкого – 1700-2200 МПа); коэффициент трения – 0,8 ед.; удельная поверхность – 20 м<sup>2</sup>/г; хризотил-асбест нормальной прочности имеет положительный электрокинетический потенциал, ломкий и пониженной прочности – отрицательный); высокая упругость; химическая стойкость (стабильность химического состава); хорошая адсорбционная способность; устойчивость против загнивания (способность задерживать бактерии, вредные вещества и

радиационное излучение); хорошее водопоглощение (коэффициент набухания 1,08-1,63); низкая электропроводность; щелочестойкость высокая ( $pH = 9,1-10,3$ ); в кислой среде разлагается, показатель преломления  $N_{np} = 1,53-1,57$ ; удельный вес хризотилового волокна составляет 2,4-2,6 г/см<sup>3</sup>, твердость вдоль волокон равна 2, поперек – 2,5; растворимость хризотил-асбеста в соляной кислоте ( $d = 1,19$  г/см<sup>3</sup>) после четырехчасового кипячения составляет 55-56% [3].

Хризотил-асбест при нагревании свыше 400°C теряет конституционную воду, при этом волокна теряют механическую прочность. Свыше 700°C происходит разрушение хризотил-асбеста и образование форстерита. Температура плавления хризотил-асбестового волокна 1450-1500°C. Коэффициент теплопроводности низкий, что обуславливает его высокие теплоизоляционные и термоизоляционные свойства.

В промышленности используется хризотил-асбестовое волокно длиной более 0,5 мм. Оно широко применяется в различных областях промышленности как в чистом виде, так и в соединении с другими материалами (цементом, тканями, картоном, композитами). Номенклатура асбестовых изделий насчитывает свыше 3000 наименований, хризотил-асбест идет на производство всевозможных асбоцементных (трубы, шифер, фасадные и кровельные плиты), асбестобитумных и асбестосмоляных изделий, различных фрикционных и паронитовых прокладок, дисков сцепления, трансмиссионных и приводных ремней, всевозможных картонно-бумажных изделий (асбокартон), денежных знаков, электроизоляционных изделий, муфельных печей, несгораемых сейфов, одежды для пожарных, наполненных конструкционных клеев, теплоизоляционных материалов, диафрагм хлорных электролизеров, гранулированных стабилизирующих добавок, звуко- и шумопоглощающих прокладок, тормозных колодок для автомашин, может использоваться как связующий

<sup>6</sup><https://www.usgs.gov/centers/nmic/cement-statistics-and-information>

материал при производстве железорудных окатышей, фильтров, в качестве заполнителя при производстве асфальта и бетона.

Например, хризотил-асбест применяется в текстильной промышленности (используется 0-2 группа хризотил-асбеста, длиноволокнистый асбест), а асбоцементные трубы (напорные, безнапорные) применяются для водопроводных, канализационных систем, транспортировки нефтепродуктов (используется трубная группа асбеста, 3-4 группа хризотил-асбеста). Асбоцементная промышленность производит плоские, волнистые фиброасбоцементные

листы (шифер), кровельные и стеновые панели для зданий и сооружений (используется шиферная группа асбеста, 5-6 группа хризотил-асбеста), теплоизолирующие материалы, пластмассы, линолеумы, сухие строительные смеси (используется 6 камерная и 7 группа хризотил-асбеста). Основное количество хризотил-асбестового волокна потребляется строительной отраслью промышленности (производство асбоцементных труб, шифера, стеновых панелей).

Асбестовые комбинаты при переработки хризотил-асбестовых руд производят, кроме хризотилового волокна различной длины,

посыпку крупнозернистую для мягкой кровли ПК-1,25, посыпку антигололед ПА-5 и щебень различной фракции, мм: 0-5, 0,16-2, 2-5, 4-8, 2, 8-16, 5 (3)-10, 5-15, 5-20, 8-11, 8-11,2, 8-16, 10-15, 10-20, 20-40, 25-60, 40-70, 40-80, 60-150, 60-120, а также минеральные и песчано-щебеночные смеси (ПЩС), используемые в дорожном строительстве и для отсыпки железнодорожных и автомобильных путей, фракции: БХ (0-20 мм), Б-6, и С-2, С-4, С-5, С-6, С-7, С-12, и т.д. Налажен выпуск сухих строительных смесей («Альта»), полимерно-песчаных изделий и полипропиленовых мешков.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козлов Ю.А. Хризотиловая промышленность России: состояние и перспективы. // Строительные материалы. – 2008. – №9. – С.7-9 (на русском языке).
2. Салахиев А.Г. 125-летию со дня открытия Баженовского месторождения хризотил-асбеста. // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – №9. – С. 2-6 (на русском языке)
3. Пуненков С.Е. Хризотил-асбест в хризотил-цементной смеси. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2012. – №2. – С. 14-20 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Козлов Ю.А. Ресейдегі хризотил өнеркәсібі: жағдайы және болашағы. // Құрылыс материалдары. – 2008. – №9. – Б. 7-9 (орыс тілінде).
2. Салахиев А.Г. Баженов хризотил-асбест кен орнының ашылуына 125 жыл. // Тау-кен жабдықтары мен электромеханика. – 2010. – №9. – С. 2-6 (орыс тілінде)
3. Пуненков С.Е. Хризотил-цемент қоспасындағы асбест. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2012. – №2. – Б. 14-20 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Kozlov Yu.A. *Chrysotilovaya promyshlennost' Rossii: sostoyanie i perspektivy [Chrysotile industry in Russia: state and prospects]*. // *Stroitel'nye materialy = Construction Materials*. – 2008. – №9. – P. 7-9 (in Russian)
2. Salakhiev A.G. *125-letiyu so dnya otkrytiya Bazhenovskogo mestorozhdeniya xrizotil-asbesta [125th anniversary of the discovery of the Bazhenov deposit of chrysotile asbestos]*. // *Gornoe oborudovanie i e'lektromexanika = Mining equipment and electromechanics*. – 2010. – №9 – P. 2-6 (in Russian)
3. Punenkov S.E. *Xrizotil-asbest v xrizotil-cementnoj smesi [Chrysotile-asbestos in chrysotile-cement mixture]*. // *Gornyj zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan*. – 2012. – №2. – P. 14-20 (in Russian)

#### Сведения об авторах:

**Пуненков С.Е.**, канд. техн. наук, главный технолог управления комбината Публичного акционерного общества «Ураласбест» (г. Асбест, Россия), [ore-dressing@control.uralasbest.ru](mailto:ore-dressing@control.uralasbest.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4034-3457>

**Козлов Ю.С.**, студент кафедры международной экономики и менеджмента Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия), [kozlovuyuryu@gmail.com](mailto:kozlovuyuryu@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-0121-0045>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Пуненков С.Е.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Ораласбест» жария акционерлік қоғамы комбинаты басқармасының бас технологы (Асбест к., Ресей)

**Козлов Ю.С.**, «Ресейдің тұңғыш президенті Б.Н. Ельцин атындағы Орал федералдық университеті» Федералдық мемлекеттік автономды жоғары білім беру мекемесі, халықаралық экономика және менеджмент кафедрасының студенті (Екатеринбург к., Ресей)

#### Information about the authors:

**Punenkov S.E.**, Candidate of Technical Sciences, Chief Technologist of the Plant Management of the Public Joint Stock Company «Uralasbest» (Asbest, Russia)

**Kozlov Y.S.**, Student at the Department of International Economics and Management of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin» (Yekaterinburg, Russia)



# EAGE

EUROPEAN  
ASSOCIATION OF  
GEOSCIENTISTS &  
ENGINEERS

# 2022 Санкт-Петербург



10-я международная конференции  
Геонауки: время перемен, время перспектив



## ЗАРЕГИСТРИРУЙТЕСЬ СЕГОДНЯ!

11-14 АПРЕЛЯ 2022 Г. | САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ  
[WWW.EAGE.ORG](http://WWW.EAGE.ORG) | [WWW.EAGE.RU](http://WWW.EAGE.RU)

EAGE



ИНЖЕНЕРНАЯ : 2  
 И РУДНАЯ : 2  
 ГЕОФИЗИКА : 2022

25-29 АПРЕЛЯ 2022 Г. | КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА | Г. ГЕЛЕНДЖИК, РОССИЯ

ВКЛЮЧАЯ



ИНЖЕНЕРНАЯ И  
 РУДНАЯ ГЕОЛОГИЯ | 2022

3-Я КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

**ЗАРЕГИСТРИРУЙТЕСЬ  
 СЕЙЧАС!**

WWW.EAGE.RU

Код ГРНТИ 52.13.15

Н.А. Дрижд, Р.А. Мусин, Г.М. Жүніс, Э.Р. Халикова

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

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАСТА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ПО ДОБЫЧЕ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

**Аннотация.** Совершенствование методики подсчета запасов метана имеет огромное значение для угольных предприятий, начиная с использования добываемого метана в котельной и заканчивая промышленной добычей газа. Недостаток энергетических ресурсов в Казахстане способствует повышению интереса к использованию нетрадиционных источников получения топливно-энергетического сырья. Одним из них, к тому же достаточно перспективным, является метан угольных пластов. Недостаточная изученность оценки ресурсов газа метана при отработке угольных месторождений приводит к большим потерям. Данное исследование позволит более точно вычислить ресурсы газа метана угольных пластов. В статье предлагается технология подсчета полезного компонента путем усредненного количества сорбционной емкости углей каждого из пластов.

**Ключевые слова:** метан, добыча метана, угольный пласт, запасы угля, ресурсы метана, бурение скважин, сорбция, десорбция.

### Көмір қабаттарынан метанды өндіру жөніндегі жобаны іске асыру үшін перспективалы қабаттарды таңдаудың негіздемесі

**Аңдатпа.** Метан қорларын есептеу әдістемесін жетілдіру көмір кәсіпорындары үшін қазандықта өндірілген метанды пайдаланудан бастап, өнеркәсіптік газ өндіруге дейін үлкен маңызға ие. Қазақстанда энергетикалық ресурстардың жетіспеушілігі отын-энергетикалық шикізатты алудың дәстүрлі емес көздерін пайдалануға қызығушылықты арттыруға ықпал етеді. Олардың бірі, сонымен қатар, көмір қабаттарының метаны болып табылады. Көмір кен орындарын игеру кезінде метан газының ресурстарын бағалаудың жеткіліксіз зерттелуі үлкен шығындарға әкеледі. Бұл зерттеу көмір қабаттарындағы метан газының ресурстарын дәлірек есептеуге мүмкіндік береді. Мақалада пайдаланылатын компонентті әр қабаттың көмірдің сорбциялық сыйымдылығының орташа мөлшері арқылы есептеу технологиясы ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** метан, метан өндіру, көмір қабаты, көмір қоры, метан ресурстары, ұңғымаларды бұрғылау, сорбция, десорбция.

### Justification of the choice of a promising reservoir for the implementation of a project for the extraction of coalbed methane

**Abstract.** Improving the methodology for calculating methane reserves is of great importance for coal enterprises, starting with the use of extracted methane in the boiler room and ending with industrial gas production. The lack of energy resources in Kazakhstan contributes to increasing interest in the use of non-traditional sources of fuel and energy raw materials. One of them, moreover, is quite promising, is coalbed methane. Insufficient knowledge of the assessment of methane gas resources during the development of coal deposits leads to both large losses. This study will make it possible to more accurately calculate the methane gas resources of coal seams. The article proposes a technology for calculating the useful component by averaging the amount of sorption capacity of the coals of each of the layers.

**Key words:** methane, methane extraction, coal seam, coal reserves, methane resources, well drilling, sorption, desorption, development depth, condition.

### Введение

Извлечение метана угольных пластов (МУП) – за рубежом эта отрасль достигла значительного технического прогресса, особенно в США, Канаде и Австралии. Соединенные Штаты Америки являются самой успешной страной в метанугольной отрасли; используемые там технологии бурения являются самыми зрелыми и продвинутыми. Порядка 90% скважин в стране выполнены бурением на депрессии, которое играет крайне важную роль в развитии добычи МУП [1].

Эффективность наклонно направленных скважин была доказана уже давно. Однако доступ к пласту, необходимый для бурения горизонтальной скважины из шахты, делал данную технологию неприменимой в случае с заблаговременной разработкой. Актуальной задачей по сей день является выбор места заложения скважин. В Центральном Казахстане имеются очень большие и практически нетронутые ресурсы метана угольных месторождений, которые, по оценкам геологов, составляют 2-4 трлн м<sup>3</sup> [2].

### Методы

Подсчет запасов углей в 1982-1989 гг. был произведен по всем угольным пластам карагандинской свиты, имеющим кондиционную зольность угля. Подсчет запасов произведен до абсолютной отметки

минус 100, то есть, до глубины 600 м. Всего по изучаемым пластам 595092 тыс. т.

### Ресурсы метана

В табл. 1 приведены ресурсы метана<sup>1</sup> по отдельным пластам; они подсчитывались по центральной и северной частям Талдыкудукского участка в вариантах: при мощности угля более 0,7 м и 0,7-0,5 м, при его метаносности более 10 м<sup>3</sup>/т с.б.м. и более 5 м<sup>3</sup>/т с.б.м. [3, 4].



**Рис. 1. Пробы угля в герметичной емкости. Сурет 1. Тұмшаланған сыйымдылықтағы көмір сынамалары.**

**Figure 1. Coal samples in a sealed container.**

<sup>1</sup> Айруни А.Т. и др. Проблемы разработки метаноносных угольных пластов промышленного извлечения и использования шахтного метана в Карагандинском угольном бассейне. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2009. – 179 с.

Таблица 1

Ресурсы метана в угольных пластах Талдыкудукского участка

Кесте 1

Талдықұдық учаскесінің көмір қабаттарындағы метан ресурстары

Table 1

Methane resources in coal seams of the Taldykuduk site

Индекс пласта	Всего по пласту					до глубины 1000 м
	> 0,7 м			0,7-0,5 м		
	при $x > 5 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м.	при $x$ от $5 \text{ м}^3/\text{т}$ до $10 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м.	при $x > 10 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м.	при $x$ от $5 \text{ м}^3/\text{т}$ до $10 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м.	при $x > 10 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м.	
K <sub>14</sub>	541,2	2,8	538,4	0,2	28,4	465,5
K <sub>13</sub>	1404,8	9,4	1395,4	–	–	1 230,1
K <sub>12</sub>	5505,0	17,3	5487,7	–	–	3 907,7
K <sub>10</sub>	2200,0	10,2	2189,8	–	–	1 549,8
<b>Всего</b>						<b>7 153,1</b>

Таблица 2

Результаты сорбционного анализа

Кесте 2

Сорбциялық талдау нәтижелері

Table 2

Results of sorption analysis

№ пласта	Глубина разработки, м	Проба №1, м <sup>3</sup> /т	Проба №2, м <sup>3</sup> /т	Проба №3, м <sup>3</sup> /т	Средняя сорбционная емкость, м <sup>3</sup> /т
K <sub>14</sub>	340	31,2	30,78	31,82	31,93
K <sub>13</sub>	350	30,25	27,81	30,3	29,45
K <sub>12</sub>	630	29,7	28,9	28,8	29,13
K <sub>10</sub>	710	27,74	28,12	27,81	27,89

Плотность ресурсов метана<sup>2,3</sup> на глубинах 200-1000 м по горизонтали в среднем изменяется от 400 млн м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> до 700 млн м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>, достигая в юго-западной части поля 870-1060 млн м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Для более детального подсчета ресурсов газа метана и изучения участка Талдыкудук было принято решение провести дополнительные исследования. Авторами предлагается технология подсчета полезного компонента путем усредненного количества сорбционной емкости углей каждого из пластов.

Сорбция – поглощение твердым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Поглощаемое вещество, находящееся в среде, называют сорбатом, поглощающее твердое тело или жидкость – сорбентом. К существенным плюсам можно отнести точный результат исследований<sup>4</sup> [5, 6].

Испытания проводились в испытательной лаборатории метановой энергетики в горно-металлургическом комплексе НАО «Карагандинский технический университет» МОН РК. Для проведения эксперимента было отобрано 12 проб, по три пробы с каждого пласта K<sub>10</sub>, K<sub>12</sub>, K<sub>13</sub>, K<sub>14</sub> (рис. 1). Для проведения сорбционного

анализа при помощи вибрационной дисковой мельницы Retsch RS-200 образцы угля были доведены до аналитической пробы (рис. 1). Для определения сорбционных свойств угля использовали испытательный стенд

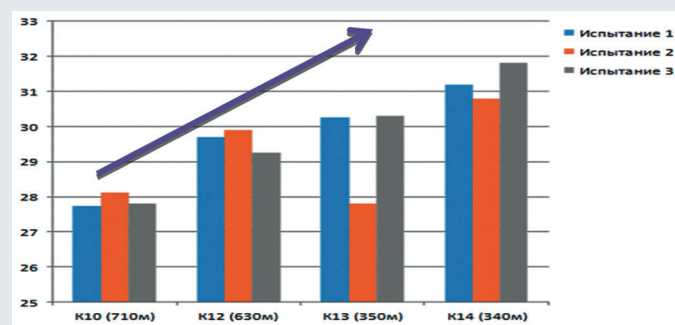


Рис. 2. График зависимости сорбционной емкости от глубины залегания угольных пластов.  
Сурет 2. Сорбциялық қабілеттіліктің көмір қабаттарының тереңдігіне тәуелділік графигі.  
Figure 2. Graph of dependence of sorption capacity on the depth of coal seams.

<sup>2</sup>Сорбция // <https://ru.wikipedia.org/wiki/сорбция>. 2.09.2020.

<sup>3</sup>Березин В.Л., Зенко А.И., Минаев В.И. Строительство предприятий нефтяной и газовой промышленности: обзорная информация – 1984. – 55 с.

<sup>4</sup>Пучков Л.А., Слостунов С.В., Коликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. – М.: МГГУ, 2002. – 383 с. (на русском языке)

Таблица 3

Максимально возможное количество газа метана на перспективных угольных пластах

Кесте 3

Перспективалы көмір қабаттарындағы метан газының ең жоғары ықтимал мөлшері

Table 3

The maximum possible amount of methane gas in prospective coal seams

№ пласта	Запасы угля по пласту, тыс. т	Средняя сорбционная емкость, м <sup>3</sup> /т	Объем газа метана, млн м <sup>3</sup>
K <sub>14</sub>	36 194	31,93	1 155,67
K <sub>13</sub>	92 538	29,45	2 843, 04
K <sub>12</sub>	335 633	29,13	9 776, 99
K <sub>10</sub>	130 727	27,89	3 645, 98
Итого			17421,68

насыщения метаном и применяли следующие методы: ГОСТ 9516-92. Уголь. Метод прямого весового определения влаги в аналитической пробе; ГОСТ 10742-71. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний; ГОСТ 23781. Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава. Полученные результаты были сведены в табл. 2.

#### Обсуждение результатов

Результаты моделирования (рис. 2) показывают, что с увеличением глубины залегания угольных пластов сорбционная емкость уменьшается. Максимальное количество газа метана можно вычислить произведением сорбционной емкости и запасов угля по пластам, данные расчетов сведены в табл. 3.

Суммарное количество максимального газа метана в исследуемых пластах путем сложения получается примерно 17 млрд м<sup>3</sup>. Далее мы провели десорбционный анализ углей по тем же пластам. Данные сведены в график на рис. 3. Посчитав среднюю десорбционную емкость, мы рассчитали количество газа метана, которое реально получить при отработке перспективных угольных пластов Талдыкудукского участка. Суммарное

количество газа метана в исследуемых пластах путем сложения получается примерно 6,2 млрд м<sup>3</sup>.

#### Выводы

Согласно проведенным анализам можно констатировать, что участок Талдыкудук Карагандинского угольного бассейна подходит для промышленной добычи газа метана. Исходя из анализов по сорбционной емкости и объема газа метана, для перспективной добычи метана угольных пластов подходит пласт K<sub>12</sub>.

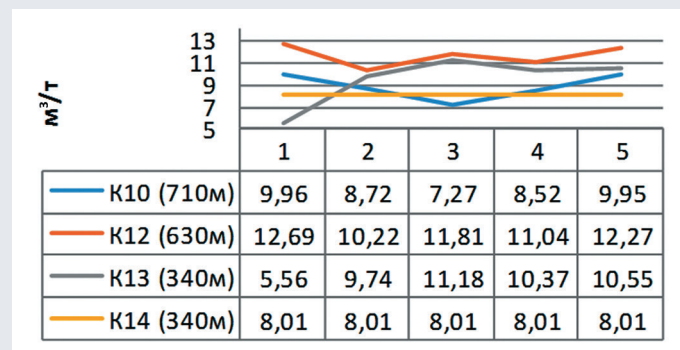


Рис. 3. Результаты десорбционного анализа.

Сурет 3. Десорбциялық талдау нәтижелері.

Figure 3. Results of desorption analysis.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Муллағалиев Ф.А. и др. Опыт бурения экспериментальной наклонно-горизонтальной скважины для извлечения метана угольных пластов. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2016. – №10. – С. 12-15 (на русском языке)
- Портнов В.С., Филимонов Е.Н., Мусин Р.А. и др. Исследования газоносности пласта K<sub>10</sub> в условиях Шерубайнуринского участка на основе данных фактического газовыделения. // Комплексное использование минерального сырья. – 2016. – №2. – С. 3-10 (на русском языке)
- Садыков Р.М., Коробкин В.В. Особенности геологического строения и бассейновое моделирование участка Талдыкудукский Карагандинского угольного месторождения. // Геология и охрана недр. – 2018. – №2. – С. 20-29 (на русском языке)
- Дрижд Н.А., Хайдина М.П., Мусин Р.А., Александров А.Ю. Обоснование размещения вскрывающей угольный пласт скважины // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2021. – №3. – С. 85-90 (на русском языке)
- Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Кельмялене А.А. Обоснование выбора места заложения скважины для извлечения метана угольных пластов. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2021. – №3. – С. 7-11 (на русском языке)

6. Нан Ф.С. Оценка эффективности освоения месторождений метана угольных пластов. // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2011. – №10. – С. 53-58 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Муллағалиев Ф.А. және т. б. Көмір қабаттарынан метан алу үшін эксперименттік көлбеу-көлденең ұңғыманы бұрғылау тәжірибесі. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2016. – №10. – Б. 12-15 (орыс тілінде)
2. Портнов В.С., Филимонов Е.Н., Мусин Р.А. және т. б. Шерубайнұра учаскесі жағдайында нақты газ бөлу деректері негізінде  $K_{10}$  қабатының газдылығын зерттеу. // Минералды шикізатты кешенді пайдалану. – 2016. – №2. – Б. 3-10 (орыс тілінде)
3. Садықов Р.М., Коробкин В.В. Қарағанды көмір кен орны Талдықұдық учаскесінің геологиялық құрылысының ерекшеліктері және бассейндік модельдеу // Геология және жер қойнауын қорғау. – 2018. – №2. – Б. 20-29 (орыс тілінде)
4. Дрижд Н.А., Хайдина М.П., Мусин Р.А., Александров А.Ю. Көмір қабатын ашатын ұңғыманы орналастыру негіздемесі // Мұнай-газ кешеніне арналған жабдықтар мен технологиялар. – 2021. – №3. – Б. 85-90 (орыс тілінде)
5. Дрижд Н.А., Мусин Р.А., Кельмялене А.А. Көмір қабаттарынан метан алу үшін ұңғыманың орнын таңдау негіздемесі. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2021. – №3. – Б. 7-11 (орыс тілінде)
6. Нан Ф.С. Көмір қабаттарындағы метан кен орындарын игеру тиімділігін бағалау. // Экономика және мұнай-газ кешенін басқару мәселелері. – 2011. – №10. – Б. 53-58 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Drizhd N.A., Musin R.A., Mullagaliev F.A. and others. Opyt bureniya e'ksperimental'noj naklonno-gorizont'noj skvazhiny dlya izvlecheniya metana ugol'nykh plastov [The experience of drilling an experimental inclined-horizontal well for extracting coalbed methane]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2016. – №10. – P. 12-15 (in Russian)
2. Portnov V.S., Filimonov E.N., Musin R.A. et al. Issledovaniya gazonosnosti plasta  $K_{10}$  v usloviyax Sherubajnurinskogo uchastka na osnove dannyx fakticheskogo gazovydeleniya [Studies of the gas content of the  $K_{10}$  formation in the conditions of the Sherubainurinsky site based on the data of actual gas release]. // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral raw materials. – 2016. – №2. – P. 3-10 (in Russian)
3. Sadykov R.M., Korobkin V.V. Osobennosti geologicheskogo stroeniya i bassejnovoe modelirovanie uchastka Tal'dykudukskij Karagandinskogo ugol'nogo mestorozhdeniya [Features of the geological structure and basin modeling of the Tal'dykuduksky site of the Karaganda coal deposit]. // Geology and protection of the subsoil. – 2018. – №2. – P. 20-29 (in Russian)
4. Drizhd N.A., Haidina M.P., Musin R.A., Alexandrov A.Yu. Obosnovanie razmeshheniya vskryvayushhej ugol'nyj plast skvazhiny [Justification of the placement of a well opening a coal seam]. // Oborudovanie i texnologii dlya neftegazovogo kompleksa = Equipment and technologies for the oil and gas complex. – 2021. – №3. – P. 85-90 (in Russian)
5. Drizhd N.A., Musin R.A., Kelmyalene A.A. Obosnovanie vybora mesta zalozheniya skvazhiny dlya izvlecheniya metana ugol'nykh plastov [Justification of the choice of the location of the well for the extraction of coalbed methane]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2021. – №3. – P. 7-11 (in Russian)
6. Nas F.S. Ocenka e'ffektivnosti osvoeniya mestorozhdenij metana ugol'nykh plastov [Evaluation of the efficiency of the development of coalbed methane deposits]. // Problemy e'konomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom = Problems of Economics and management of the oil and gas complex. – 2011. – №10. – P. 53-58 (in Russian)

# Минерально-сырьевые ресурсы

## Сведения об авторах:

**Дрижд Н.А.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [n\\_drizhd@mail.ru](mailto:n_drizhd@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-7269-7626>

**Мусин Р.А.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [r.a.mussin@mail.ru](mailto:r.a.mussin@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1206-6889>

**Жүніс Г.М.**, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [gul\\_zat\\_89\\_09@mail.ru](mailto:gul_zat_89_09@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-5833-885>

**Халикова Э.Р.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [Salyahova\\_e@mail.ru](mailto:Salyahova_e@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1501-8492>

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Дрижд Н.А.**, техника ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Мусин Р.А.**, PhD, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Жүніс Г.М.**, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Халикова Э.Р.**, PhD, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

## Information about the authors:

**Drizhd N.A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Musin R.A.**, PhD, Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Zhunis G.M.**, Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Khalikova E.R.**, PhD, Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)



## ОТКРЫТА ПОДПИСКА

КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС

Подписной индекс 75807

Заявка на главной странице сайта [MINMAG.KZ](http://MINMAG.KZ)

Следите за новостями!



[minmag.kz](http://minmag.kz)



[@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)

 +7 747 343 15 02

 [post-dts@yandex.kz](mailto:post-dts@yandex.kz)

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



The logo for COMEX, featuring the word 'COMEX' in a bold, white, sans-serif font. The 'O's are stylized with a dashed circular outline around them. The background is a dramatic sky with orange and yellow clouds, and a large yellow excavator arm is visible on the right side of the image.

6-я Международная  
специализированная выставка

# Дорожное строительство, спецтехники и комплектующих


---

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

---

**26 | 27 | 28 АПРЕЛЯ 2022**

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

 +996 (775) 000 005

 [info@biexpo.kg](mailto:info@biexpo.kg)

Организатор:



**biexpo**<sup>™</sup>  
выставочная компания

[www.biexpo.kg](http://www.biexpo.kg)



Код МРНТИ 53.31.15

Ye. Mukhametkhan<sup>1</sup>, M. Mukhametkhan<sup>1</sup>, G.G. Zhabalova<sup>1</sup>, V.M. Shevko<sup>2</sup><sup>1</sup>Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda industrial university» (Temirtau, Kazakhstan),<sup>2</sup>Non-Profit Joint-Stock Company «M. Auezov South Kazakhstan university» (Shymkent, Kazakhstan)

## THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE CHANGE OF THE GIBBS FREE ENERGY IN THE THERMODYNAMIC INTERACTION OF IRON PHOSPHATE WITH HYDROGEN AND CARBON MONOXIDE

**Abstract.** Today, the Lisakovskoye deposit of oolitic iron ores is one of the raw material bases of the ArcelorMittal Temirtau Joint Stock Company. However, their use in metallurgical production is currently limited due to the high content of phosphorus. It has been established that phosphorus in the Lisakovskoye concentrate is in the form of various minerals (oolites, vivianite, hydrogoethite) and compounds (iron phosphates, hydrated phosphorus-containing components). By interacting with gaseous compounds of these various iron phosphates, conditions can be created to reduce excess phosphorus. This article discusses the thermodynamic interaction of iron phosphate with hydrogen and carbon monoxide.

**Key words:** phosphorus, carbon monoxide, hydrogen, calculation, enthalpy, metallurgical production, phosphorus-containing components, thermodynamics, iron phosphates, hydrated phosphorus-containing components.

**Темір фосфатының сутегі мен көміртегі тотығымен термодинамикалық әрекеттесуі кезінде температураның Гиббс бос энергиясының өзгеруіне әсері**

**Аңдатпа.** Бүгінгі таңда Лисаковское оолиттік темір рудалары кен орны «АрселорМиттал Теміртау» акционерлік қоғамының шикізат базаларының бірі болып табылады. Бірақ олардың металлургиялық өндірісте қолданылуы қазіргі уақытта фосфордың жоғары болуына байланысты шектеулі. Лисаковский концентратындағы фосфор әртүрлі минералдар (оолиттер, вивианит, гидрогөзтит) және қосылыстар (темір фосфаттары, гидратталған фосфоры бар компоненттер) түрінде болатыны анықталды. Осы әртүрлі темір фосфаттарының газ тәрізді қосылыстарымен әрекеттесе отырып, артық фосфорды азайту үшін жағдай жасауға болады. Бұл мақалада темір фосфатының сутегімен және көміртегі оксидімен термодинамикалық әрекеттесуі қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** фосфор, көміртегі тотығы, сутегі, есептеу, энтальпия, металлургиялық өндіріс, құрамында фосфоры бар компоненттер.

**Влияние температуры на изменение свободной энергии Гиббса при термодинамическом взаимодействии фосфата железа с водородом и монооксидом углерода**

**Аннотация.** На сегодняшнее время Лисаковское месторождение оолитовых железных руд является одним из сырьевых баз Акционерного общества «АрселорМиттал Теміртау». Однако в настоящее время использование их в металлургическом производстве ограничено из-за высокого содержания фосфора. Установлено, что фосфор в лисаковском концентрате находится в виде различных минералов (оолиты, вивианит, гидрогөзтит) и соединений (фосфаты железа, гидратированные фосфоросодержащие компоненты). Взаимодействуя с газообразными соединениями этих различных фосфатов железа, можно создать условия для снижения избытка фосфора. В этой статье рассматривается термодинамическое взаимодействие фосфата железа с водородом и оксидом углерода.

**Ключевые слова:** фосфор, оксид углерода, водород, расчет, энтальпия, металлургическое производство, фосфоросодержащие компоненты.

### Introduction

The Lisakovskoye deposit is located within the central part of the western side of the Turgai trough and is confined to the Middle Oligocene river valley. The sedimentary deposit of oolitic iron ores extends over a latitudinal strip more than 100 km long and from several hundred meters to 6 km wide. The ore reserves are 1.7 billion tons with an average *Fe* content of 35.2%. Oolitic ores are confined to the Middle Oligocene river valley with a length of more than 100 km and a width of 2-8 km. The thickness of the ore-bearing strata is 25–35 m. The quality of the ores worsens the presence of phosphorus in them (0.45–0.55%), which limits their use in metallurgical production<sup>1</sup>.

In the Lisakovskoye concentrate, phosphorus is found in the form of various minerals (oolites, vivianite, hydrogoethite) and compounds (iron phosphates, hydrated

phosphorus-containing components). To create conditions for reducing the excess of phosphorus in the concentrate, the thermodynamic interaction of iron phosphate with hydrogen and carbon monoxide is considered [1].

### Materials and methods

Thermodynamic interaction of iron phosphate with hydrogen and carbon monoxide will be calculated using a software package<sup>2-5</sup> HSC-5.1. The HSC-5.1 software package is designed for calculating thermodynamic functions (molar heat capacity of enthalpy, entropy, Gibbs energy) of an individual substance or changes in these thermodynamic functions during a chemical reaction. To calculate the thermodynamic functions that characterize an individual substance, the standard values of enthalpy H298, entropy S298, and coefficients of the polynomial A, B, C, D are used, which are stored in the database,

<sup>1</sup><http://www.mining-enc.ru/lisakovskij-gorno-obogatitelnyj-kombinat/>

<sup>2</sup>Shevko V., Serzhanov G., Karataeva G., Amanov D. Calculation of the equilibrium distribution of elements in relation to the software package HSC-5.1 computer program. / Certificate for the object protected by copyright of the Republic of Kazakhstan №1501 dated January 29, 2019.

<sup>3</sup>Roine A. Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium software with Extensive Thermochemical Database. – Pori: Outokumpu Research Oy, 2002.

<sup>4</sup>Antti R., Jarkko M., Tuukka K., Peter B., Pertti L. HSC Chemistry 6.0 User's Guide. – Pori: Outotec Research Oy, 2006.

<sup>5</sup>Ageev N.G., Naboichenko S.S. Metallurgical calculations using the HSC Chemistry application package: textbook. allowance. – Yekaterinburg: Ural University Press, 2016. – 124 p.

Table 1

*Influence of temperature on the thermodynamic characteristics of the interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with hydrogen  $H_2$*

Кесте 1

*Температураның  $FePO_4$  темір фосфатының  $H_2$  сутегімен әрекеттесуінің термодинамикалық сипаттамаларына әсері*

Таблица 1

*Влияние температуры на термодинамические характеристики взаимодействия фосфата железа  $FePO_4$  с водородом  $H_2$*

T, K	$\Delta H$ , kJ	$\Delta S$ , J/K	$\Delta G$ , kJ
100	258,707	277,982	244,808
150	261,916	329,921	237,172
200	265,219	367,923	228,427
250	268,516	397,353	218,847
300	271,765	421,054	208,607
350	275,076	441,456	197,821
400	278,560	460,053	186,549
450	282,193	477,166	174,831
500	285,964	493,054	162,701
550	289,864	507,919	150,187
600	293,889	521,922	137,312
650	298,033	535,190	124,097
700	302,297	547,825	110,558
750	306,677	559,912	96,710
800	311,174	571,518	82,566
850	315,786	582,702	68,138
900	320,513	593,509	53,434
950	325,356	603,982	38,465
1000	330,315	614,154	23,238
1050	335,389	624,056	7,760
1100	340,579	633,713	-7,963
1150	345,888	643,152	-23,924
1200	351,314	652,389	-40,119

and the value of the molar heat capacity is calculated at an arbitrary temperature T in accordance with the expression.

Thermodynamic modeling of the joint interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with hydrogen  $H_2$  and carbon monoxide  $CO$  performed using a software package HSC-5.1. The reaction Equations subfunction allows you to calculate  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$  and  $K_p$  of these reactions<sup>6, 7</sup>, the Equilibrium Compositions subfunction allows you to

Table 2

*Influence of temperature on the thermodynamic characteristics of the interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with carbon monoxide  $CO$*

Кесте 2

*Температураның темір фосфатының  $FePO_4$  көміртегі тотығымен  $CO$  әрекеттесуінің термодинамикалық сипаттамаларына әсері*

Таблица 2

*Влияние температуры на термодинамические характеристики взаимодействия фосфата железа  $FePO_4$  с монооксидом углерода  $CO$*

T, K	$\Delta H$ , kJ	$\Delta S$ , J/K	$\Delta G$ , kJ
100	97,237	-42,774	97,771
150	98,293	22,068	97,879
200	100,562	125,550	97,424
250	103,601	233,586	96,301
300	107,239	339,471	94,509
350	111,431	442,696	92,063
400	116,094	542,235	88,983
450	121,139	637,230	85,294
500	126,503	727,609	81,027
550	132,142	813,572	76,209
600	138,021	895,399	70,866
650	144,111	973,381	65,024
700	150,388	1047,788	58,706
750	156,827	1118,861	51,934
800	163,408	1186,814	44,727
850	170,112	1251,838	37,105
900	176,927	1314,156	29,085
950	183,849	1374,035	20,683
1000	190,875	1431,688	11,914
1050	197,992	1487,243	2,791
1100	205,191	1540,829	-6,673
1150	212,466	1592,568	-16,466
1200	219,810	1642,575	-26,576

simulate the interaction in the system under study with the equilibrium quantitative distribution of substances in the system under study. Calculation of the equilibrium by the HSC-5.1 Outokumpu complex is based on the principle of minimum Gibbs energy [2-4], taking into account the activities of substances based on the following expression:

$$G(x) = \sum_{a=1}^f \times \sum_{j=1}^{in} X_j [C_j + \ln(X_j/X_a) + \ln \gamma_j] \rightarrow G(x)min;$$

<sup>6</sup><https://metal-archive.ru/vzaimodeystvie-metallov/435-zavisimost-energii-gibbsa-ot-temperatury.html>

<sup>7</sup><https://helpiks.org/3-93906.html>

Table 3

Thermodynamic parameters per 1 g/mol of  $FePO_4$  phosphate in the interaction of iron phosphate with hydrogen

Кесте 3

Темір фосфатының сутегімен өзара әрекеттесуі кезінде 1 г/моль  $FePO_4$  фосфатына термодинамикалық параметрлер

Таблица 3

Термодинамические параметры на 1 г/моль фосфата  $FePO_4$  при взаимодействии фосфата железа с водородом

T, K	$\Delta H$ , kJ	$\Delta S$ , J/K	$\Delta G$ , kJ
100	258,707	277,982	244,808
150	261,916	329,921	237,172
200	265,219	367,923	228,427
250	268,516	397,353	218,847
300	271,765	421,054	208,607
350	275,076	441,456	197,821
400	278,560	460,053	186,549
450	282,193	477,166	174,831
500	285,964	493,054	162,701
550	289,864	507,919	150,187
600	293,889	521,922	137,312
650	298,033	535,190	124,097
700	302,297	547,825	110,558
750	306,677	559,912	96,710
800	311,174	571,518	82,566
850	315,786	582,702	68,138
900	320,513	593,509	53,434
950	325,356	603,982	38,465
1000	330,315	614,154	23,238
1050	335,389	624,056	7,760
1100	340,579	633,713	-7,963
1150	345,888	643,152	-23,924
1200	351,314	652,389	-40,119

under restrictions in the form of a system of linear equations of the mass balance of a substance:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} X_j = B_i;$$

and the normalization condition:

$$\sum_{j=1}^{L_a} X_j = X_a.$$

where:

$f$  – total number of the phases;

$B_i$  – total number of independent component  $i$  in the system;

$j_a$  – the weight of numbers representing the  $i$ -th independent components

Table 4

Thermodynamic parameters per 1 g/mol of  $FePO_4$  phosphate in the interaction of iron phosphate with carbon monoxide

Кесте 4

1 г/моль  $FePO_4$  фосфатына арналған термодинамикалық параметрлер темір фосфатының көміртегі тотығымен әрекеттесуі кезінде

Таблица 4

Термодинамические параметры на 1 г/моль фосфата  $FePO_4$  при взаимодействии фосфата железа с монооксидом углерода

T, K	$\Delta H$ , kJ	$\Delta S$ , J/K	$\Delta G$ , kJ
100	97,237	-42,774	97,771
150	98,293	22,068	97,879
200	100,562	125,550	97,424
250	103,601	233,586	96,301
300	107,239	339,471	94,509
350	111,431	442,696	92,063
400	116,094	542,235	88,983
450	121,139	637,230	85,294
500	126,503	727,609	81,027
550	132,142	813,572	76,209
600	138,021	895,399	70,866
650	144,111	973,381	65,024
700	150,388	1047,788	58,706
750	156,827	1118,861	51,934
800	163,408	1186,814	44,727
850	170,112	1251,838	37,105
900	176,927	1314,156	29,085
950	183,849	1374,035	20,683
1000	190,875	1431,688	11,914
1050	197,992	1487,243	2,791
1100	205,191	1540,829	-6,673
1150	212,466	1592,568	-16,466
1200	219,810	1642,575	-26,576

in the phase and system;

$n$  – number of independent components of the system;

$C_j$  – empirical thermodynamic function;

$X_a$  – the total number of moles of phase  $a$  in the system;

$X_j/X_a$  – dependent mole fraction of component  $j$  in phase  $a$ ;

$Y_j$  – the activity coefficient of the  $j$  component.

### Results and its discussion

The equilibrium parameters of a thermodynamic system are determined by solving the mathematical problem of finding the extremum, taking into account all restrictions, using Langrange functions and the method of successive approximations of Newton.

When working with the HSC-5.1 complex, the initial information is presented in the form of the quantitative (kg) distribution of substances in the system under study. Then, in accordance with the algorithm developed by us, the equilibrium degree of element distribution ( $\alpha_{EL}$ , %) over the interaction products was calculated.

Thermodynamic interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with hydrogen  $H_2$  and carbon monoxide  $CO$ . Results of the study: These reactions were considered:

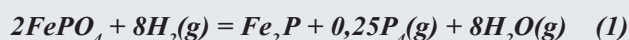


Table 1 shows that the interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with hydrogen  $H_2$  is characterized by energy absorption. This is evidenced by the positive values of the enthalpy  $\Delta H$  in the second column of the table, which means that the process is accompanied by energy absorption. When the temperature increases from 100 K to 1200 K, the  $\Delta G$  in the process changes from a positive to a negative value. In table 2, the interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with carbon monoxide  $CO$  is also characterized with energy absorption. This can be seen from the positive value of the enthalpy  $\Delta H$ .

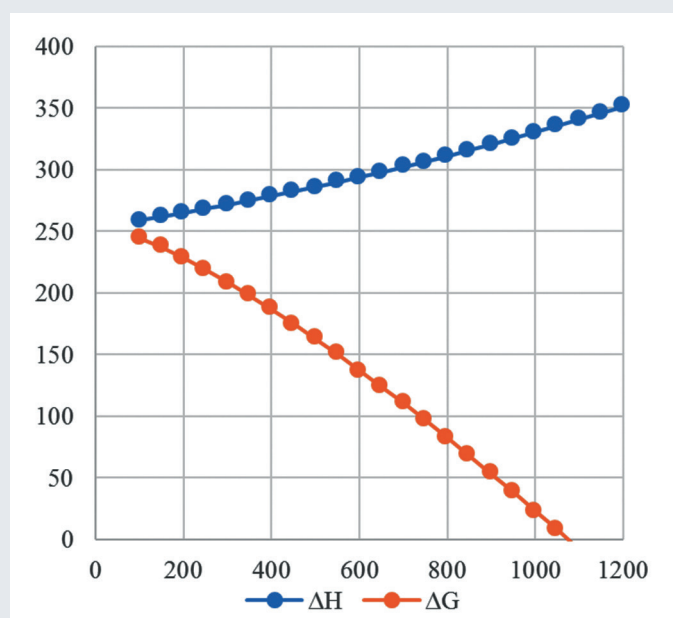
The temperature of the beginning of the reduction of  $Fe_2P$  by hydrogen starts (according to  $\Delta G = 0$ ) from 1074,7 K and by carbon monoxide starts (according to  $\Delta G = 0$ )

from 1070 K. Therefore, as the temperature increases,  $FePO_4$  is reduced to  $Fe_2P$ .

1 mol of the initial phosphate,  $FePO_4$ , was selected to bring the thermodynamic parameters to 1 mol of the substance. For this purpose, the enthalpy content at different temperatures was divided by the number of moles of phosphate contained in the initial formulas (1, 2). Table 3 shows the thermodynamic parameters per 1 g/mol of  $FePO_4$  phosphate in the interaction of iron phosphate with hydrogen. Table 4 shows the thermodynamic parameters per 1 g/mol of  $FePO_4$  phosphate when iron phosphate reacts with carbon monoxide. Figures 1 and 2 show the effect of temperature on changes in the enthalpy  $\Delta H$  and the Gibbs energy  $\Delta G$  during the interaction of iron phosphate with hydrogen and carbon monoxide.

### Conclusion

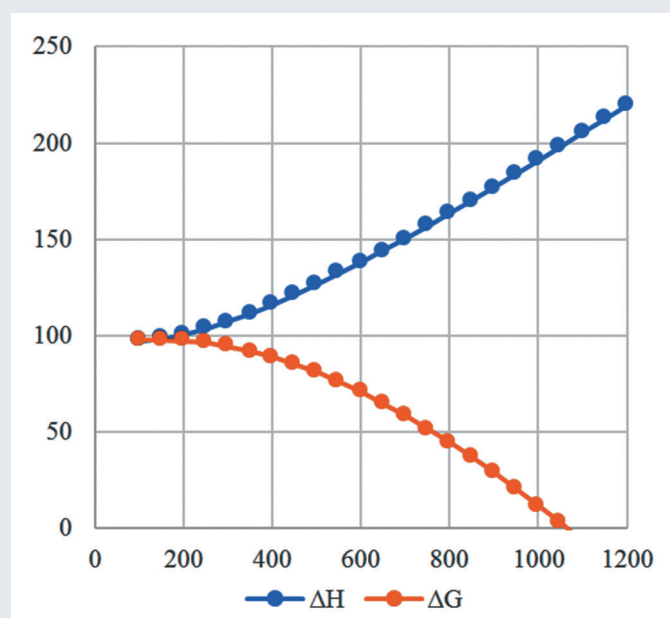
Using the HSC-5.1 software package, we performed thermodynamic modeling of the joint interaction of iron phosphates  $FePO_4$  with hydrogen  $H_2$  and carbon monoxide  $CO$ . During the calculation at  $\Delta G = 0$ , the temperature of the beginning of the reduction of  $Fe_2P$  from iron phosphate  $FePO_4$  with hydrogen (1074,7 K) and carbon monoxide (1070 K) was determined. At a real process temperature of 1100-1200°C, based on the above figures, when the Gibbs energy changes, the decomposition of  $FePO_4$  proceeds with the highest thermodynamic possibility.



**Figure 1. Influence of temperature on the change in the enthalpy  $\Delta H$  and Gibbs energy  $\Delta G$  by 1 g/mol  $FePO_4$  in the interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with hydrogen  $H_2$ .**

**Сурет 1. Темір фосфатының  $FePO_4$  сутегімен  $H_2$  әрекеттесуі кезінде температураның энтальпия  $\Delta H$  мен Гиббс энергиясының  $\Delta G$  1 г/моль  $FePO_4$ -ке өзгеруіне әсері.**

**Рис. 1. Влияние температуры на изменение энтальпии  $\Delta H$  и энергии Гиббса  $\Delta G$  на 1 г/моль  $FePO_4$  при взаимодействии фосфата железа  $FePO_4$  с водородом  $H_2$ .**



**Figure 2. Influence of temperature on the change in the enthalpy  $\Delta H$  and Gibbs energy  $\Delta G$  by 1 g/mol  $FePO_4$  in the interaction of iron phosphate  $FePO_4$  with carbon monoxide  $CO$ .**

**Сурет 2. Темір фосфаты  $FePO_4$  көміртегі тотығымен  $CO$  әрекеттескен кезде температураның энтальпия  $\Delta H$  мен Гиббс энергиясының  $\Delta G$  1 г/моль  $FePO_4$ -ке өзгеруіне әсері.**

**Рис. 2. Влияние температуры на изменение энтальпии  $\Delta H$  и энергии Гиббса  $\Delta G$  на 1 г/моль  $FePO_4$  при взаимодействии фосфата железа  $FePO_4$  с монооксидом углерода  $CO$ .**

## REFERENCES

1. Kaskataeva K.B., Kryazheva T.V. et al. *Xarakteristika rud Lisakovskogo mestorozhdeniya s cel'yu ix kompleksnoj pererabotki [Characteristics of Lisakovsky ores deposits for the purpose of their complex processing]. // Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov = Bulletin of Tomsk polytechnic university. Engineering of georesources. – Tomsk, 2021. – T. 332. – №5. – P. 7-16 (in Russian)*
2. Demidov A.I., Markelov I.A. *Termodinamika vzaimodejstviya oksidov zheleza s vodorodom s uchetom izmeneniya sostava vyustita pri izmenenii temperatury [Thermodynamics of the interaction of iron oxides with hydrogen, taking into account the change in the composition of wuestite with a change in temperature]. // Nauchno-texnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politexnicheskogo universiteta = Scientific and technical statements of the Saint-Petersburg State Polytechnic University. – St. Petersburg, 2013. – №3(178). – P. 193-198 (in Russian)*
3. Demidov A.I., Markelov I.A. *Termodinamika vosstanovleniya zheleza iz oksidov monooksidom ugleroda v prisutstvii ugleroda [Thermodynamics of reduction of iron from oxides by carbon monoxide in the presence of carbon]. // Materialovedenie. E'nergetika = Materials Science. Energy. – 2021. – T. 27. №4. – S. 124-131 (in Russian)*
4. Demidov A.I., Markelov I.A. *Termodinamika vosstanovleniya zheleza iz oksidov monooksidom ugleroda v smesi s dioksidom ugleroda pri postoyannom sodержanii kisloroda v sisteme [Thermodynamics of the reduction of iron from oxides by carbon monoxide mixed with carbon dioxide at a constant oxygen content in the system]. // Nauchno-texnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politexnicheskogo universiteta. Estestvennye i inzhenernye nauki = Scientific and technical statements of the Saint-Petersburg State Polytechnic University. Natural and engineering sciences. – S-Pb, 2019. – T. 25. – №1. – P. 174-180 (in Russian)*

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қасқатаева Қ.Б., Кряжева Т.В. және т.б. *Лисаковск кендерінің сипаттамасы оларды кешенді өңдеу мақсатында кен орындары. // Томск хабаршысы политехникалық университеті. Георесурстар инженериясы. – Томск, 2021. – Т. 332. – №5. – Б. 7-16 (орыс тілінде)*
2. Демидов А.И., Маркелов И.А. *Температураның өзгеруімен вуэстит құрамының өзгеруін ескере отырып, темір оксидтерінің сутегімен әрекеттесуінің термодинамикасы. // Санкт-Петербург мемлекеттік политехникалық университетінің ғылыми-техникалық тұжырымдары. – СПб., 2013. – №3(178). – Б. 193-198 (орыс тілінде)*
3. Демидов А.И., Маркелов И.А. *Көміртек қатысында оксидтерден темірді көміртегі тотығымен тотықсыздандырудың термодинамикасы. // Материалтану. Энергия. – 2021. – Т. 27. – №4. – Б. 124-131 (орыс тілінде)*
4. Демидов А.И., Маркелов И.А. *Жүйедегі тұрақты оттегі мөлшері кезінде көмірқышқыл газымен араласқан көміртегі тотығының оксидтерінен темірді тотықсыздандырудың термодинамикасы. // Санкт-Петербург мемлекеттік политехникалық университетінің ғылыми-техникалық тұжырымдары. Жаратылыстану және инженерлік ғылымдар. – СПб., 2019. – Т. 25. – №1. – Б. 174-180 (орыс тілінде)*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В. и др. *Характеристика руд Лисаковского месторождения с целью их комплексной переработки. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск, 2021. – Т. 332. – №5. – С. 7-16 (на русском языке)*
2. Демидов А.И., Маркелов И.А. *Термодинамика взаимодействия оксидов железа с водородом с учетом изменения состава вюстита при изменении температуры. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – СПб., 2013. – №3(178). – С. 193-198 (на русском языке)*

3. Демидов А.И., Маркелов И.А. Термодинамика восстановления железа из оксидов монооксидом углерода в присутствии углерода. // *Материаловедение. Энергетика.* – 2021. – Т. 27. – №4. – С. 124-131 (на русском языке)
4. Демидов А.И., Маркелов И.А. Термодинамика восстановления железа из оксидов монооксидом углерода в смеси с диоксидом углерода при постоянном содержании кислорода в системе. // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Естественные и инженерные науки.* – СПб, 2019. – Т. 25. – №1. – С. 174-180 (на русском языке)

#### Information about the authors:

**Mukhametkhan Ye.**, PhD Student at the Department of Metallurgy and Materials Science of the Karaganda Industrial University (Temirtau, Kazakhstan), [mukhametkhan.yerlan@mail.ru](mailto:mukhametkhan.yerlan@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1226-9165>

**Mukhametkhan M.**, PhD Student at the Department of Metallurgy and Materials Science of the Karaganda Industrial University (Temirtau, Kazakhstan), [marzhan\\_mukhametkhan@mail.ru](mailto:marzhan_mukhametkhan@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1233-5954>

**Zhabalova G.G.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Energy of the Karaganda Industrial University (Temirtau, Kazakhstan), [g-zhabalova@mail.ru](mailto:g-zhabalova@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-0736-5120>

**Shevko V.M.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head at the Department of Metallurgy of the South Kazakhstan University named M. Auezov (Shymkent, Kazakhstan), [shevkovm@mail.ru](mailto:shevkovm@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9814-6248>

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Мухаметхан Е.**, Қарағанды индустриялық университетінің «Металлургия және материалтану» кафедрасының докторанты (Теміртау қ., Қазақстан)

**Мухаметхан М.**, Қарағанды индустриялық университетінің «Металлургия және материалтану» кафедрасының докторанты (Теміртау қ., Қазақстан)

**Жабалова Г.Г.**, техника ғылымының кандидаты, доцент, Қарағанды индустриялық университетінің «Энергетика» кафедрасының аға оқытушысы (Теміртау қ., Қазақстан)

**Шевко В.М.**, техника ғылымдарының докторы, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Металлургия» кафедрасының меңгерушісі (Шымкент қ., Қазақстан)

#### Сведения об авторах:

**Мухаметхан Е.**, докторант кафедры «Металлургия и материаловедение» Карагандинского индустриального университета (г. Темиртау, Казахстан)

**Мухаметхан М.**, докторант кафедры «Металлургия и материаловедение» Карагандинского индустриального университета (г. Темиртау, Казахстан)

**Жабалова Г.Г.**, канд. техн. наук, доцент, старший преподаватель кафедры «Энергетика» Карагандинского индустриального университета (г. Темиртау, Казахстан)

**Шевко В.М.**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Металлургия» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан)



## ОТКРЫТА ПОДПИСКА

КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС

Подписной индекс 75807

Заявка на главной странице сайта [MINMAG.KZ](http://MINMAG.KZ)

Следите за новостями!

 [minmag.kz](http://minmag.kz)

 [@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)

 +7 747 343 15 02

 [post-dts@yandex.kz](mailto:post-dts@yandex.kz)

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



# MinTech-2022

28/29/30-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ,  
УГОЛЬНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**18-20 мая**  
**г.Усть-Каменогорск**

**24-26 мая**  
**г.Павлодар**

**12-14 октября**  
**г.Актобе**



**КАЗАХСТАН**

[www.kazexpo.kz](http://www.kazexpo.kz)

По вопросам участия  
обращайтесь к организаторам:



тел: 8 (727) 250-75-19, 313-76-29  
моб.: +7 707 456-53-07  
e-mail: [kazexpo@kazexpo.kz](mailto:kazexpo@kazexpo.kz)

По всем вопросам:  
тел. +7 495 128 3577  
email: [info@smartindustry.live](mailto:info@smartindustry.live)

1 - 2 июня 2022, Москва

SMART  
INDUSTRY

## ПЕРЕХОД К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКЕ – УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Первая в России конференция, объединяющая опыт компаний из различных секторов экономики в области промышленной трансформации и перехода к моделям устойчивого развития.

[www.smartindustry.live](http://www.smartindustry.live)

Место проведения: Loft Hall #2  
Ул. Ленинская Слобода 26 с15





Код МРНТИ 52.45.49

А.Р. Арипов, Ф.Э. Ахтамов, А.А. Саидахмедов, Б.Р. Вохидов

Навоийский государственный горный институт (г. Навои, Узбекистан)

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ВЕРМИКУЛИТОВЫХ РУД КАРАУЗЯКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** В статье указаны основные свойства природного вермикулита, результаты анализа минералого-технологических особенностей вермикулитового сырья. Приведены сведения о вермикулитовых рудах Караузьякского месторождения, гранулометрический и химический состав, результаты рентгенофазного анализа измельченного продукта. А также исследованы вопросы разработки схемы обогащения (дробление, грохочение, сушка, электромагнитная сепарация, пневматическая сепарация) и обжига, целью которой является получение сырья для теплоизоляционных и облицовочных плиток. Приведены результаты обогащения гравитационными методами, такими как обогащение в отсадочных машинах и воздушных сепараторах. Приведены основные параметры пневматического обогащения и процесса обжига при получении вспученного вермикулита.

**Ключевые слова:** минералы, вермикулит, выхретоковой сепаратор, пневматический сепаратор, дробление, грохочение, сушка, теплоизоляция, температура, извлечения.

### Қараузық кен орнының вермикулит кенін байыту технологиясын әзірлеу

**Аңдатпа.** Мақалада табиғи вермикулиттің негізгі қасиеттері көрсетілген, вермикулит шикізатының минералогиялық және технологиялық ерекшеліктері талданған. Қараузық кен орнының вермикулит кендері, гранулометриялық және химиялық құрамы туралы мәліметтер, ұсақталған өнімнің рентгендік фазалық талдауының нәтижелері келтірілген. Сондай-ақ байыту (ұсақтау, іріктеу, кептіру, электромагниттік бөлу, пневматикалық сепарация) және күйдіру сұлбасын әзірлеу мәселелері қарастырылды, оның мақсаты жылу оқшаулағыш және қаптау плиткаларының шикізатын алу болып табылады. Гравитациялық әдістермен байыту нәтижелері, мысалы, айлабұйымдарда және ауа сепараторларында байыту көрсетілген. Пневматикалық байытудың негізгі параметрлері және кеңейтілген вермикулитті өңдеу кезіндегі күйдіру процесі келтірілген.

**Түйінді сөздер:** минералдар, вермикулит, ағынды сепаратор, пневматикалық сепаратор, ұсақтау, сүзу, кептіру, жылу оқшаулау, температура, экстракция.

### Development of a technology for enrichment of vermiculite ore of the Karauzyak deposit

**Abstract.** The article indicates the main properties of natural vermiculite, analyzes the mineralogical and technological features of vermiculite raw materials. Information about vermiculite ores of the Karauzyak deposit, granulometric and chemical composition, results of X-ray phase analysis of the crushed product are given. Also, the issues of developing a scheme for enrichment (crushing, screening, drying, electromagnetic separation, pneumatic separation) and roasting, the purpose of which is to obtain raw materials for heat-insulating and facing tiles, are considered. The results of enrichment by gravity methods, such as enrichment in jigging machines and air separators, are given. The main parameters of pneumatic enrichment and the firing process during the irradiation of expanded vermiculite are given.

**Key words:** minerals, vermiculite, effluent separator, pneumatic separator, crushing, screening, drying, thermal insulation, temperature, extraction.

### Введение

В республике Узбекистан производство вермикулита и материалов на его основе только начинает развиваться. Высокая пористость, малый объемный вес и низкий коэффициент теплопроводности, а также минеральный состав, обеспечивающий высокую огнестойкость и биостойкость, ставят его на одно из первых мест среди других теплоизоляционных материалов. Из него готовят сухие строительные смеси, производят огнезащитные плиты и краски, он применяется для изоляции тепловых агрегатов, для звукоизоляции помещений, при разливке стали и т. п. В промышленности экономически развитых стран вермикулит применяют для производства более ста наименований продукции [1].

### Методы и результаты исследований

Вермикулитовые руды Караузьякского месторождения являются типичными образованиями коры выветривания. В приповерхностной

части они представлены рыхлыми мелко- и среднезернистыми породами, часто с комковатой структурой. Комки имеют размер 3-7 см

и легко рассыпаются на мелкие частицы. На глубине породы более плотные, но так же слабо сцементированные [2, 3].

**Таблица 1**  
**Гранулометрический состав руд Караузьякского месторождения**

**Кесте 1**  
**Қараузық кен орны кендерінің гранулометриялық құрамы**

**Table 1**  
**Granulometric composition of the ores of the Karauzyak deposit**

№ проб	Фракции, мм, %					
	+10	-10+5	+5	-5+0	В том числе	
					-5+0,6	-0,6+0
П-01т	31,2	24,8	56,0	44,0	39,5	4,5
П-02т	0,7	1,2	1,9	98,1	42,9	55,2
П-03т	2,0	2,8	4,8	95,2	45,9	49,3
П-04т	2,2	4,0	6,2	93,8	52,8	41,0
П-35	–	–	33,6	66,4	41,6	24,8
П-36	–	–	2,2	97,8	62,1	35,7
П-41	–	–	14,9	85,1	58,2	26,9
П-49	–	–	45,0	55,0	40,7	14,3
П-48	–	–	22,5	77,5	42,1	35,4
П-50	3,3	2,3	56	94,4	46,1	48,3

Гранулометрический состав руд непостоянный (табл. 1).

В целом, преобладает фракция менее 5 мм (от 55% до 98%, в среднем около 83%). Содержание фракции более 10 мм (в основном мягкие комки) от нескольких до 15-30%, фракции 5-10 мм – в основном на уровне 2-5%, содержание фракций 5-0,6 мм и 0,6-0 мм примерно равно<sup>1</sup> [4].

Главными минералами руд являются вермикулит, пироксен, амфибол; второстепенные – карбонат, титаномагнетит, иллингсит, гидрохлорит, монтмориллонит, хризотил-асбест, гипс, окислы железа. Титаномагнетит в значительной степени мартитизирован. Содержание его колеблется от 0,5-1,0% до 5-10%, реже 15-20%. По минеральному составу руды<sup>1</sup> преимущественно вермикулит-пироксеновые с содержанием пироксена от 60% до 90% [5].

Химический состав руд (табл. 2) во многом наследует состав рудообразующих невыветрелых пород, отличаясь лишь более высоким содержанием  $Fe_2O_3$ ,  $CO_2$ , сульфатной серы и потерями при прокаливании, что характерно для зоны гипергенеза [3, 6, 7].

Рентгенофазовый анализ измельченной пробы вермикулита проводился на рентгеновском дифрактометре типа ДРОН-3. Излучение –  $CuK\alpha$ , детектор – сцинтилляционный счетчик. Запись проводилась в диапазоне углов  $2\theta$  от  $5^\circ$  до  $70^\circ$  с шагом  $0,1^\circ$ . Рентгенограмма дробленого вермикулита представлена на рис. 1. Установлено различие в поведении вермикулита тонкоизмельченной пробы и отобранных в пробе сравнительно крупных агрегатов вермикулитового концентрата, диаметр которых составляет около 2 мм, они сложены рядом плотно прилегающими слоями [1].

По данным анализа, в составе вермикулита основную роль играют слюды промежуточной стадии гидратации, представленные смешанно-слоистыми образованиями

Таблица 2

Химический состав вермикулитовых руд

Кесте 2

Вермикулит кендерінің химиялық құрамы

Table 2

Chemical composition of vermiculite ores

Компоненты	Содержание, %	Компоненты	Содержание, %
$SiO_2$	41,13	$Na_2O$	1,0
$TiO_2$	1,11	$K_2O$	0,62
$Al_2O_3$	6,25	$P_2O_5$	0,03
$Fe_2O_3$	7,36	$SO_3$	0,29
$FeO$	3,76	n.n.	6,18
$MgO$	15,04	$H_2O$	1,31
$CaO$	17,7	$CO_2$	2,55

Таблица 3

Распределение вермикулитового концентрата по фракциям

Кесте 3

Вермикулит концентратының фракциялар бойынша таралуы

Table 3

Distribution of vermiculite concentrate by fractions

Фракция	Выход концентрата, %	Содержание вермикулита в концентрате, %	Извлечение вермикулита в концентрат, %
-4+2 мм	4,0	85,0	33,46
-2+1 мм	3,97	85,0	33,21
-1+0 мм	3,50	85,0	29,28
Итого	11,47	85,0	95,95

W – вермикулит;  
F – флогопит;  
B – биотит

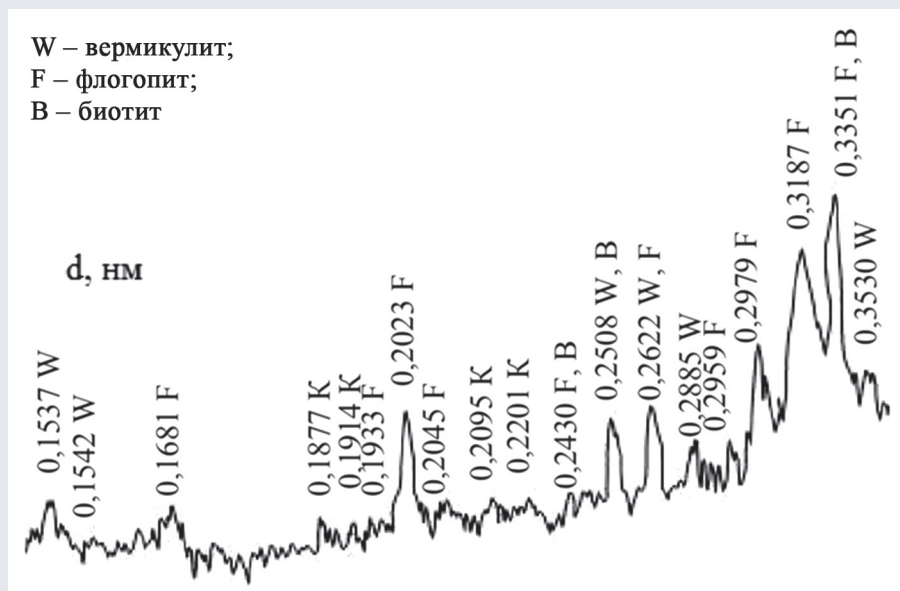
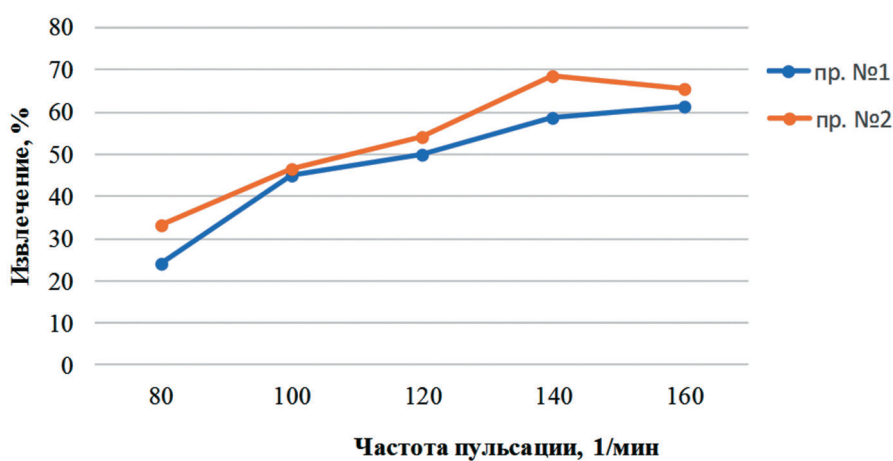


Рис. 1. Дифрактограмма вермикулита дробленого.

Сурет 1. Ұсақталған вермикулиттің дифракциялық заңдылығы.

Figure 1. Diffractogram of crushed vermiculite.

<sup>1</sup>Рабочий проект по проектированию линии по производству вспученного вермикулита из руд Тебинбулакского месторождения. – Ташкент: Институт «Теплоэнергоспроект», 1997. – 70 с.



**Рис. 2. Зависимость извлечения вермикулита в концентрат от частоты пульсации отсадочной машины.**

**Сурет 2. Концентратқа вермикулитті экстракциялаудың айналмалы машинаның пульсация жиілігіне тәуелділігі.**

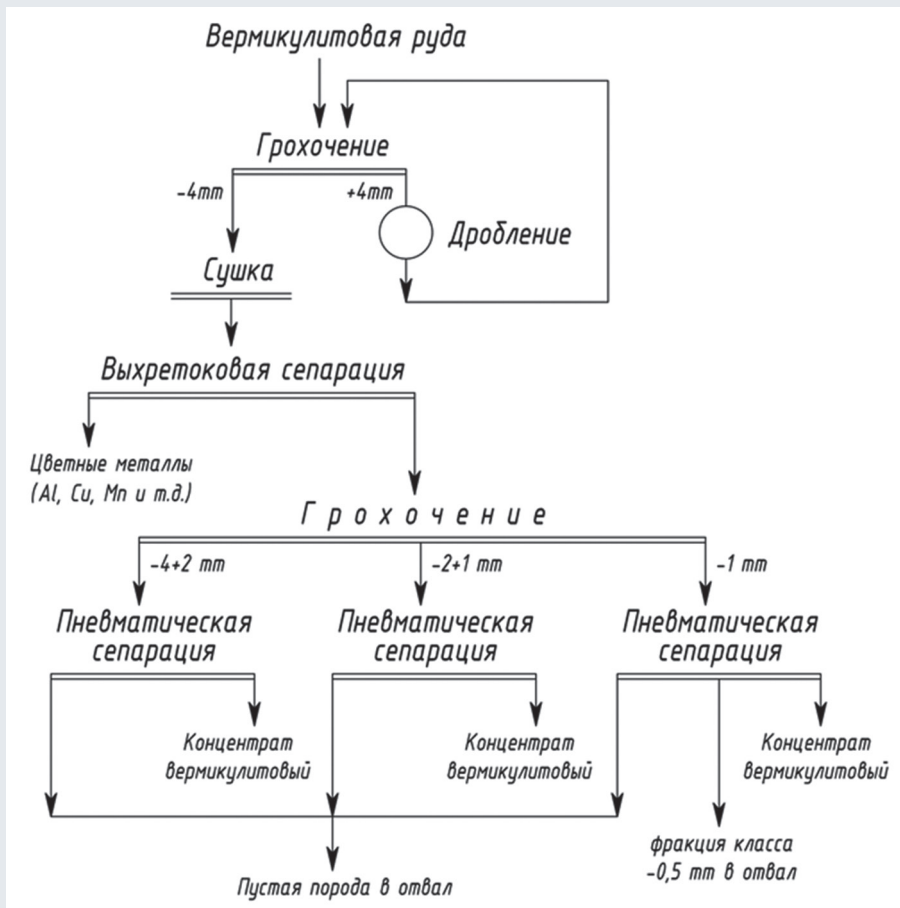
**Figure 2. Dependence of extraction of vermiculite into concentrate on the pulsation frequency of the jigging machine.**

с чередованием слоев гидробитита и вермикулита. Собственно вермикулитом сложены лишь мелкие чешуйки слюд. По характеру обменных катионов отмечается магниевый, магниево-кальциевый, натриевый вермикулит и гидробитит. В крупных слюдяных чешуйках преобладают их натриевые разновидности, в мелких магниевые. Содержание вермикулита в рудах крайне неравномерное – от первых десятых долей процента до 35-38%, в жилькообразных скоплениях до 50-65%. Отчетливой закономерности распределения вермикулита на глубину не наблюдается.

Содержание вермикулита определялось путем обжига породы и воздушной сепарации вспученного вермикулита. Большая часть проб проанализирована с применением специальной аппаратуры (трубчатая виброэлектронная ЛВЭ ТП-1, виброэжекторный воздушный сепаратор ВЭП-1), что значительно повысило точность анализа<sup>2</sup> [8].

По содержанию вермикулита руды можно условно подразделить на 3 типа: бедные руды с содержанием 5-10%, средние (10-20%) и богатые (более 20%). Однако, оконтуривание руд с различным содержанием вермикулита из-за неравномерности его распределения не представляется возможным.

Учитывая относительно низкие содержания вермикулита в рудах, были проведены лабораторные испытания с целью определения возможности их предварительного обогащения в отсадочной машине. Испытания проведены на двух пробах весом 7,1 кг и 8,1 кг с содержанием вермикулита 8,12% и 11,62%. Содержание вермикулита в полученных концентратах (легких фракций) составило, соответственно, 18,49% и 28,35% при выходе 25,7% и 27,6%; извлечение вермикулита в концентрат – 58-67%. Объемный насыпной вес вспученного вермикулита 166-178 кг/м<sup>3</sup>. Результаты исследования приведены на рис. 2.



**Рис. 3. Технологическая схема сухого обогащения вермикулитовых руд.**

**Сурет 3. Вермикулит кендерінің құрғақ концентрациясының технологиялық сұлбасы.**

**Figure 3. Technological scheme of dry enrichment of vermiculite ores.**

<sup>2</sup>Исмаилов Ф.И. Оценка и разведка Тебинбулакского месторождения вермикулита в Караузякском районе республики Каракалтакстан. – Ташкент, 2001. – Книга 1: текст отчета. – 82 с.

При повышенном содержании в рудах титаномагнетита возможно попутное получение его концентрата путем магнитной сепарации руд в голове технологического процесса. По данным лабораторных испытаний, содержание  $Fe_2O_3$  в магнетитовых концентратах составляет 24,7-50% и они могут использоваться

в качестве железистой добавки при производстве цемента.

Как видно из приведенных данных, при обогащении на отсадочных машинах показатели обогащения невелики. Для создания оптимальной схемы обогащения вермикулитовая руда Караузякского месторождения с содержанием

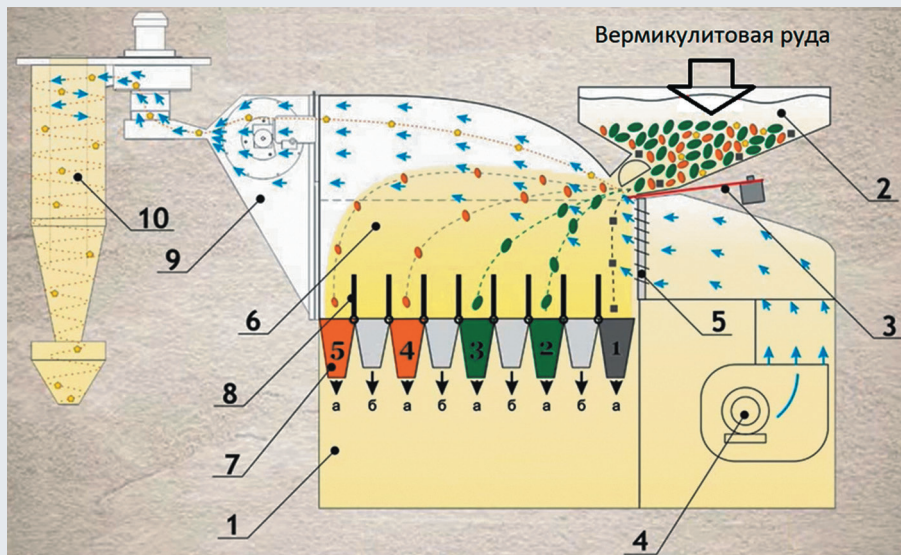
вермикулита в нем 10,16% была испытана на обогатимость по разработанной схеме (рис. 3).

Технологическая схема включает одностадийное дробление, извлечение из руд железосодержащих, цветных металлов и других примесей, сортировку на грохотах на получаемые фракции и воздушную сепарацию.

Для отделения фракции более 4 мм руду подвергли грохочению. Фракция более 4 мм подается в дробилку для дробления с последующим возвращением дробленого продукта на грохочение. При механическом воздействии зерна вермикулита легко раскрепляются по плоскостям спайности, образуя очень тонкие, слабо вспучивающиеся чешуйки, поэтому при дроблении необходимо исключить и чрезмерное расщепление вермикулита.

По своей структуре и свойствам вермикулит существенно отличается от других природных каменных материалов, дробление которых с успехом может вестись на молотковых, щековых и валковых дробилках. Способность вермикулита расслаиваться на тонкие пластинки, а в ряде случаев довольно высокая вязкость не позволяют использовать существующие дробильные установки для его дробления. Физические свойства вермикулита, а также указанные требования к дробленому материалу требуют, чтобы дробление вермикулита производилось не ударным или раздавливающим воздействием, а резанием или одновременно действующими резанием и ударом.

Процесс дробления вермикулитовой руды Караузякского месторождения проводился в щековой, валковой и молотковой дробилках с целью изучения показателей дробления. Проведенные исследования по дроблению вермикулита позволили установить, что хорошие результаты могут быть получены при использовании молотковых дробилок с режущими ножеобразными билами. Их применение позволяет уменьшить степень дробления, увеличить толщину зерен дробленого вермикулита

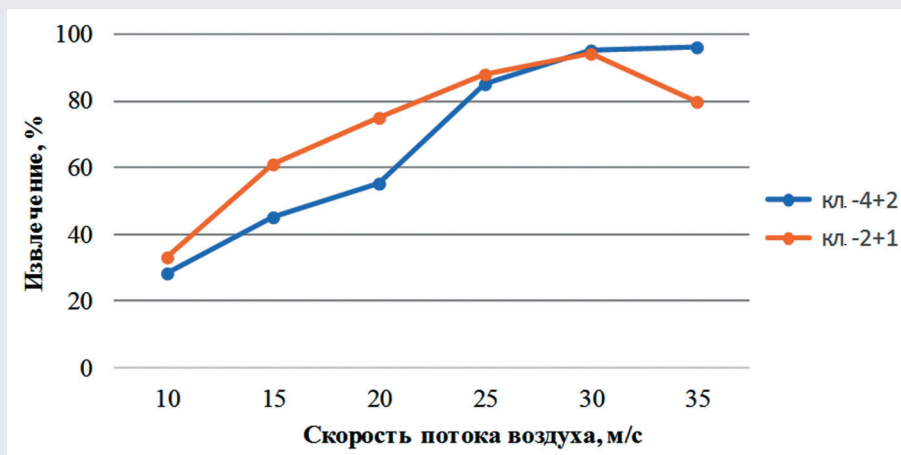


1 – базовый модуль; 2 – бункер-питатель; 3 – виброток; 4 – главный вентилятор; 5 – струйный генератор; 6 – рабочая камера; 7 – сборник фракций (а – сборник основных фракций; б – сборник промежуточных фракций; 1 – для тяжелых фракций; 2, 3 – для фракций промежуточной плотности; 4, 5 – для легких фракций); 8 – поворотные шторки; 9 – блок аспирации; 10 – циклон.

**Рис. 4. Траектория движения минералов по плотности внутри сепаратора.**

**Сурет 4. Сепаратор ішіндегі тығыздығы бойынша минералдардың қозғалу траекториясы.**

**Figure 4. The trajectory of movement of minerals by density inside the separator.**



**Рис. 5. Зависимость извлечения вермикулита в концентрат от скорости потока воздуха воздушного сепаратора.**

**Сурет 5. Вермикулитті концентратқа алудың ауа сепараторының ауа шығынына тәуелділігі.**

**Figure 5. Dependence of extraction of vermiculite into concentrate on the air flow rate of the air separator.**

и снизить удельную работу, тем самым увеличив производительность дробления [1, 4].

Для удаления влаги перед электромагнитной сепарацией фракцию – 4 + 1 мм просушивали в сушильном барабане с циклоном при температуре 150°C. Удаление цветных металлов проводили в электромагнитном поле с использованием вихреотокового сепаратора. Оттуда вермикулитовый продукт поступает на классификацию в грохотах для отсева на фракции – 4 + 2 мм, – 2 + 1 мм и – 1 мм.

Далее в воздушных сепараторах (рис. 4) методом сухого обогащения получили концентрат

вермикулита. Для повышения показателей обогащения и эффективности работы сепаратора каждый класс крупности подвергли сепарации по отдельности. Эксперименты проведены на воздушном сепараторе САД-4 с изменением скорости потока воздуха.

При сепарации вермикулитовой руды разделение минералов происходит по удельному весу. Минералы, имеющие большой удельный вес, попадают в первый приемник (рис. 4.), вермикулит, поскольку у него малый удельный вес по сравнению с другими минералами в руде, уносится потоком воздуха и попадает в дальний приемник.

Результаты исследования показывают (рис. 5), что начальная скорость основной струи воздуха для разделения зерна вермикулита от пустой породы должна быть в границах 25-30 м/с.

#### **Заключение**

Таким образом, в результате проведенных исследований по разработанной схеме был получен вермикулитовый концентрат фракций – 4 + 2 мм, – 2 + 1 мм и – 1 мм с извлечением вермикулита в концентрат 95,95%, выходом концентрата 11,47% и содержанием вермикулита в концентрате 85%. Распределение вермикулитового концентрата по фракциям приведено в табл. 3.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Arifov A., Saidakhmedov A., Vokhidov B. Разработка технологии обогащения вермикулитовой руды Караузьякского месторождения. // *Universum: технические науки*. – М., 2021. – №12(93). – С. 5-10 (на английском языке)
2. Arifov A.R., Saidakhmedov A.A., Axtamov F.E. Возможности получения различных продуктов обогащения вермикулитовых руд. // *Горный вестник Узбекистана*. – Навои, 2021. – №4(87). – С. 73-75 (на узбекском языке)
3. Ахтамов Ф.Э., Арипов А.Р. Обогащение вермикулитовых руд. // *Материалы республиканской научно-технической конференции «Инновационные научно-практические исследования ученых и молодежи Узбекистана»*. – Ташкент, 2021. – С. 106-110 (на русском языке)
4. Арипов А.Р., Саидахмедова Л.А. Перспективы переработки вермикулитовых руд. // *Международная научно-практическая онлайн конференция «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов»*. – Алмалык, 2021. – С. 168-169 (на русском языке)
5. Тихонов Ю.М., Коломиец И.В. Производство вермикулита Каратас-Алтынтасского месторождения (Западный Казахстан) в легких бетонах. // *Сборник докладов 65-й научной конференции*. – С-Пб., 2008. – С. 136-140 (на русском языке)
6. Эшонкулов У.Х.-У., Олимов Ф.М.-У., Саидахмедов А.А., Туробов Ш.Н. Обоснование параметров контурного взрывания при сооружении горных выработок большого сечения в крепких породах. // *Достижения науки и образования*. – М., 2018. – №19(41). – С. 10-13 (на русском языке)
7. Арипов А.Р., Ахтамов Ф.Э., Тошев О.Э., Азимова А.Б. Обогащение вермикулитовых руд. // *X международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производствах»*. – Кузбасс, 2021. – С. 106.1-106.4 (на русском языке)
8. Арипов А.Р., Холикулов Д.Б., Гусейнов Р.К., Ахтамов Ф.Э., Мамараимов Г.Ф. Обогащение вермикулитовых руд Караузьякского месторождения республики Каракалпакстан. // *Universum: технические науки*. – М., 2021. – №3(84). – С. 78-82 (на русском языке)

#### **ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТИЗІМІ**

1. Arifov A., Saidakhmedov A., Vokhidov B. Караузьяк кен орнының вермикулит кенін байыту технологиясын әзірлеу. // *Universum: техникалық ғылымдар*. – М., 2021. – №12(93). – Б. 5-10 (ағылшын тілінде)
2. Арипов А.Р., Саидахмедов А.А., Ахтамов Ф.Е. Вермикулит кендерін байытудың әртүрлі өнімдерін алу мүмкіндіктері. // *Өзбекстанның тау хабаршысы*. – Navoiy, 2021. – №4(87). – Б. 73-75 (өзбек тілінде)
3. Ахтамов Ф.Е., Арипов А.Р. Вермикулит кендерін байыту. // *«Өзбекстан ғалымдары мен жастарының инновациялық ғылыми-практикалық зерттеулері»*

Республикалық ғылыми-техникалық конференциясының материалдары. – Ташкент, 2021. – Б. 106-110 (орыс тілінде)

4. Арипов А.Р., Сайдахмедова Л.А. Вермикулит кендерін өңдеу перспективалары. // «Минералды шикізатты және техногендік қалдықтарды тиімді өңдеу мәселелері, перспективалары және инновациялық көзқарас» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік онлайн-конференция. – Алмалық, 2021. – Б. 168-169 (орыс тілінде)
5. Тихонов Ю.М., Коломиец И.В. Қаратас-Алтынтас кен орнының (Батыс Қазақстан) жеңіл бетондағы вермикулитін өндіру. // 65-ші ғылыми конференцияның баяндамалар жинағы. – С-Пб., 2008. – Б. 136-140 (орыс тілінде)
6. Эшонкулов У.Х.-У., Олимов Ф.М.-У., Сайдахмедов А.А., Туробов Ш.Н. Қатты жыныстардағы ірі секциялы кен қазбаларын салу кезіндегі контурлық жару параметрлерін негіздеу. // Ғылым мен білімнің жетістіктері. – М., 2018. – №19(41). – Б. 10-13 (орыс тілінде)
7. Арипов А.Р., Ахтамов Ф.Е., Тошев О.Е., Азимова А.Б. Вермикулит кендерін байыту. // «Ғылым мен өндірістеги заманауи трендтер мен инновациялар» X халықаралық ғылыми-практикалық конференция. – Кузбасс, 2021. – Б. 106.1-106.4 (орыс тілінде)
8. Арипов А.Р., Холикулов Д.Б., Гусейнов Р.Қ., Ахтамов Ф.Е., Мамараимов Ф.Ф. Қарақалпақстан Республикасы Қараузяк кен орнының вермикулит рудаларын байыту. // *Universum: Инженерлік ғылымдар*. – М., 2021. – №3(84). – Б. 78-82 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Aripov A., Saidakhmedov A., Vokhidov B. Development of a technology for enrichment of vermiculite ore of the Karauzyak deposit. // *Universum: technical sciences*. – M., 2021. – №12(93). – P. 5-10 (in English).
2. Aripov A.R., Saidakhmedov A.A., Akhtamov F.E. Vermikulit rudalarini boyitib turli mahsulotlar olish imkoniyatlari [Possibilities of obtaining various products by enriching vermiculite ores] // *O'zbekiston konchilik xabarnomasi = Uzbekistan Mining Bulletin*. – Navoiy, 2021. – №4(87). – P. 73-75 (in Uzbek)
3. Akhtamov F.E., Aripov A.R. Obogashhenie vermikulitovyx rud [Enrichment of vermiculite ores]. // *Materialy respublikanskoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Ўzbekiston olimlari va yoshlarining innovacion ilmiy-amaliy tadqiqotlari» = Materials of the republican scientific and technical conference «Innovative scientific and practical research of scientists and youth of Uzbekistan»*. – Tashkent, 2021. – P. 106-110 (in Russian)
4. Aripov A.R., Saidakhmedova L.A. Perspektivy pererabotki vermikulitovyx rud [Prospects for processing vermiculite ores]. // *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya onlajn konferenciya «Problemy, perspektivy i innovacionnyj podxod e'ffektivnoj pererabotki mineral'nogo syr'ya i texnogennyx otxodov» = International scientific and practical online conference «Problems, prospects and innovative approach to the efficient processing of mineral raw materials and man-made waste»*. – Almalyk, 2021. – P. 168-169 (in Russian).
5. Tikhonov Yu.M., Kolomiets I.V. Proizvodstvo vermikulita Karatas-Altyntassskogo mestorozhdeniya (Zapadnyj Kazaxstan) v legkix betonax [Production of vermiculite of the Karatas-Altyntassskoe deposit (Western Kazakhstan) in lightweight concrete]. // *Sbornik dokladov 65-j nauchnoj konferencii = The collection of report 65th scientific conf.* – St.-Petersburg, 2008. – P. 136-140 (in Russian)
6. Eshonkulov U.Kh.-U, Olimov F.M.-U, Saidakhmedov A.A., Turobov Sh.N. Obosnovanie parametrov konturnogo vzryvaniya pri sooruzhenii gornyx vyrabotok bol'shogo secheniya v krepkix porodax [Substantiation of the parameters of contour blasting in the construction of large-section mine workings in hard rocks]. // *Dostizheniya nauki i obrazovaniya = Achievements of science and education*. – Moscow, 2018. – №19(41). – P. 10-13 (in Russian)
7. Aripov A.R., Akhtamov F.E., Toshev O.E., Azimova A.B. Obogashhenie vermikulitovyx rud [Enrichment of vermiculite ores]. // *X mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sovremennye tendencii i innovacii v nauke i proizvodstvax» = X International scientific-practical conference «Modern trends and innovations in science and production»*. – Kuzbass, 2021. – P. 106.1-106.4 (in Russian)

8. *Aripov A.R., Kholikulov D.B., Huseynov R.K., Akhtamov F.E., Mamaraimov G.F. Obogashhenie vermiculitovykh rud Karauzyakskogo mestorozhdeniya respubliki Karakalpakstan [Enrichment of vermiculite ores of the Karauzyak deposit of the Republic of Karakalpakstan] // Universum: texnicheskie nauki = Universum: engineering sciences. – Moscow, 2021. – №3(84). – p. 78-82. (in Russian).*

**Сведения об авторах:**

**Арипов А.Р.**, старший преподаватель кафедры «Металлургия» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), *avaz.aripov.82@bk.ru*; <https://orsid.org/0000-0002-0428-507X>

**Саидрахмедов А.А.**, PhD, доцент кафедры «Металлургия» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), *aktam.saidaxmedov@bk.ru*; <https://orsid.org/0000-0002-0482-3413>

**Ахтамов Ф.Э.**, PhD, доцент кафедры «Металлургия» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), *AFE82@mail.ru*; <https://orsid.org/0000-0003-4187-1817>

**Вохидов Б.Р.**, PhD, доцент кафедры «Металлургия» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), *golf.87@mail.ru*; <https://orsid.org/0000-0002-0819-6752>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Арипов А.Р.**, Навои мемлекеттік тау-кен институтының, Metallургия кафедрасының аға оқытушысы (Навои қ., Өзбекстан)

**Саидрахмедов А.А.**, PhD, Навои мемлекеттік тау-кен институты, Metallургия кафедрасының доценті (Навои қ., Өзбекстан)

**Ахтамов Ф.Э.**, PhD, Навои мемлекеттік тау-кен институты, Metallургия кафедрасының доценті (Навои қ., Өзбекстан)

**Вохидов Б.Р.**, PhD, Навои мемлекеттік тау-кен институты, Metallургия кафедрасының доценті (Навои қ., Өзбекстан)

**Information about the authors:**

**Aripov A.R.**, Senior Lecturer at the Department of Metallurgy of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan)

**Saidakhmedov A.A.**, PhD, Associate Professor at the Department of Metallurgy of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan)

**Akhtamov F.E.**, PhD, Associate Professor at the Department of Metallurgy of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan)

**Vokhidov B.R.**, PhD, Associate Professor at the Department of Metallurgy of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan)

**ГЕО Eurasia  
2022**



Общественный совет при  
Федеральном агентстве  
по недропользованию



V Международная  
геолого-геофизическая конференция:  
«ГеоЕвразия-2022. Геологоразведочные  
технологии – наука и бизнес»  
30 марта – 1 апреля 2022 г., г. Москва  
[www.gece.moscow](http://www.gece.moscow)  
ONLINE

*Уважаемые коллеги – участники конференции!*

Несмотря на все сложности и трудности текущего периода, активисты конференции «ГЕОЕВРАЗИЯ-2022» делают все возможное для ее организации и проведения в период с 30 марта по 1 апреля, **изменив гибридный формат конференции на формат проведения в режиме ONLINE.**

На завершающей стадии подготовки мероприятия в нашей команде произошли изменения, которые не повлияют на подготовку и работу конференции. Сменились председатели Организационного и Программного комитетов, эти функции по согласованию будут выполнять Золотая Л.А. и Керусов И.Н. Это решение поддерживают наши партнеры – соорганизаторы мероприятия: Общественная палата Роснедр, Российское Геологическое Общество, Московское отделение ЕАГО и отделение наук о Земле Российской Академии Наук.

Мероприятие будет проходить на базе платформы Zoom. Трансляция мероприятия будет проходить на сайте конференции для всех зарегистрированных пользователей.

Предварительная программа мероприятия будет разослана всем участникам 7 марта.

Итоговая программа будет опубликована на официальном сайте 14 марта.

*Золотая Людмила Алексеевна,*

Председатель организационного комитета,

доцент геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, исполнительный директор МГРО МОО ЕАГО

# KIOSH

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

25-27 мая 2022  
Нур-Султан, Казахстан



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАРТНЕР



Министерство труда и социальной  
защиты населения Республики Казахстан

ЗОЛОТОЙ ПАРТНЕР



ОРГАНИЗАТОРЫ



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



Код МРНТИ 52.13.17

О.Г. Хайитов<sup>1</sup>, Л.Ш. Саидова<sup>2</sup>, А.А. Умирозов<sup>1</sup>, Ш.Б. Турсунов<sup>1</sup><sup>1</sup>Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан),  
<sup>2</sup>Навоийское отделение академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан)

## МЕТОДИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГЛУБОКОГО КАРЬЕРА

**Аннотация.** В статье рассмотрены и обоснованы основные направления повышения энергетической эффективности транспортных систем глубоких карьеров при использовании большегрузных карьерных автосамосвалов с грузоподъемностью 220 т. Среди технологических факторов сокращения расхода дизельного топлива в транспортных системах карьеров особое внимание должно уделяться поддержанию объемов и расстояний автоперевозок на минимальном технологически необходимом уровне, а также перераспределению объемов со сборочного на магистральные виды транспорта, характеризующиеся более высокими показателями энергетической эффективности. Это обеспечивается внедрением мобильных комплексов циклично-поточной технологии, крутонаклонных конвейеров, повышенных уклонов (до 60%) и тоннельного вскрытия при железнодорожном транспорте.

**Ключевые слова:** карьер, транспорт, энергоёмкость, расчет, процесс, метод, автоперевозка, оценка, погрузка, разгрузка, маневр, период ожидания, горные работы.

### Терең карьердің көлік жүйелерінің энергетикалық мониторингі әдістемесі

**Аңдатпа.** Мақалада жүк көтергіштігі 220 тонна ауыр карьерлік автосамосвалдарды пайдалану кезінде терең карьерлердің көлік жүйелерінің энергия тиімділігін арттырудың негізгі бағыттары талқыланып, негізделеді. Дизельдік отын мен карьерлік көлік жүйелерін тұтынуды азайтудың технологиялық факторларының ішінде жүк тасымалдау көлемі мен қашықтығын ең аз технологиялық қажетті деңгейде ұстауға, сондай-ақ көлемді құрастырудан негізгі көлік түрлеріне қайта бөлуге ерекше назар аудару қажет жоғары энергия тиімділігімен. Бұл теміржол көлігінде циклдік ағын технологиясы жылжымалы кешендерін, тік көлбеу конвейерлерді, ұлғайтылған еністерді (60%-ға дейін) және туннельдерді ашуды енгізу арқылы қамтамасыз етіледі.

**Түйінді сөздер:** карьер, көлік, энергия сыйымдылығы, есептеу, процесс, әдіс, жүк тасымалдау, бағалау, тиеу, түсіру, маневр, кезең, куту, тау-кен өндіру.

### Methodology for energy monitoring of transport systems of a deep quarry

**Abstract.** The article discusses and substantiates the main directions for increasing the energy efficiency of transport systems of deep pits when using heavy-duty quarry dump trucks with a carrying capacity of 220 tons. Among the technological factors for reducing the consumption of diesel fuel and quarry transport systems, special attention should be paid to maintaining the volume and distance of trucking at the minimum technologically necessary level, as well as redistributing volumes from assembly to main modes of transport, characterized by higher energy efficiency. This is ensured by the introduction of cycle-flow technology mobile complexes, steeply inclined conveyors, increased slopes (up to 60%) and tunnel opening in railway transport.

**Key words:** quarry, transport, energy intensity, calculation, process, method, trucking, assessment, loading, unloading, maneuver, period, waiting, mining.

### Введение

В последние годы энергетический метод оценки открытых горных работ наибольшее отражение получил в трудах проф. И.А. Тангаева. В технологическом процессе метода выделяются три энергетические составляющие.

1. Теоретическая энергоёмкость процесса – расчетное удельное количество энергии, необходимое для заданного изменения физического состояния и пространственного положения объекта.

2. Удельное энергопотребление – полное количество энергии, израсходованной в данном технологическом процессе на единицу продукции.

3. Удельная энергоёмкость процесса – физическое удельное количество энергии, расходуемой в реальном технологическом процессе на изменение физического состояния и пространственного положения единицы массы или объема породы. При этом удельную энергоёмкость процесса  $\mathcal{E}_\phi$  (МДж/т, МДж/м<sup>3</sup>) рекомендуется определять в виде разности:

$$\mathcal{E}_\phi = \mathcal{E} - kN_{xx}T/Q, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_\phi$  – удельное энергопотребление, МДж/т (МДж/м<sup>3</sup>);

$k$  – коэффициент пропорциональности;

$N_{xx}$  – мощность холостого хода системы, кВт;

$T$  – время проведения измерений, ч;

$Q$  – фактическая производительность, т (м<sup>3</sup>).

Установлено, что под удельной энергоёмкостью понимается разность между полным количеством энергии, израсходованной в данном процессе на единицу продукции, и количеством энергии, затраченной на холостой ход (нулевой пробег) системы. В машинах

циклического действия, наиболее распространенных на карьерах, так называемый холостой ход является неотъемлемой составляющей технологического процесса. Более того, затраты энергии на холостой ход могут быть в ряде случаев преобладающими [1]. В связи с этим, в дальнейшем под удельной энергоёмкостью принято полное количество энергии, израсходованной в данном технологическом процессе на единицу продукции, т. е. то же, что удельное энергопотребление.

Опыт исследований, подкрепленный анализом технической литературы, свидетельствуют о том, что этот критерий действительно является универсальным и может быть применен в самых различных сферах материального производства. Такой подход получил наибольшее распространение в практике открытых горных работ.

Удельная энергоёмкость технологической схемы горных работ определяется суммой удельных энергоёмкостей отдельных технологических процессов:

$$\omega_{mc} = \sum_{i=1}^n \omega_i = \omega_\sigma + \omega_\alpha + \omega_\beta + \omega_m + \omega_{op} + \omega_n + \omega_o, \quad (2)$$

где  $\omega_i$  – удельная энергоёмкость  $i$ -го технологического процесса, кДж/т;

$n$  – количество технологических процессов;

$\omega_\sigma, \omega_\alpha, \omega_\beta, \omega_m, \omega_{op}, \omega_n, \omega_o$  – удельная энергоёмкость, соответственно, процессов бурения, взрывания, экскавации, транспортирования, дробления, перегрузки и отвалообразования, кДж/т.

При энергетической оценке транспортных систем глубоких карьеров возникают два ключевых вопроса, требующих решения.

Первый связан с приведением тепловой энергии дизельного топлива, потребляемой автотранспортом. Второй связан с выбором и обоснованием критерия

Таблица 1

Изменение показателей работы технологического комплекса при перевозке горной массы автосамосвалами различных моделей на карьере Мурунтау во времени

Кесте 1

Мұрынтау қарьерінде тау-кен массасын әртүрлі үлгідегі автосамосвалдармен тасымалдау кезіндегі технологиялық кешен көрсеткіштерінің уақытында өзгеруі

Table 1

Changes in the performance of the technological complex during the transportation of rock mass by dump trucks of various models at the Muruntau quarry in time

Модель а/м	Показатели	январь 2020 г.	февраль 2020 г.	март 2020 г.	1 квартал 2020 г.	апрель 2020 г.	май 2020 г.	июнь 2020 г.	6 мес. 2020 г.	июль 2020 г.	август 2020 г.
<i>всего по Мурунтау</i>											
	Удельный расход топлива, г/т·км	90,2	91,5	90,9	90,8	89,7	86,6	90,9	89,9	91,9	93,1
	Линейный расход топлива, л/100 км	867,1	876,4	872,3	871,8	897,6	871,0	911,2	882,4	918,8	916,0
	Среднее расстояние, км	3,76	3,66	3,80	3,74	3,87	4,11	3,91	3,85	4,08	3,89
	Средняя высота подъема, м	128,2	128,8	143,6	133,7	145,1	144,1	144,6	139,2	159,0	150,1
	Коэффициент использованного пробега	0,483	0,488	0,489	0,486	0,494	0,495	0,494	0,490	0,493	0,490
	Средняя загрузка а/м, т	172,0	173,9	173,8	173,2	172,5	172,4	172,4	172,8	171,3	173,7
<i>в том числе по маркам а/м</i>											
БелАЗ 75310(5) «М»	Удельный расход топлива, г/т·км	94,6	90,8	90,8	92,1	91,3	90,3	96,9	92,4	99,4	99,0
	Линейный расход топлива, л/100 км	1078,1	1075,7	1064,0	1072,5	1104,5	1098,2	1164,4	1097,8	1190,0	1169,5
	Среднее расстояние, км	4,31	4,32	4,26	4,29	4,69	4,93	4,56	4,51	4,88	4,24
	Средняя высота подъема, м	170,1	166,0	171,4	169,3	195,0	203,2	200,6	184,4	224,6	179,5
	Коэффициент использованного пробега	0,491	0,494	0,496	0,494	0,501	0,502	0,500	0,497	0,500	0,500
	Средняя загрузка а/м, т	207,1	208,7	207,6	207,8	208,8	209,1	209,3	208,4	208,3	209,4
БелАЗ 75310 «М»	Удельный расход топлива, г/т·км	95,0	92,0	91,5	93,1	92,9	92,1	97,9	93,5	103,1	97,5
	Линейный расход топлива, л/100км	1112,9	1064,4	1030,0	1073,6	1091,2	1084,8	1171,7	1091,5	1166,8	1133,5
	Среднее расстояние, км	4,19	3,81	3,58	3,88	4,19	4,75	4,49	4,15	4,62	4,20
	Средняя высота подъема, м	154,0	124,5	116,2	133,1	155,6	189,4	194,2	153,8	208,8	174,9
	Коэффициент использованного пробега	0,487	0,481	0,480	0,483	0,490	0,487	0,488	0,486	0,476	0,486
	Средняя загрузка а/м, т	207,6	208,9	208,9	208,4	208,7	208,3	208,8	208,5	209,7	210,7

**Таблица 1**  
**Изменение показателей работы технологического комплекса при перевозке горной массы автосамосвалами различных моделей на карьере Мурунтау во времени (продолжение)**

**Кесте 1**  
**Мұрынтау қарьерінде тау-кен массасын әртүрлі үлгідегі автосамосвалдармен тасымалдау кезіндегі технологиялық кешен көрсеткіштерінің уақытында өзгеруі (жалғастыру)**

**Table 1**  
**Changes in the performance of the technological complex during the transportation of rock mass by dump trucks of various models at the Muruntau quarry in time (continuation)**

Модель а/м	Показатели	январь 2020 г.	февраль 2020 г.	март 2020 г.	1 квартал 2020 г.	апрель 2020 г.	май 2020 г.	июнь 2020 г.	6 мес. 2020 г.	июль 2020 г.	август 2020 г.
БелАЗ 75307 «М»	Удельный расход топлива, г/т·км	81,8	78,5	76,6	78,9	76,8	71,0	76,1	76,5	77,8	76,0
	Линейный расход топлива, л/100 км	857,4	858,2	829,9	847,9	865,0	816,5	857,2	846,6	897,1	886,4
	Среднее расстояние, км	2,73	2,42	2,46	2,53	3,13	3,52	3,48	2,93	3,55	3,37
	Средняя высота подъема, м	77,4	52,1	60,8	63,4	87,3	83,9	89,1	74,5	113,9	110,4
	Коэффициент использованного пробега	0,450	0,464	0,458	0,457	0,479	0,479	0,485	0,470	0,483	0,474
	Средняя загрузка а/м, т	210,3	212,2	213,5	212,1	210,2	209,5	209,9	211,0	213,7	209,6
САТ 789 «М»	Удельный расход топлива, г/т·км	80,4	70,6	75,3	75,4	75,8	70,2	72,9	74,1	75,4	75,5
	Линейный расход топлива, л/100 км	747,7	742,6	794,1	762,8	784,7	676,5	731,4	745,0	762,6	786,3
	Среднее расстояние, км	3,31	3,05	4,26	3,50	3,66	3,79	3,58	3,59	3,65	3,58
	Средняя высота подъема, м	102,4	93,1	166,4	118,4	132,5	88,3	110,6	114,4	128,4	139,2
	Коэффициент использованного пробега	0,481	0,500	0,515	0,499	0,517	0,512	0,512	0,507	0,512	0,498
	Средняя загрузка а/м, т	169,9	174,8	173,0	172,6	170,8	164,2	172,5	170,7	173,7	173,2
БелАЗ 7513 «М»	Удельный расход топлива, г/т·км	87,6	104,2	101,8	97,6	96,6	90,8	90,9	95,1	89,6	95,6
	Линейный расход топлива, л/100 км	638,0	685,2	683,4	669,1	668,1	647,4	652,4	662,6	656,2	683,4
	Среднее расстояние, км	3,49	3,42	3,56	3,49	3,07	3,28	3,23	3,33	3,41	3,64
	Средняя высота подъема, м	95,1	120,0	133,7	115,9	102,1	101,5	94,5	107,3	103,2	123,4
	Коэффициент использованного пробега	0,480	0,483	0,481	0,481	0,482	0,486	0,485	0,483	0,484	0,481
	Средняя загрузка а/м, т	130,3	129,8	128,6	129,6	131,6	133,4	131,6	130,9	132,0	131,9

оценки энергетической эффективности транспортных систем глубоких карьеров.

Исследование зависимости энергоемкости при использовании автомобильного транспорта показало, что в общем виде расход дизельного топлива автосамосвалом за транспортный цикл ( $Q_{ц}$ , л) определяется так:

$$Q_{ц} = Q_{дг} + Q_{дп} + Q_{п} + Q_{р} + Q_{м} + Q_{о}, \quad (3)$$

где  $Q_{дг}$ ,  $Q_{дп}$  – расход топлива, соответственно, на движение с грузом и порожняком, л;

$Q_{п}$ ,  $Q_{р}$ ,  $Q_{м}$ ,  $Q_{о}$  – расход топлива, соответственно, при погрузке, разгрузке, маневровых операциях, а также в период ожидания погрузки, л.

В развернутом виде:

$$Q_{ц} = \sum_{j=1}^n l_j (q_{дгj} + q_{дпj}) + [q_x(t_{п} + t_{о})] = q_{мп} t_{мп} + q_p t_p / 60, \quad (4)$$

где  $n$  – количество участков трассы;

$l_j$  – длина  $j$ -го участка трассы, км;

$q_{дгj}$ ,  $q_{дпj}$  – удельный расход топлива, соответственно, груженых и порожних автосамосвалов на  $j$ -м участке трассы, л/км;

$q_x$ ,  $q_{мп}$ ,  $q_p$  – удельный расход топлива, соответственно, на холостом ходу двигателя, на маневровых операциях и при разгрузке л/км;

$t_{п}$ ,  $t_{о}$ ,  $t_{мп}$ ,  $t_p$  – продолжительность, соответственно, погрузки, ожидания погрузки, маневровых операций и разгрузки, мин.

Удельный расход топлива груженых и порожних автосамосвалов (л/км) при движении на  $j$ -м горизонтальном участке трассы или на подъем ( $i \geq 0$ ) и работе двигателей в тяговом режиме рассчитывается:

$$g_{дг(п)j} = [g_H(G_a + k_r G)(\omega_{oj} + i_j)k_{пj}] / (3,67 \times 10^2 \times \eta_a \rho), \quad (5)$$

где  $g_H$  – удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя, г/кВт·ч;

$G_a$  – собственная масса автосамосвала, т;

$G$  – грузоподъемность автосамосвала, т;

$\omega_{oj}$  – коэффициент сопротивления качению на  $j$ -ом участке трассы;

$i_j$  – уклон  $i$ -го участка трассы;

$k_{пj}$  – поправочный коэффициент, учитывающий изменение величины  $g_H$  в реальных условиях на  $j$ -м участке трассы;

$\eta_a$  – коэффициент полезного действия трансмиссии автосамосвала;

$\rho$  – плотность дизельного топлива ( $\rho = 0,825-0,865$  кг/л).

Для наиболее объективного сравнения энергетической эффективности транспортных средств карьерного автотранспорта и оценки их технического уровня в качестве дополнительного критерия может быть принято удельное действие. Эту величину можно выразить как удельное действие, равное удельному расходу топлива на время транспортирования 1 т горной массы на высоту 1 м [2, 3].

Таким образом, время подъема 1 т горной массы на высоту 1 м можно рассчитать:

$$t = L/V, \text{ с.} \quad (6)$$

$L$  (м) – путь, пройденный карьерным автосамосвалом при транспортировании 1 т горной массы на высоту 1 м:

$$L = H/i = 1/1000i. \quad (7)$$

$V$  (км/ч) – скорость движения автосамосвала на подъеме – может быть определена как:

$$V = 0,367 \times N \times \eta_a \times k_N / [(G_a + k_r G)(\omega_o + i)]. \quad (8)$$

Подставив в выражение (6) значение скорости  $V$  и расстояния транспортирования  $L$  при подъеме 1 т горной массы на высоту 1 м, получим формулу для расчета времени транспортирования:

$$t = [(G_a + k_r G)(\omega_o + i)] / (0,367 \times N_{д} \times 1000i \times \eta_a \times k_N), \text{ с.} \quad (9)$$

где  $N_{д}$  – полная мощность двигателя автосамосвала, кВт;

$N_{yo}$  – удельная мощность двигателя автосамосвала, кВт/т.

Пусть  $k_r = 1$ ,  $k_N = 1$ ,  $G_a/G = k_r$ ,  $N_{д} = N_{yo} \times (G_a + G) = N_{yo} \times G(k_r + 1)$ , то время подъема 1 т горной массы на высоту 1 м определится из выражения:

$$t = (\omega_o/i + 1) / (0,367 \times N \times \eta_a). \quad (10)$$

Тогда выражение для определения удельного действия (гс/тм) примет вид:

$$G_a = [2,673 \times 10^{-2} \times g_H(k_r + 1)(\omega_o/i + 1)^2] / (N_{yo} \times \eta_a^2). \quad (11)$$

Вследствие влияния различных горнотехнических, горнотехнологических, конструктивных и организационных условий эксплуатации автосамосвалов на глубоких карьерах, теоретическое значение удельного действия значительно отличается от фактического [4, 5]. При этом следует учесть такие факторы, как технологические перерывы, нулевые пробеги, ожидание автосамосвала под погрузкой и разгрузкой, заправка автосамосвалов и прочие. Критериями учета этих факторов могут быть средняя эксплуатационная скорость и коэффициент, учитывающий нулевой пробег автосамосвалов  $k_o$ , который можно определить с помощью формулы:

$$k_o = (1 - \beta) / \beta, \quad (12)$$

где  $\beta$  – коэффициент использования пробега.

Фактические значения удельного действия могут быть определены следующим образом. Условия эксплуатации автосамосвалов на карьере Мурунтау характеризовались следующими средневзвешенными показателями:  $L_{cp}$  – среднее расстояние транспортирования (км);  $H_{п}$  – средневзвешенная высота подъема (м);  $k_o$  – коэффициент, учитывающий нулевой пробег автосамосвалов;  $q_{ф}$  – средний расход топлива (г/т·км);  $V_{э}$  – средняя эксплуатационная скорость движения (км/ч).

Исходя из горнотехнических условий эксплуатации автосамосвалов, определим фактический удельный расход топлива при подъеме 1 т на высоту 1 м ( $q$ ) и максимально возможную высоту подъема горной массы на 1 км автодороги ( $h_a$ ):

$$h_a = H_{п} / L_{cp}, \quad (13)$$

где  $H_{п}$ ,  $L_{cp}$  – соответственно, средневзвешенная высота подъема (м) и среднее расстояние транспортирования горной массы (км) в конкретных условиях эксплуатации.

При определении предельного расхода энергии высота подъема горной массы на 1 км автодороги рассчитывается по формуле:

$$h_{amax} = 10i_p / k_{p.a}, \quad (14)$$

где  $i_p$  – руководящий уклон автодороги, %;

$k_{p.a}$  – коэффициент развития трассы.

Удельный расход топлива (г/т·км) принимается в соответствии с установленной высотой подъема и расстоянием транспортирования по разработанным нормативам<sup>1</sup> (нормы расхода топлива и ГСМ) [6].

За годы эксплуатации карьера Мурунтау осуществлено практически полное и глубокое техническое перевооружение горных машин, что позволило увеличить объем добычи руды в 2 раза. С начала эксплуатации карьера использовались различные типы автосамосвалов, при этом производился анализ эффективности каждого типа и дальнейшее обновление парка [7, 8].

<sup>1</sup>Slope Stability in Surface Mining. – Littleton (Colorado, USA). / Publ. by SME. – 2001.

Таблица 2

Показатели работы автосамосвалов карьера Мурунтау для расчета

кесте 2

Есепке алу үшін Мұрынтау қарьеріндегі самосвалдардың жұмыс көрсеткіштері

Table 2

Performance indicators of dump trucks in the Muruntau quarry for calculation

Грузоподъемность автосамосвалов, т	$L_{cp}$ , км	$H_{II}$ , м	$k_0$	$q_\phi$ , г/т·км
220	4,51	184,4	1,1	92,4
136	3,33	107,3	1,1	95,1

Рост производительности ГМЗ-2 позволил увеличить объемы перерабатываемой руды с меньшим содержанием золота, что расширило минерально-сырьевую базу предприятия. Вместе с тем, это привело к снижению объема горной массы для ЦПТ, обусловленного исключением поточного звена части балансовой руды.

В соответствии с технической политикой развития горнодобывающих отраслей, направленной на комплексное освоение месторождений, обеспечение экологической эффективности производства и безопасных условий труда, необходимо ориентироваться на увеличение энергопотребления при рекультивации и восстановлении нарушенных земель, раздельную выемку и складирование полезных ископаемых, нормализацию атмосферы карьеров<sup>1</sup> [8, 9].

Исследованиями установлено, что параметры работы силовой установки карьерного автосамосвала напрямую влияют на производительность и эффективность процесса транспортирования горной массы. С увеличением высоты подъема горной массы возрастает продолжительность работы силовой установки карьерного автосамосвала при максимальных нагрузках, что приводит к увеличению удельного расхода топлива, интенсивному износу деталей основных агрегатов и, как следствие, снижению их ресурса, увеличению простоя на ремонте и техническом обслуживании, снижению КТГ и росту затрат на ремонт и запасные части (табл. 1, рис. 1).

Разработана методика энергетической оценки транспортных систем глубокого карьера с учетом таких факторов, как технологические перерывы, нулевые пробеги, ожидание автосамосвала под погрузкой и разгрузкой, заправка автосамосвалов. Удельный расход топлива (г/т·км) принимается в соответствии с установленной высотой подъема и расстоянием транспортирования по разработанным нормативам:

- для карьерных самосвалов грузоподъемностью 220 т при средней высоте подъема  $H_{II} = 184,4$  м и среднем расстоянии транспортирования  $L = 4,51$  км удельный расход топлива составил  $q_\phi = 92,4$  г/т·км;

- для карьерных самосвалов грузоподъемностью 136 т при средней высоте подъема  $H_{II} = 107,3$  м и среднем расстоянии транспортирования  $L = 3,33$  км удельный расход топлива составил  $q_\phi = 95,1$  г/т·км (табл. 2).

Фактическими данными установлено, что, несмотря на большую высоту подъема и расстояние транспортировки, карьерные автосамосвалы грузоподъемностью 220 т расходуют меньше топлива и энергетически эффективнее автосамосвалов грузоподъемностью 136 т.

Следовательно, на нижних горизонтах карьера Мурунтау энергетически эффективно эксплуатировать автосамосвалы грузоподъемностью 220 т с максимально допустимой шириной не более 7,6 м.

### Выводы

Таким образом, обоснование энергетической эффективности технологических процессов и транспортных систем глубоких карьеров при использовании автосамосвалов с большой грузоподъемностью показывает эффективность принятых решений.

### Заключение

1. Исследованы энергетические затраты подъема горной массы и выбора параметров карьерного технологического транспорта, в результате которого установлено, что недостаточно обоснована критериальная база оценки энергетической эффективности различных видов, в частности, большегрузных автосамосвалов при ведении работ на нижних горизонтах.

2. В результате математического моделирования работы технологического транспорта с учетом его показателей при использовании метода наименьших

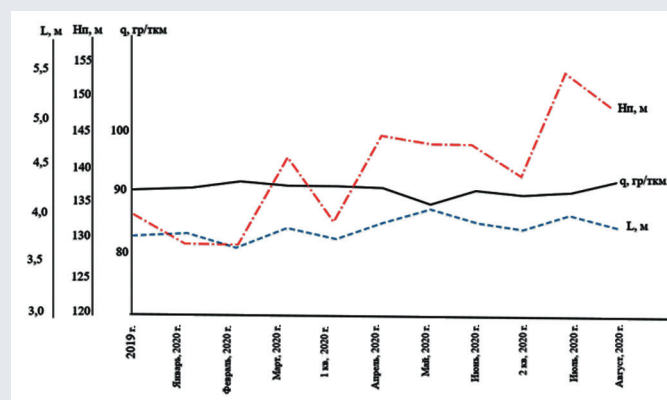


Рис. 1. Динамика фактических данных удельного расхода топлива (г/т·км); высоты подъема горной массы (м); среднего расстояния транспортирования (км) за 8 мес. 2020 г. по карьеру Мурунтау.

Сурет 1. Меншікті отын шығыны бойынша нақты деректер динамикасы (г/т·км); тас массасын көтеру биіктігі (м); Мұрынтау қарьері бойынша 2020 жылдың 8 айындағы орташа тасымалдау қашықтығы (км).

Figure 1. Dynamics of actual data on specific fuel consumption (g/t·km); rock mass lifting height (m); average transportation distance (km) for 8 months of 2020 for the Muruntau quarry.

квадратов выполнены расчеты с использованием корреляционного и регрессионного анализов.

3. Исследовано влияние объемов извлекаемой из карьера горной массы на выбор горнотранспортного оборудования. Установлено, что при добыче руды из глубоких карьеров и максимально больших объемах перемещения горной массы на год отработки, значительно возрастают работы по их перевозке.

4. Определена ширина транспортной бермы для автосамосвала марки БелАЗ грузоподъемностью 220 т, которая позволяет сделать вывод о влиянии ее на конструкцию борта глубокого карьера и, соответственно, объемы извлекаемой горной массы.

5. Разработан метод энергетической оценки транспортных систем глубокого карьера, в результате которого установлено, что для условий карьера Мурунтау трассы движения автосамосвалов при среднем расстоянии транспортирования 3,73 км характеризуются высоким средневзвешенным уклоном (6,1%) и высокой сложностью (до 3-4 поворотов на 1 км радиусом 30 м).

6. Разработана рациональная технологическая схема транспортирования горной массы при развитии глубоких карьеров в плане и на глубину, показывающая, что с увеличением глубины работ внедрение автосамосвалов грузоподъемностью 180-220 т при техническом перевооружении экскаваторно-автомобильного комплекса позволит совершенствовать систему ее управления.

7. По результатам расчетов норм выработки и времени на транспортирование горной массы от экскаватора

обосновано применение технологического приема, которое возможно только за счет компактных гидравлических экскаваторов.

8. Установлено, что для оценки влияния горнотехнических условий карьеров на работу автотранспорта принят показатель приведенного (эквивалентного) расстояния транспортирования, учитывающий затраты труда на горизонтальное перемещение и подъем горной массы из карьера.

9. Разработана методика энергетической оценки транспортных систем глубокого карьера с учетом таких факторов, как технологические перерывы, нулевые пробеги, ожидание автосамосвала под погрузкой и разгрузкой, заправка автосамосвалов и пр. Установлено, что удельный расход топлива (г/т·км) принимается в соответствии с установленной высотой подъема и расстоянием транспортирования по разработанным нормативам.

10. Установлено, что параметры работы силовой установки карьерного автосамосвала напрямую влияют на производительность и эффективность процесса транспортирования горной массы. С увеличением высоты подъема горной массы возрастает продолжительность работы силовой установки карьерного автосамосвала при максимальных нагрузках, что приводит к увеличению удельного расхода топлива, интенсивному износу деталей основных агрегатов и, как следствие, снижению их ресурса, увеличению простоя на ремонте и техническом обслуживании, снижению КТГ и росту затрат на ремонт и запасные части.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ахмедов Н.А. Проблемы геологии и развития минерально-сырьевой базы. // Труды междунар. науч.-практ. конференции «Проблемы рудных месторождений и повышение эффективности геологоразведочных работ». – Ташкент, 2003. – С. 8-11 (на русском языке)
2. Мельников Н.Н., Решетняк С.П. Перспективы решения научных проблем при отработке мощных глубоких карьеров. // Горное дело: ИГД СО РАН. – Якутск, 1994. – С. 14-23 (на русском языке)
3. Аристов И.И., Снитка Н.П. Совершенствование методики нормирования и учета потерь и разубоживания руды. // Горный журнал. – М., 2007. – №5. – С. 73-77 (на русском языке)
4. Fang N., Ji C., Crusoe G.E. Анализ устойчивости процесса оползания западного склона карьера Бужаоба. // Международный журнал горной науки и техники. – 2016. – Т. 26. – Вып. 5. – С. 869-875 (на английском языке)
5. Раирова О., Катахара Н., Goto N. Оценка физической экономики посредством анализа материальных потоков в масштабах всей экономики в развивающемся Узбекистане. // Ресурсы, сохранение и переработка. – 2014. – Т. 89. – С. 76-85 (на английском языке)
6. Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Повышение эффективности управления экскаваторно-автомобильным комплексом в глубоких карьерах. // «Экология и природопользование»: сб. научных трудов Института проблем природопользования и экологии НАН Украины. – Днепрпетровск, 2003. – Вып. 5. – С. 153-159 (на русском языке)
7. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. Необходимость устойчивого распространения технологий в горнодобывающей промышленности: достижение использования систем ленточных конвейеров в немецкой горнодобывающей промышленности. // Журнал по устойчивой добыче полезных ископаемых. – 2017. – Т. 16. – Вып. 1. – С. 24-30 (на английском языке)

8. Вуе А.Р., Жерту С.А., Белл Ф.Г. Оптимизация уклона и анализ инженерно-геологических условий на карьере Sandsloot. // *Материалы Девятого Международного конгресса по горным породам. Механика. – Роттердам, 1999. – Т. 2: Прикладная механика горных пород – безопасность и контроль окружающей среды. – С. 77-82 (на английском языке)*
9. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Карьер Мурунтау на пути к рекордной глубине: основные этапы развития и модернизации горных работ. // *Горный журнал. – М., 2009. – №11. – С. 98-102 (на русском языке)*

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ахмедов Н.А. Геология және минералдық-шикізат базасын дамыту мәселелері. // *Халықаралық ғылыми-практикалық конференция еңбектері «Кенді кен орындарының мәселелері және геологиялық барлау тиімділігін арттыру». – Ташкент, 2003. – Б. 8-11 (орыс тілінде)*
2. Мельников Н.Н., Решетняк С.П. Қуатты терең карьерлерді игерудегі ғылыми мәселелерді шешу перспективалары. // *Тау-кен ісі: Ресей Ғылым академиясының Сібір бөлімшесінің тау-кен ісі институты. – Якутск, 1994. – Б. 14-23 (орыс тілінде)*
3. Аристов И.И., Снитка Н.П. Шығындар мен кеннің кедейленуін нормалау және есепке алу әдістемесін жетілдіру. // *Тау-кен журналы. – М., 2007. – №5. – Б. 73-77. (орыс тілінде)*
4. Fang N., Ji C., Crusoe G.E. Бұжаоба карьерінің батыс беткейінің шөгу процесінің тұрақтылығын талдау. // *Тау-кен ғылымы мен технологиясының халықаралық журналы. – 2016. – Т. 26. – Шығ. 5. – Б. 869-875 (ағылшын тілінде)*
5. Раирова О., Катаһара Н., Гото Н. Дамушы Өзбекстандағы материалдық ағынды жалпы шаруашылық талдау арқылы физикалық экономиканы бағалау. // *Ресурстар, сақтау және өңдеу. – 2014. – Т. 89. – Б. 76-85 (ағылшын тілінде)*
6. Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Терең карьерлердегі экскаватор-автокөлік кешенін басқару тиімділігін арттыру // *«Экология және табиғатты пайдалану»: Украина ҰҒА табиғатты пайдалану және экология мәселелері институтының ғылыми еңбектерінің жинағы. – Днепрпетровск, 2003. – Т. 5. – Б. 153-159 (орыс тілінде)*
7. Braun T., Hennig A., Lottermoser V.G. Тау-кен өнеркәсібінде технологияның тұрақты диффузиясының қажеттілігі: Германияның тау-кен өнеркәсібінде конвейерлік таспа жүйелерін қолдануға қол жеткізу. // *Тұрақты тау-кен ісі журналы. – 2017. – Т. 16. – Шығ. 1. – Б. 24-30 (ағылшын тілінде)*
8. Вуе А.Р., Жерту С.А., Белл Ф.Г. Құмды шұңқырдағы еңістерді оңтайландыру және геотехникалық талдау. // *Тоғызыншы халықаралық тау жыныстары конгресінің материалдары. Механика. – Роттердам, 1999. – Т. 2: Қолданбалы тау жыныстары механикасы – қауіпсіздік және қоршаған ортаны бақылау. – Б. 77-82 (ағылшын тілінде)*
9. Санақұлов Қ.С., Шеметов П.А. Мұрынтау карьері рекордтық тереңдікке жету жолында: тау-кен ісін дамыту мен жаңғыртудың негізгі кезеңдері. // *Тау-кен журналы. – М., 2009. – №11. – Б. 98-102 (орыс тілінде)*

#### REFERENCES

1. Akhmedov N.A. Problemy geologii i razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy [Problems of geology and development of the mineral resource base]. // *Trudy mezhd. nauch.-prakt. konferencii «Problemy rudnykh mestorozhdenij i povysheniya e'ffektivnosti geologorazvedochnyx rabot» = Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Problems of ore deposits and improving the efficiency of geological exploration». – Tashkent, 2003. – P. 8-11 (in Russian)*
2. Melnikov N.N., Reshetnyak S.P. Perspektivy resheniya nauchnykh problem pri otrabotke moshhnykh glubokix kar'erov [Prospects for solving scientific problems in the development of powerful deep quarries]. // *Gornoe delo: IGD SO RAN = Mining: Institute of mining of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences. – Yakutsk, 1994. – P. 14-23 (in Russian)*
3. Aristov I.I., Snitka N.P. Sovershenstvovanie metodiki normirovaniya i ucheta poter' i razubozhivaniya rudy [Improving the methodology of rationing and accounting for losses and impoverishment of ore]. // *Gornyj zhurnal = Mining Journal. – M., 2007. – №5. – P. 73-77 (in Russian)*

4. Fang N., Ji C., Crusoe G. E. *Stability analysis of the sliding process of the west slope in Buzhaoba Open-Pit Mine.* // *International Journal of Mining Science and Technology.* – 2016. – Vol. 26. – Iss. 5. – P. 869-875 (in English)
5. Raupova O., Kamahara H., Goto N. *Assessment of physical economy through economy-wide material flow analysis in developing Uzbekistan.* // *Resources, Conservation and Recycling.* – 2014. – Vol. 89. – P. 76-85 (in English)
6. Sytenkov V.N., Shemetov P.A. *Povyshenie e'ffektivnosti upravleniya e'kskavatorno-avtomobil'nym kompleksom v glubokix kar'erax [Improving the management efficiency of the excavator-automobile complex in deep pits].* // «E'kologiya i prirodopol'zovanie»: Sb. nauchnyx trudov Instituta problem prirodopol'zovaniya i e'kologii NAN Ukrainy = «Ecology and nature management»: a collection of scientific papers of the Institute of problems of nature management and ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine. – Dnepropetrovsk, 2003. – Vol. 5. – P. 153-159 (in Russian)
7. Braun T., Hennig A., Lottermoser B.G. *The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry.* // *Journal of Sustainable Mining.* – 2017. – Vol. 16. – Iss. 1. – P. 24-30 (in English)
8. Bye A.R., Jermy C.A., Bell F.G. *Slope optimization and review of the geotechnical conditions at Sandsloot open pit.* // *Proceedings of Ninth International Congress on Rock Mechanics.* – Rotterdam, 1999. – Vol. 2: Applied rock mechanics – Safety and control of the environment. – P. 77-82 (in English)
9. Sanakulov K.S., Shemetov P.A. *Kar'er Muruntau na puti k rekordnoj glubine: osnovnye e'tapy razvitiya i modernizacii gornyx rabot [The Muruntau quarry on the way to a record depth: the main stages of development and modernization of mining].* // *Gornyj Zhurnal = Mining Journal.* – M., 2009. – №11. – P. 98-102 (in Russian)

#### Сведения об авторах:

**Хайитов О.Г.**, д-р геол.-минерал наук, доцент, академик Академии наук Турон, заведующий кафедрой «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), [o\\_haitov@mail.ru](mailto:o_haitov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7735-5980>

**Саидова Л.Ш.**, PhD, старший научный сотрудник Навоийского отделения академии наук Республики Узбекистан (г. Навои, Узбекистан), <https://orcid.org/0000-0001-6236-0288>

**Умирзоков А.А.**, докторант Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), [a\\_umirzoqov@mail.ru](mailto:a_umirzoqov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9609-179X>

**Турсунов Ш.Б.**, магистр 2 курса специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых» кафедры «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), [shahzodtursunov5260@gmail.com](mailto:shahzodtursunov5260@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-0801-504X>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Хайитов О.Г.**, геология-минералогия ғылымдарының докторы, доцент, Турон Ғылым академиясының академигі, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің, тау-кен ісі кафедрасының меңгерушісі (Ташкент қ., Өзбекстан)

**Саидова Л.Ш.**, PhD, Өзбекстан Республикасы Ғылым академиясы Навои филиалының аға ғылыми қызметкері (Навои қ., Өзбекстан)

**Умирзоков А.А.**, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің докторанты (Ташкент қ., Өзбекстан)

**Турсунов Ш.Б.**, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің, «Тау-кен ісі» кафедрасының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» мамандығының 2 курс магистрі (Ташкент қ., Өзбекстан)

#### Information about authors:

**Khayitov O.G.**, Doctor of Geological and Mineral Sciences, Associate Professor, Academician of the Academy of Sciences of Turon, Head at the Mining Department of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

**Saidova L.Sh.**, PhD, Senior Researcher of the Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Navoi, Uzbekistan)

**Umirzokov A.A.**, Doctoral Student of the Tashkent State Technical University named of Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

**Tursunov S.B.**, Master of the Second Course in the Specialty «Development of Mineral Deposits» at the Department of «Mining» at the Tashkent State Technical University named of Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)





**АТЫРАУ**  
OIL&GAS KAZAKHSTAN

19-я Северо-Каспийская  
региональная выставка  
«Атырау Нефть и Газ»

6 – 8 апреля 2022

Казахстан, Атырау

Подробная информация:

[www.oil-gas.kz](http://www.oil-gas.kz)



**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ**  
**в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»**  
(действуют с 1 сентября 2019 года)

**1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов по следующим направлениям (полный перечень рубрик указан на сайте [minmag.kz](http://minmag.kz)):**

- ✓ *Геотехнология (подземная, открытая и строительная)*
- ✓ *Геомеханика, маркшейдерское дело и геодезия*
- ✓ *Разрушение горных пород*
- ✓ *Горные машины и оборудование*
- ✓ *Обогащение полезных ископаемых*
- ✓ *Геоэкология горно-перерабатывающей промышленности*
- ✓ *Охрана труда и промышленная безопасность*
- ✓ *Теоретические основы проектирования горно-технических систем*
- ✓ *Металлургия*
- ✓ *Горно-промышленная геология и геофизика*
- ✓ *Экономика горно-металлургической отрасли*

По указанным направлениям также принимаются статьи обзорного характера, отвечающие критериям первичной научной публикации.

**Дополнительные рубрики:**

- ✓ *Подготовка кадров (применительно к теме журнала)*
- ✓ *История горного дела, металлургии и геологии*
- ✓ *Юбилеи*
- ✓ *Реклама*

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

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метаданные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы (например, [www.text.ru](http://www.text.ru));
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

**3. Структура статьи** должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском и русском языках;
  - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
  - сведения о каждом авторе предоставляются на трех языках (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна, **ORCID**);
  - 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 (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
    - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
    - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
    - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**К статье прилагаются сведения на английском языке:**

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

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

✓ сведения об авторе (-ах), без сокращений;

✓ полное название организации (аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД Scopus), ее адрес, город, страна с указанием индекса;

✓ реферат (аннотация) – Abstract. В реферат не допускается включать ссылки на источники из полного текста, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в полном тексте. Реферат должен быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700, но не более 900 знаков, включая пробелы.

✓ ключевые слова (Keywords) в количестве не менее 10, сокращения не допускаются, также не допускается использование слов в кавычках.

#### 4. Стоимость публикации.

Стоимость публикации статьи в издании с 1 апреля 2021 года составляет 10000 тенге. В стоимость входит восемь экземпляров журнала с опубликованной статьей и присвоение DOI. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги.



**7-10 июня 2022**  
**Новокузнецк**

XXX Международная специализированная выставка  
технологий горных разработок



# УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

XII Международная специализированная выставка

## ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VII Международная специализированная выставка

## НЕДРА РОССИИ

300 ЛЕТ  
КУЗБАСС

Организаторы



Messe  
Düsseldorf



уголь



руды



промышленные минералы



охрана и безопасность труда

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Выставочный комплекс "Кузбасская ярмарка", ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк  
т./ф: 8 (3843) 32-11-89, 32-22-22 e-mail: com@kuzbass-fair.ru, dr@kuzbass-fair.ru



[www.ugolmining.ru](http://www.ugolmining.ru)

12+