

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

Издается с января 2003 г.

Приказом №290 от 28.06.2022 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

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

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

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

#### Представители журнала:

**Центрально-Казахстанский регион –**  
**ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН**  
vladfdemin@mail.ru

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс 75807 в каталогах:  
**АО «Казпочта»,**  
**ТОО «Эврика-Пресс»,**  
**ТОО «Агентство «Евразия пресс»**

Подписано в печать 28.06.2022 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

**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 МАИИ

**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

Сотрудница «Казцинк» получила престижную награду в области безопасности ®  
«Казцинк» отметили особой наградой горно-металлургического конгресса ®

### Геология

7

*\*Ибрагимова Д.А., Портнов В.С.*

Химико-петрографические исследования углей Шубаркольского месторождения

### Геомеханика

15

*\*Тян С.Г.*

Геомеханические расчеты устойчивости бортов угольного разреза

### Металлургия

23

*\*Kholikulov D.B., Ruzikulov Q.M., Khaidaraliev K.R.*

Improving the technology of waelzation of zinc cakes

### Экономика горного производства

30

*\*Андрюкова И.В.*

Цифровизация и управление технологическим процессом в горнодобывающей отрасли

### Геоинформатика

37

*Тажибаяв Д.К., \*Кыдрашов А.Б., Мурзагалиева А.А., Абдыгалиева А.К.*

Түйіспе қазбасына кернеудің әсерін тау-кен технологиялық параметрлерді ескеріп сандық модельдеу

### По материалам конгресса АММ-2022

44

Выступление советника генерального директора АКФ «ПИТ» Tech Garden А. Сембина на III Форуме золотопромышленников в рамках АММ-2022

46

*Калыков А.К.*

Безопасность труда – это главное

50

Требования к оформлению статей

### Памяти ученого

52

Владимир Алексеевич Луганов (23.08.1938 – 26.06.2022)

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

*Дорогие читатели!*

*Уважаемые коллеги!*

Заканчивается июнь 2022 года, наполненный масштабными для нашего государства и значимыми в общечеловеческих интересах событиями, которые оставляют за собой неизгладимый след и как воспоминания, и как ответственный шаг в развитии нашей Родины, и как повод обосновать новые ориентиры.

В первую очередь, для нас важнейшим событием, определяющим наше будущее уже с 6 июня, явился Референдум, проведенный 5 июня и поддержанный народом. Результаты плебисцита открыли дверь в новую реальность, в которой народу предоставлена возможность в соответствии с принятым пакетом конституционных поправок стать хозяином своей страны.

Последовавшая следом новинка – *Национальный Курултай* (проведенный, кстати, в исторически оправданном месте – в Улытау, где на белой кошке поднимали избираемого хана государства), законодательное подтверждение создания новых областей – эти события закладывают основу исполнения предвыборного лозунга Президента Касым-Жомарта Кемелевича Токаева «Сильные регионы – сильная страна». Этот лозунг, который можно читать и справа налево, и слева направо, наполненный практическим содержанием, укрепит и экономический потенциал, и наше единство.

Затем было и интервью российскому телевидению, и участие в Петербургском экономическом форуме, в которых Президентом страны было блестяще подтверждено реальное ожидаемое исполнение «Декларации о суверенитете», принятой 25 октября 1990 года.

Исторически важные и ожидаемые события произошли на фоне наших традиционных «праздничных» будней, связанных с Днем защиты детей и Днем медицинского работника. Работники горно-металлургического комплекса встретились на ежегодном Горно-металлургическом конгрессе Astana Mining & Metallurgy – «АММ 2022» 16-17 июня в г. Нур-Султане. Следует отметить, что форум, шагая в ногу со временем, особое внимание уделил в своей программе новым насущным направлениям, исполнение которых изменит облик нашей отрасли в сторону сохранности окружающей среды, повышения экономической эффективности и безопасности.

Цифровая трансформация и декарбонизация в условиях создания циркулярной экономики в новых горнодобывающих границах грядут как реальность сегодняшнего дня, поэтому казахстанские горняки, обогатители и металлурги должны сохранить свои позиции в мировом рейтинге передовых держав. Такая возможность есть, она должна получить поддержку и в научном мире, и на предприятиях, чтобы не оказаться на обочине дороги, по которой движется мировая горная промышленность.



## СОТРУДНИЦА «КАЗЦИНКА» ПОЛУЧИЛА ПРЕСТИЖНУЮ НАГРАДУ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ

*Работница Риддерского металлургического комплекса Лариса Косолапова стала одним из лучших технических инспекторов по охране труда в республике.*

Награждение прошло на главном событии в области безопасности – XX юбилейной казахстанской международной выставке по охране труда и промышленной безопасности – KIOSH 2022 в г. Нур-Султане. Лариса Александровна получила диплом за почетное второе место и статуэтку конкурса «СЕНИМ» по безопасности и охране труда среди казахстанских компаний. Это единственный конкурс в стране для профессионалов в области ТБ. Одно только участие в нем – подтверждение компетенций сотрудника в вопросах охраны труда и безопасности. Для того, чтобы получить признание такого высокого уровня претендентам потребовалось выполнить ряд заданий: рассказать, как устроена работа, написать статью, а также эссе.

Лариса Александровна поведала жюри о том, как было принято решение помогать компании следить за безопасностью на производстве.

– На Риддерском металлургическом комплексе (РМК) я работаю аппаратчиком-гидрометаллургом почти тридцать лет – с 1993 года, – комментирует **Лариса Косолапова**. – Когда наш завод вошел в состав «Казцинк», одной из основных целей стало сохранение жизни и здоровья персонала. Появилось множество инструкций, уделялось большое внимание даже, казалось бы, мелочам. В первую очередь, нужно было менять культуру людей, их отношение к новым нормам. Многим требовалась помощь, чтобы понять направление техники безопасности, ее цели и задачи.



*Ведь, прежде в приоритете были лишь производственные показатели. Я поняла, что внедрение новых стандартов минимизации рисков мне очень близко. И вот уже на протяжении десяти лет я помогаю компании делать весь производственный процесс безопасным. Очень горжусь выбранной профессией и благодарна своим коллегам!*

Лариса признается: быть лучшим техническим инспектором ей помогают сотрудники РМК. С каждым годом металлурги все более ответственно подходят к работе, и каждый из них глубоко понимает ценность охраны труда и ее пользу для окружающих.

## «КАЗЦИНК» ОТМЕТИЛИ ОСОБОЙ НАГРАДОЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА

**Крупнейшая горно-металлургическая компания Восточного Казахстана стала участником конференции Astana Mining & Metallurgy (АММ). Это событие объединяет ведущие казахстанские компании отрасли. В рамках мероприятия организацию отметили юбилейной наградой.**

Представители «Казцинк» приняли участие в сессиях по развитию местного содержания, внутривосточной ценности и укреплению коммерческих контактов с малым и средним бизнесом. Также своим опытом специалисты поделились в ходе проведения конференций на тему развития цифровых технологий и проектов в рамках Индустрии 4.0. Значимой темой для дискуссий и обсуждения стало дальнейшее развитие геологоразведки.

– АММ – уже традиционная площадка для профильных специалистов, – отметил генеральный директор «Казцинк» **Александр Хмелев**. – Здесь формируются экспертные мнения, обсуждаются проблемы и перспективы, закладываются предпосылки для дальнейшего развития отрасли. Для «Казцинк» важно оставаться частью глобального горно-металлургического процесса, быть в фарватере развития.

Кульминация АММ – профессиональная премия «Золотой Гефест», одна из наиболее значимых наград для горняков и металлургов Казахстана. В этом году в рамках торжественного мероприятия «Казцинк»



удостоился премии за масштабный вклад в развитие отрасли за 25 лет своей работы. Нынешняя награда – важная победа двадцатитысячного коллектива компании, отмечающей в этом году юбилей.

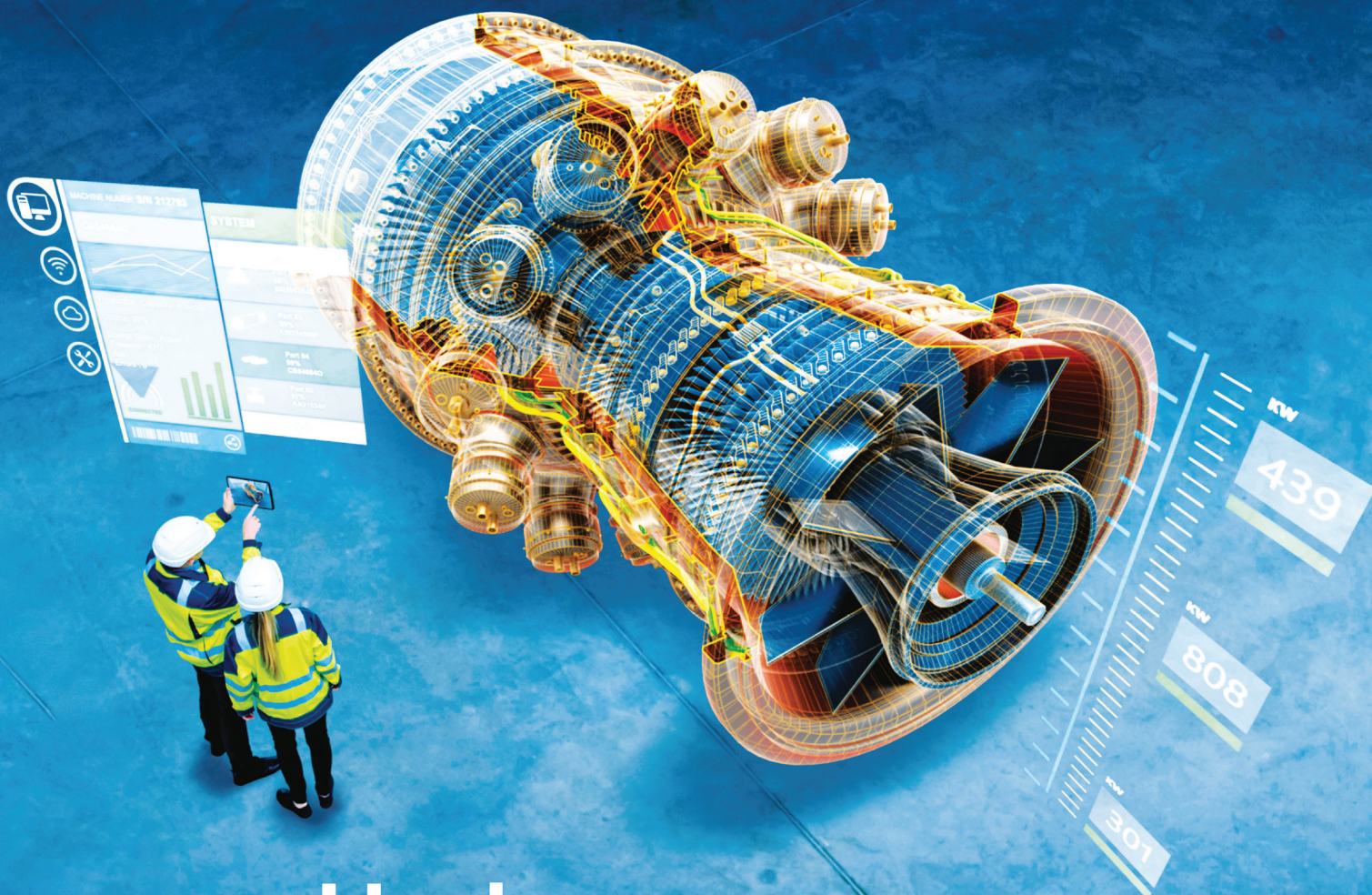
Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»





# Profit Industry & Energy Day

[profitday.kz/industry](https://profitday.kz/industry)



## Цифровизация промышленности и энергетики

Гибридная конференция



26 августа 2022  
пятница, 9:20



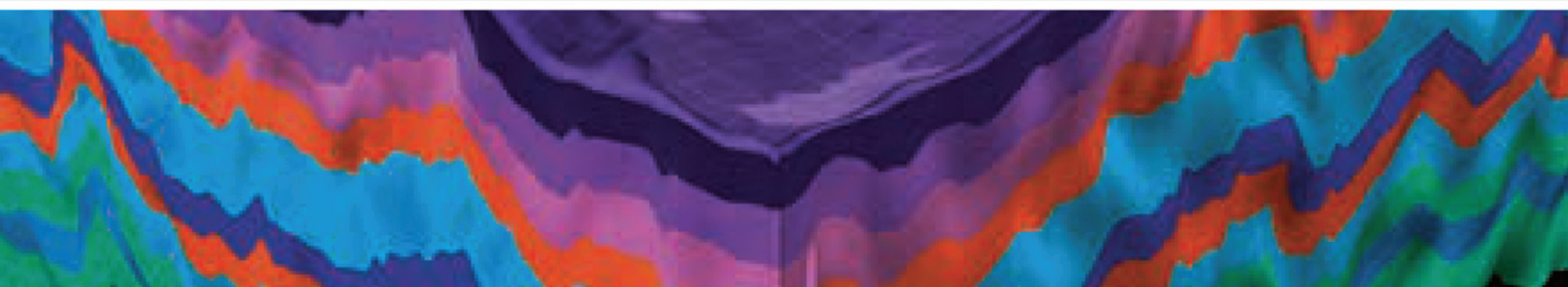
Hilton Astana  
Нур-Султан, Казахстан





# Геомодель 2022

24-я конференция по вопросам геологоразведки  
и разработки месторождений нефти и газа



## Важные даты

Окончание приёма  
тезисов докладов  
1 июня 2022 г.

Окончание  
регистрации по  
льготному тарифу  
1 июля 2022 г.

Окончание  
приема заявок на  
коммерческие  
презентации  
и выездной  
практический курс  
1 августа 2022 г.

## Направления тем научных сессий

Общая геология и региональные сессии  
 Геофизические исследования  
 Обработка и интерпретация геолого-геофизических данных  
 Методы промысловой геофизики и петрофизики  
 Количественный анализ геолого-геофизической информации  
 Разведка и разработка месторождений  
 Геомеханика  
 ТРИЗ  
 Машинное обучение и искусственный интеллект  
 Цифровизация процессов обработки данных  
 Экономическая эффективность ГРП

Приём тезисов докладов –  
до 1 июня 2022 г.!

5-8 сентября 2022 г. | Геленджик, Россия

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

Код МРНТИ 38.63.53

\*Д.А. Ибрагимова, В.С. Портнов

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

## ХИМИКО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕЙ ШУБАРКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** На территории Казахстана сосредоточены большие залежи бурых и каменных углей, которые могут быть использованы как энергетическое топливо, а также для получения полукокса. В статье рассмотрено изучение перспектив комплексной переработки углей месторождения Шубарколь с целью получения дополнительных продуктов, в том числе продуктов углехимии. Проведенные исследования показали, что угленосную толщу в пределах участка Центральный-2 месторождения Шубарколь по характеру накопления можно разделить на верхнюю и на нижнюю части. При этом в ней выделяются три цикла образования углефицированного вещества, которые не привязаны к пластам. Пласты характеризуются заметным изменением мацерального состава и устойчивым уровнем отражения витринита. Угли пластов 1В21, 2В1, 2В2, 2В3 с низкой зольностью и устойчивой спекающей способностью, необходимой для кускового коксования, представляют интерес для производства полукокса или среднетемпературного кокса.

**Ключевые слова:** углепетрография, инфракрасная спектроскопия, пиролитические исследования, угленакопления, метаморфизация, витринит, семивитринит, пластометрия, полукокс, углехимия.

### Шұбарқол кен орнының көмірін химиялық-петрографиялық зерттеу

**Аңдатпа.** Қоңыр және битуминді көмірлердің ірі кен орындары Қазақстан аумағында шоғырланған, олар қуатты отын ретінде, сондай-ақ жартылай кокс өндірісі үшін қолданыла алады. Мақалада Шұбарқол кен орнынан көмірді кешенді қайта өңдеу перспективаларын қосымша өнімдер алу үшін, оның ішінде көмір химия өнімдерін зерттеу зерттелген. Зерттеулер Шұбарқол кен орнының Орталық-2 учаскесі құрамындағы көмір қабаттарын жинақтау сипаты бойынша жоғарғы және төменгі бөліктерге бөлуге болатындығын көрсетті. Сонымен бірге онда көмірленген зат түзудің үш циклі бөлінеді, олар тігістерге байланбайды. Кереуеттер мацеральды құрамның айтарлықтай өзгеруімен және витринит шағылысының тұрақты деңгейімен сипатталады. Жартылай кокс немесе орташа температуралы коксты өндіру үшін 1В21, 2В1, 2В2, 2В3 тігістерінің көмірі аз құрамы және кесек кокстеуге қажетті тұрақты агломерлеу қабілеті бар.

**Түйінді сөздер:** көмір петрография, инфрақызыл спектроскопия, пиролитикалық зерттеулер, көмір жинақтау, метаморфизация, витринит, семивитринит, пластометрия, жартылай кокс, көмір химиясы.

### Chemical and petrographic studies of coals of the Shubarkol deposit

**Abstract.** Large deposits of brown and stone coal are concentrated on the territory of Kazakhstan, which can be used as energy fuel, as well as for producing semi-coke. This article will consider the study of the prospects of complex processing of coal deposits in order to obtain additional products, including coal chemistry products. Studies have shown that the coal-bearing thickness within the Central-2 section of the Shubarkol deposit can be divided into upper and lower parts by the nature of accumulation. In this case, three cycles of formation of carbon matter are distinguished in it, which are not tied to formations. Formations are characterized by a marked change in the maceral composition, according to vitrinite and a stable level of reflection of vitrinite. Coals of formations 1V21, 2V1, 2V2, 2V3 with low ash content and stable sintering capacity required for lump coking are of interest for the production of semi-coke or medium-temperature coke.

**Key words:** carbon metrographic, infrared spectrometry, pyrolytic studies, coal accumulation, metamorphization vitrinite, semivitrinite, plastometry, semi-coke, coal chemistry.

### Введение

Особенность изучения углей заключается в их петрографической неоднородности, которая становится видна при их макроскопическом исследовании. Методика проведения углепетрографических параметров органических веществ включает: углепетрографические, ИК-спектроскопические и пиролитические исследования материала, полученного в результате дробления, отсева и квартования до аналитической пробы. Исследования были выполнены Научно-исследовательской лабораторией ТПУ<sup>1</sup> [1, 2].

**Цель статьи** – изучение перспективы комплексной переработки углей месторождения для получения продуктов углехимии. Для выполнения поставленной цели будут выполнены работы и решены задачи:

- химико-петрографические методы: определение влажности, зольности, выхода летучих веществ, петрографического состава, показателя отражения витринита, пластометрия;
- ИК-спектроскопия: определение группового состава угля и генетических свойств углей (степени гелификации, восстановленности и метаморфизации), оценка особенностей углеобразования и угленакопления осадочной толщи [1-4].

#### Методы исследований

Углепетрографические исследования выполнены по стандартизованным методикам<sup>2-4</sup>. Согласно стандарту<sup>2</sup>, крупность исследуемого вещества не должна превышать 1,6 мм с минимальным включением классов менее 1,0 мм. Углепетрографические пробы состояли из углей разной крупности, поэтому

они подвергались дроблению до крупности 0-13 мм. После квартования дробились до класса 0-3 мм,



**Рис. 1.** Вид пластометрического полукокса из угля пласта 1В21. Сурет 1. 1В21 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.  
**Figure 1.** Type of plastometric semi-coke from coal formation 1V21.

<sup>1</sup>Арбузов С.И., Еришов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск: Д-Принт, 2007. – 468 с.

<sup>2</sup>ГОСТ Р 55663-2013. Методы петрографического анализа. – Ч. 2. Метод подготовки образцов угля.

<sup>3</sup>ГОСТ Р 55662-2013. Методы петрографического анализа. – Ч. 3. Определение мацерального состава (ИСО 7404-5:2009).

<sup>4</sup>ГОСТ Р 55659-2013. Методы петрографического анализа. – Ч. 5. Определение показателя отражения витринита.



а затем – до 1,6 мм. Аншлиф-брикеты изготовлены на шеллаке, для проведения анализа подвергались обдирке и полировке. Углететрографический анализ определения показателя отражения витринита<sup>4</sup> проводился на микроскопе «Палам-312» с фотоумножителем «HAMATSU» и программным обеспечением МСФ30У для подсчета  $Ro$ ,  $max$ ;  $Ro$ ,  $min$ ;  $Ro$ ,  $n$ ;  $Ro$ ,  $max-min$ ; стандартного коэффициента отклонения (СКО), по которому устанавливалась неоднородность по  $Ro$  –  $\sigma Ro$  и строилась рефлектограмма. Измерение отражательной способности витринита в иммерсионном масле проводилось вручную (без сканирующего столика) с метрологическим обеспечением замеров стандартных образцов (табл. 1) до и после выполнения замеров в исследуемом образце. Юстировка прибора перед началом работ проводилась по эталону  $Ro = 3,26\%$ , который прилагается к микроскопу. Мацеральный



**Рис. 2.** Вид пластометрического полукокса из угля пласта 1B22.  
**Сурет 2.** 1B22 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.  
**Figure 2.** Type of plastometric semi-coke from coal formation 1V22.



**Рис. 3.** Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2B1.  
**Сурет 3.** 2B1 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.  
**Figure 3.** Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V1.

**Таблица 1**  
**Характеристика метрологических эталонных (стандартных) образцов**

**Кесте 1**  
**Сипаттамасы метрологиялық эталондық (стандартты) үлгілерін**  
**Table 1**  
**Characteristics of metrological reference (standard) samples**

$Ro$	$n_o$	Марка эталона или материал
0,58	1,76863	S-TIH 14
1,01	1,85640	S-LAH 71
1,45	1,93412	S-NPH 2
1,96	2,01165	S-LAN 79
3,26		TS приборный для настройки микроскопа «Палам-312 с фотоумножителем»
5,23		алмаз

Примечание.  $Ro$  – показатель отражения;  $n_o$  – показатель преломления.

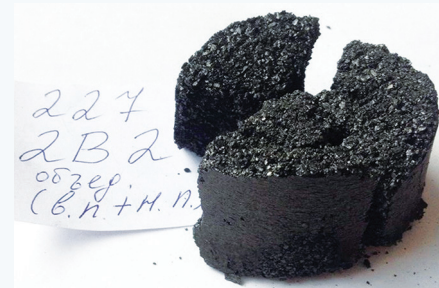
состав определялся на микроскопе «Палам-312» со счетчиком и вращающимся столиком. Определение мацерального состава состояло из количественного подсчета мацералов: витринита  $Vt$ , семивитринита  $Sv$ , инертинита  $I$ , липтинита  $L$  и минеральных примесей  $MM$  в соответствии со стандартом<sup>1</sup> [5-11].

Результаты исследований ИК-спектрометрические исследования выполнены по стандартизированной методике<sup>5</sup> на спектрометре IRAffinity-1 фирмы «Шимадзу» (Япония). Настоящий стандарт предназначен для определения выхода летучих веществ, толщины пластического слоя, показателя отражения витринита, суммы фюзенизированных компонентов и зольности (параметры) в каменном угле. Диапазоны получаемых значений показателей:

- выход летучих веществ на сухое состояние  $V^{daf}$  – от 11,0% до 39,0%;
- толщина пластического слоя  $Y$  – от 0 мм до 33 мм;
- показатель отражения витринита  $Ro$  – от 0,60% до 2,00%;
- сумма фюзенизированных компонентов  $OK$  – от 5,0% до 80,0%;
- зольность на сухое состояние  $A^d$  – от 4,0% до 13,0%.

Суть метода заключается в съемке инфракрасного спектра<sup>5</sup> в области волновых чисел от 350  $cm^{-1}$  до 7500  $cm^{-1}$ , обработка по заложенной программе сканирования выдается

в виде спектра значения интенсивности полос, по которым выбираются необходимые спектральные полосы для расчета спектрально-генетических показателей углефицированного вещества.



**Рис. 4.** Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2B2.  
**Сурет 4.** 2B2 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.  
**Figure 4.** Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V2.



**Рис. 5.** Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2B3.  
**Сурет 5.** 2B3 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.  
**Figure 5.** Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V3.

<sup>5</sup>ГОСТ 32246-2013. Метод спектрометрического определения генетических и технологических параметров.



Таблица 2

Результаты химико-петрографического анализа углей пластов

Кесте 2

Көмір қабаттарын химиялық-петрографиялық талдау нәтижелері

Table 2

Results of chemical-petrographic analysis of coal beds

Наименование анализа	Обозначение показателя	Шифр пробы					
		225К	226К	227К	228К	229К	230К
		Наименование пласта и вид пробы					
		2В4	2В3	2В2 (объединенная 2В2 в.п. + 2В2 н.п.)	2В1 (объединенная 2В1 в.п. + 2В1 н.п.)	1В22 (объединенная 1В22 в.п. + 1В22 н.п.)	1В21
Влага аналитическая, %	<i>Wa</i>	3,9	3,6	4,3	3,2	3,5	3,7
Зольность на сухую массу, %	<i>Ad</i>	12,1	9,3	2,6	8,7	15,9	2,7
Выход летучих веществ, %	<i>V<sup>daf</sup></i>	44,3	44,7	45,2	47,6	44,8	44,9
Индекс свободного вспучивания, ед.	<i>FSI</i>	1	1/2	1/2	1	1/2	1/2
Пластометрические показатели, мм	<i>x</i>	61	57	54	67	59	62
	<i>y</i>	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
Показатель отражения витринита, %	<i>Ro, n</i>	0,56	0,56	0,56	0,56	0,59	0,55
Неоднородность по <i>Ro</i> , %	$\sigma Ro$	0,030	0,040	0,030	0,040	0,040	0,030
Сумма фюзенизированных компонентов, %	$\Sigma OK$	3	7	5	8	9	10
Липтинит, %	<i>L</i>	1	3	1	2	1	1
Витринит, %	<i>Vt</i>	86	82	91	83	79	87
Семивитринит, %	<i>Sv</i>	1	5	2	2	2	2
Инертинит, %	<i>I</i>	2	3	4	6	7	8
Минеральные примеси, %	<i>MM</i>	10	7	2	7	11	2

Примечание:  $\sigma Ro$  – стандартный коэффициент отклонения, СКО.

Для спектральной съемки используют пробу крупностью 0,2 мм. Перед началом определения пробу тщательно перемешивают. Съемка осуществляется методом диффузионного отражения.

В комплект спектрометра входит кювета для загрузки пробы в измерительную камеру, представляющая собой углубление вместимостью 0,2-0,8 см в горизонтально расположенном металлическом держателе, имитатор стопроцентного отражения для проверки исправности спектрометра и управляющей программы для обработки сканов. Измерение ведется в параллельных

пробах, т. е. среднее значение величин оптических частот спектра устанавливается по 14 аналитическим замерам.

В химико-петрографический анализ входят: технический анализ (*Wa, Ad, V<sup>daf</sup>*), определение спекающей способности (*x, y, FSI*) и углепетрографический анализ (*Ro, n;  $\sigma Ro; \Sigma OK; L; Vt; Sv; I; MM$* ). Исследования выполнялись на шести пробах, представляющих отдельные пласты (табл. 2). Углепетрографический анализ проводился поэтапно: сначала было проведено микрокомпонентное обследование аншлиф-брикетов и подсчет

мацералов. Установлено, что в брикетах образцов количество витринита от 79% до 91% при наличии липтинита от 1% до 3%, а инертинита – от 2% до 8%. В целом, сумма фюзенизированных компонентов находится в пределах от 3% до 10% на всю угленосную толщу, сложенную данными пластами.

По показателю *Ro, n* углефицированное вещество пластов находится в пределах 0,55-0,59%, низкий показатель неоднородности  $\sigma Ro = 0,030-0,040\%$  указывает на слабое проявление восстановленности, однако сильная изменчивость содержания витринита по пластам



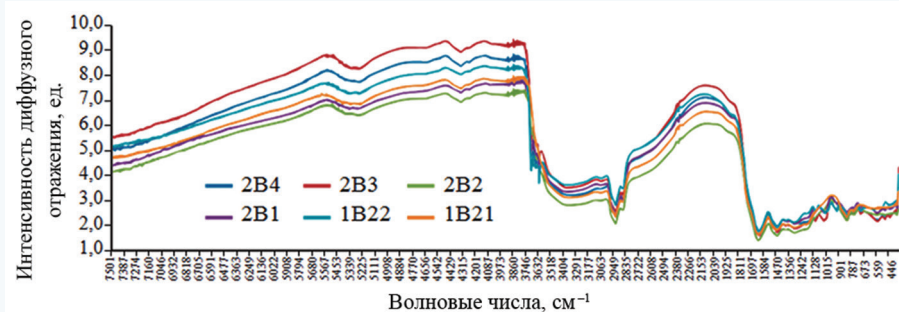
**Рис. 6. Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2B4.**  
**Сурет 6. Пластометриялық жартылай окстың қабат көмірінен жасалған түрі 2B4.**  
**Figure 6. Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V4.**

свидетельствует о разнообразии условий седиментации растительных осадков. Низкие величины  $R_o$ ,  $n$  свойственны низкометаморфизованным углям, т. е. это ранний катагенез.

Технический анализ ( $W_a$ ,  $A_d$ ,  $V^{daf}$ ) выполнялся в аналитических пробах крупностью 0,2 мм, из этих же проб отбирались дубликаты для спектрометрического анализа. Зольность образцов углей пластов находится в пределах 2,6-9,3%, за исключением углей пластов 2B4 и 1B22, в которых  $A_d = 12,1\%$  и 15,9%. В пластах 2B3 и 1B21 зольность углей на уровне 2,6-2,7%, что можно рассматривать как аномальную. В то же время, на выход летучих веществ низкая зольность не оказала влияния, они находятся в диапазоне показателя  $V^{daf}$  по пластам от 44,3% до 47,6%.

Углифицированное вещество пластов имеет признаки спекающей способности по толщине пластического слоя 0-5 мм, по индексу свободного вспучивания от 1/2 до 1. При такой спекаемости и показателях  $R_o$ ,  $n$ ,  $\Sigma OK$ ,  $V^{daf}$  угли принадлежат марке Д (ДВ).

Подобные угли широко используются для производства полукокса или среднетемпературного кокса. Например, угли пластов 1B21, 2B1,



**Рис. 7. Спектры образцов углей по пластам.**  
**Сурет 7. Спектрлер үлгілерін көмір және қалың қабаттар бойынша таңдау.**  
**Figure 7. The ranges of coal samples by formations.**

2B3, 2B3 представляют особый интерес в виду низкой зольности ( $A_d = 2,6-9,3\%$ ). Угли пластов 1B22 и 2B4 обнаруживают признаки коксующих свойств, но из-за повышенного содержания минеральных примесей ( $A_d = 15,9\%$  и 12,1%) пластометрические полукокса слабо спеклись. Вид пластометрических полукокса приводится на рис. 1-6.

Зольность, выход летучих веществ, коксующесть и повышенное содержание витринита, а также низкая стадия метаморфизма, указывают на потенциальные возможности угля для производства полукокса. Поэтому рекомендуется провести испытания коксующесть углей в классах крупности +50 мм и +25 мм для оценки производственного потенциала данного угля в изготовлении полукокса и среднетемпературных коксов.

На рис. 7 представлены спектры 6 образцов угля пластов и видно, что в областях ИК ближней 7500-4000  $\text{cm}^{-1}$  (1,33-2,5 мкм), средней 4000-600  $\text{cm}^{-1}$  (2,5-16,7 мкм) и дальней 600-30  $\text{cm}^{-1}$  (16,7-330 мкм) конфигурации спектров совпадают, но они различаются по интенсивности диффузного отражения. Спектрометрические исследования

состоят из структурно-группового и структурно-генетического анализа, раскрывающих особенности строения углефицированного вещества образцов и условия их образования. Данные методы исследования характеризуются как количественные, а получаемые результаты измеряются в условных единицах.

#### Выводы и рекомендации

1. Угленосную толщу по характеру накопления можно разделить на верхнюю и нижнюю части. При этом в ней выделяются три цикла образования углефицированного вещества, которые не привязаны к пластам.

2. Пласты характеризуются заметным изменением мацерального состава, по витриниту от 79% до 91%, и устойчивым уровнем отражения витринита  $R_o$ ,  $n = 0,55-0,59\%$ .

3. Для производства полукокса или среднетемпературного кокса интерес представляют угли пластов 1B21, 2B1, 2B2, 2B3 с низкой зольностью ( $A_d = 2,6-9,3\%$ ) и устойчивой спекающей способностью, необходимой для кускового коксования.

4. Выявленная биогеохимическая неоднородность в пластах должна учитываться при формировании сырьевой базы полукокса в процессе добычи углей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жемчужников Ю.А. Две стадии образования ископаемых углей и их петрографическое выражение. // *Химия и генезис твердых горючих ископаемых: тр. пер. всесоюз. совещ.* – М.: АН СССР, 1953. – С. 38-43 (на русском языке)
2. Иванов В.П. Оценка окисления мацералов кузнецких углей на основе ИК-спектроскопии. // *Кокс и химия.* – 2004. – №5. – С. 14-20 (на русском языке)
3. Видавский В.В., Рябоконева Н.Я. Органическая масса углей в связи с их коксующими свойствами. // *Геолого-химическая карта Донецкого бассейна.* – Харьков: Укргостехиздат, 1941. – Вып. 5. – С. 251-256 (на русском языке)

4. Иванов В.П. Комплексная оценка генетических и технологических свойств углей с применением ИК-спектроскопии. // Основные направления геологоразведочных и научно-исследовательских работ на твердые горючие ископаемые в современных экономических условиях. – Ростов на Дону: ВНИГРИуголь, 2014. – С. 135-138 (на русском языке)
5. Арбузов С.И., Машенкин В.С., Рыбалко В.И., Судыко А.Ф. Редкометалльный потенциал углей Северной Азии (Сибирь, Дальний Восток России, Монголия). // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – №S3-2. – С. 4144 (на русском языке)
6. Арбузов С.И., Иленок С.С., Вергунов А.В., Шалдыбин М.В., Соболенко В.М., Некрасов П.Е. Минералого-геохимическая идентификация продуктов взрывного вулканизма в углях Минусинской котловины. // Петрология магматических и метаморфических комплексов: материалы 9-й Всероссийской петрографической конференции. – Томск: Центр научно-технической информации, 2017. – Вып. 9. – С. 35-37 (на русском языке)
7. Lin M., Vai G., Duan P., Xu J., Duan D., Li Z. Перспективы комплексной эксплуатации ценных элементов китайского угля. // Разведка и эксплуатация энергии. – 2013. – №31(4). – С. 623-627 (на английском языке)
8. Беляев В.К., Педаш Е.Т., Ко Н.А. Малые элементы в углях и вмещающих породах Шубаркольского месторождения. // Разведка и охрана недр. – 1989. – №11. – С. 12-16 (на русском языке)
9. Иванов В.П., Станкевич А.С., Школлер М.Б. и др. Восстановленность и петрографический состав углей Кузнецкого бассейна. // Химия твердого топлива. – 2002. – №4. – С. 3-19 (на русском языке)
10. Панченко С.И., Пермитина К.С., Ветрова А.К. Различия строения и свойств витринитов равнометаморфизованных углей. // Химия твердого топлива. – 1967. – №4. – С. 18-25 (на русском языке)
11. Попов В.К., Капустин В.К., Русьянова Н.Д. Изучение структурных характеристик углей. ИК-спектроскопический анализ группового состава и связь спектральных параметров с технологическими свойствами углей. // Кокс и химия. – 1988. – №3. – С. 5-9 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жемчужников Ю.А. Екі сатыда білім қазбаларды көмір және олардың петрографиялық көрінісі. // Химия және генезисі қатты жанғыш қазбалар: бірінші бүкілодақтық жиналыстың материалдары – М.: АН СССР, 1953. – Б. 38-43 (орыс тілінде)
2. Иванов В.П. БИК-спектроскопия негізінде кузнецк көмірінің мацер алдарының тотығуын бағалау. // Кокс және химия. – 2004. – №5. – Б. 14-21 (орыс тілінде)
3. Видавский В.В., Рябоконева Н.Я. Көмірдің кокстеу қасиеттеріне байланысты оның органикалық массасы. // Геологиялық-химиялық картасы Донецк бассейнінің. – Харьков: Укргостехиздат, 1941. – Шығ. 5. – Б. 251-256 (орыс тілінде)
4. Иванов В.П. Кешенді бағалау генетикалық және технологиялық қасиеттері көмірді қолдана отырып, ИК-спектроскопиясы. // Негізгі бағыттары геологиялық барлау және ғылыми-зерттеу жұмыстарын қатты жанғыш қазбалар қазіргі экономикалық жағдайында. – Ростов на Дону: ВНИГРИкөмір, 2014. – Б. 135-138 (орыс тілінде)
5. Арбузов С.И., Машенкин В.С., Рыбалко В.И., Судыко А.Ф. Солтүстік Азия көмірлерінің сирек метал потенциалы (Сібір, Қиыр Шығыс, Ресей, Моңғолия). // Геология және Сібірдің минералды ресурстары. – 2014. – №S3-2. – Б. 41-44. (орыс тілінде)
6. Арбузов С.И., Иленок С.С., Вергунов А.В., Шалдыбин М.В., Соболенко В.М., Некрасов П.Е. // Минусинск бассейнінің көміріндегі жарылғыш вулканизм өнімдерін минералдыгеохимиялық сәйкестендіру. // Магмалық және метаморфты кешендердің петрологиясы: 9-шы бүкілресейлік петрографиялық конференцияның материалдары. – Томск: Ғылыми-техникалық ақпарат орталығы, 2017. – Вып. 9. – Б. 35-37 (орыс тілінде)
7. Lin M., Vai G., Duan P., Xu J., Duan D., Li Z. 2013. Перспектив алары кешенді пайдалану, бағалы элементтердің қытай көмір. // Энергияны барлау және пайдалану. – 2013. – №31(4). – Б. 623-627 (ағылшын тілінде)



8. Беляев В.К., Педаш Е.Т., Ко Н.А. Шағын элементтер көмірге және араласушы тау жыныстарында Шұбаркөл кен орнының. // Барлау және жер қойна уын қорғау. – 1989. – №11. – Б. 12-16 (орыс тілінде)
9. Иванов В.П., Станкевич А.С., Школлер М.Б., т. б. Қалпына келтіру және петрографиялық құрамы көмір Кузнецк бассейнінің. // Химия қатты отын. – 2002. – №4. – Б. 3-19 (орыс тілінде)
10. Панченко С.И., Пермитина К.С., Ветрова А.К. Айырмашылық құрылысы мен қасиеттерін витринит бірдей метаморфоздалған көмірдің. // Химия қатты отын. – 1967. – №4. – Б. 18-25 (орыс тілінде)
11. Попов В.К., Капустин В.К., Русьянова Н.Д. Зерттеу құрылымдық сипаттамаларын көмір. ИК-спектроскопиялық талдау топтық құрамын және байланыс спектрлік параметрлерді технологиялық қасиеттері көмірдің. // Кокс және химия. – 1988. – №3. – Б. 5-9 (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Zhemchuzhnikov Yu.A. Dve stadii obrazovaniya iskopaemyx uglej i ix petrograficheskoe vyrazhenie [Two stages of the formation of fossil coals and their petrographic expression]. // *Ximiya i genezis tvyordyx goryuchix iskopaemyx = Chemistry and genesis of solid fuels: proceedings of the First All-Union Conference.* – M.: USSR Academy of Sciences, 1953. – P. 38-43 (in Russian)
2. Ivanov V.P. Ocenka okisleniya maceralov kuzneckix uglej na osnove IK-spektroskopii [Evaluation of the oxidation of macerals of Kuznetsk coals based on IR spectroscopy]. // *Koks i ximiya = Coke and chemistry.* – 2004. – №5. – P. 14-21 (in Russian)
3. Vidavsky V.V., Ryabokoneva N.Ya. Organicheskaya massa uglej v svyazi s ix koksuyushhimi svojstvami [The organic mass of coals in connection with their coking properties]. // *Geologo-ximicheskaya karta Doneckogo bassejna = Geological and chemical map of the Donetsk basin.* – Kharkov: Ukgostekhizdat, 1941. – Vol. 5. – P. 251-256 (in Russian)
4. Ivanov V.P. Kompleksnaya ocenka geneticheskix i texnologicheskix svojstv uglej s primeneniem IK-spektroskopii. [Comprehensive assessment of the genetic and technological properties of coal using IR spectroscopy]. // *Osnovnye napravleniya geologorazvedochnyx i nauchno-issledovatel'skix rabot na tvyordye goryuchie iskopaemye v sovremennyx e'konomicheskix usloviyax = The main directions of geological exploration and research on solid fuels in modern economic conditions.* – Rostov on the Don: VNIGRIcoal, 2014. – P. 135-138 (in Russian)
5. Arbuzov S.I., Mashenkin V.S., Rybalko V.I., Sudyko A.F. Redkometall'nyj potencial uglej Severnoj Azii (Sibir', Dal'nij Vostok Rossii, Mongoliya) [Rare-metal potential of coals of Northern Asia (Siberia, Russian Far East, Mongolia)]. // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri = Geology and Mineral Resources of Siberia.* – 2014. – №S3-2. – P. 41-44 (in Russian)
6. Arbuzov S.I., Ilenok S.S., Vergunov A.V., Shaldybin, M.V., Sobolenko, V.M., Nekrasov P.E. Mineralogo-geoximicheskaya identifikaciya produktov e'ksplozivnogo vulkanizma v uglyax Minusinskoj kotloviny [Mineralogical-geochemical identification of explosive volcanism products in coals of the Minussinsk basin]. // *Petrologiya magmaticheskix i metamorficheskix kompleksov = Petrology of magmatic and metamorphic complexes: Proceedings of 9th All-Russian petrographic conference.* – Tomsk: Centr nauchno-texnicheskoj informacii = Center for Scientific and Technical Information, 2017. – Vol. 9. – P. 35-37 (in Russian)
7. Lin M., Bai G., Duan P., Xu J., Duan D., Li Z. Perspektivy kompleksnoj e'kspluatatsii cennyx e'lementov kitajskogo uglya [Perspective of comprehensive exploitation of the valuable elements of Chinese coal]. // *Razvedka i e'kspluataciya e'nergii = Energy exploration and exploitation.* – 2013. – №31(4). – P. 623-627. (in English)
8. Belyaev V.K., Pedash E.T., Ko N.A. Malye e'lementy v uglyax i vmeshhayushhix porodax Shubarkol'skogo mestorozhdeniya [Small elements in the coals and containing rocks of the Shubarkol deposit]. // *Razvedka i oxrana nedr = Exploration and protection of the subsoil.* – 1989. – №11. – P. 12-16. (in Russian)
9. Ivanov V.P., Stankevich A.S., Shkoller M.B. and others Vosstanovlennost' i petrograficheskij sostav uglej Kuzneckogo bassejna [Restoration and petrographic



*composition of coals of the Kuznetsk basin]. // Ximiya tvyordogo topliva = Solid fuel chemistry. – 2002. – №4. – P. 3-19 (in Russian)*

10. *Panchenko S.I., Permitin K.S., Vetrova A.K. Razlichie stroeniya i svojstv vitrinitov ravnometamorfizovannyx uglej [Difference in the structure and properties of vitrinites of equimetamorphized coals]. // Ximiya tvyordogo topliva Solid fuel chemistry. – 1967. – №4. – P. 18-25 (in Russian)*
11. *Popov V.K., Kapustin V.K., Rusyanova N.D. Izuchenie strukturnyx xarakteristik uglej. IK-spektroskopicheskiy analiz gruppovogo sostava i svyaz' spektral'nyx parametrov s texnologicheskimi svojstvami uglej [Study of the structural characteristics of coal. IR spectroscopic analysis of the group composition and the connection of spectral parameters with the technological properties of coal]. // Koks i ximiya = Coke and chemistry. – 1988. – №3. – P. 5-9 (in Russian)*

#### Сведения об авторах:

**Ибрагимова Д.А.**, магистр техн. наук, PhD докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [podgornaya1992@mail.ru](mailto:podgornaya1992@mail.ru)

**Портнов В.С.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [vs\\_portnov@mail.ru](mailto:vs_portnov@mail.ru)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Ибрагимова Д.А.**, техника ғылымдарының магистрі, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғам «Геология және пайдалы қазба кенорнын барлау» кафедрасының PhD докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Портнов В.С.**, техника ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғам «Геология және пайдалы қазба кенорнын барлау» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Ibragimova D.A.**, Master of Technical Sciences, PhD Doctoral Student at the Department «Geology and Exploration of Mineral Deposits» of the NonProfit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Portnov V.S.**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Geology and Exploration 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



Геомодель



**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
ДАННЫХ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ  
ТРЕТЬЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ДЕДЛАЙН НА ПОДАЧУ ТЕЗИСОВ - 15 ИЮНЯ!**

21-23 СЕНТЯБРЯ 2022 Г. | НОВОСИБИРСК , РОССИЯ



Код МРНТИ 52.13.05



\*С.Г. Тянь

Товарищество с ограниченной ответственностью «Гео инженеринг» (г. Караганда, Казахстан)

## ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы использования систем управления горным предприятием на примере K-Mine для расчета устойчивости бортов угольных разрезов. Проанализированы основные функциональные возможности, реализованные в программном комплексе. Раскрыта необходимость внедрения программного комплекса, как основы для создания геомеханической модели в качестве цифровой копии угольного разреза. Особое внимание уделено расчетам устойчивости различными методами в соответствии с нормами и правилами в области промышленной безопасности. Представлены примеры практических расчетов определения коэффициента запаса устойчивости для бортов разрезов и отвалов; оценки фактического и проектного состояний уступов и бортов разрезов, ярусов отвалов.

**Ключевые слова:** расчет устойчивости бортов, расчет коэффициента запаса устойчивости, 3D моделирование, геомеханические модели, цифровой рудник, промышленная безопасность.

### Тұрақтылықтың геомеханикалық есептері көмір разрезінің ернеулері

**Аңдатпа.** Мақалада ашық көмір шахталары карьерінің қабырғаларының тұрақтылығын есептеу үшін K-Mine бағдарламалық жасақтамасын пайдалану мәселелері қарастырылады. Сондай-ақ, ол бағдарламалық жасақтамада жүзеге асырылатын негізгі функцияларды көрсетеді және геомеханикалық модель-кесудің сандық көшірмесін жасау үшін негіз ретінде оны енгізудің өзектілігін көрсетеді. Өнеркәсіптік қауіпсіздік стандарттары мен ережелеріне сәйкес әртүрлі әдістерді қолдана отырып, тұрақтылық коэффициентін есептеуге ерекше назар аударылады. Құжат карьерлер мен үйінділер қабырғаларының тұрақтылық коэффициентін қалай есептеу керектігін, сондай-ақ карьерлер орындықтары мен қабырғаларының, сондай-ақ үйінділер үшін көтергіштердің нақты және жобалық жағдайын бағалауды көрсетеді.

**Түйінді сөздер:** карьер қабырғасының тұрақтылығын есептеу, тұрақтылық коэффициентін есептеу, 3D модельдеу, геомеханикалық модельдер, сандық шахта, өнеркәсіптік қауіпсіздік.

### Geomechanical calculation of pit wall stability for open-pit coal mine

**Abstract.** In opencast coal mining, the stability of bench slopes and open-pit walls is of great importance since it ensures the safety and efficiency of open-pit mining and provides for a rhythmical production of the company. The article considers the issues of using mining management systems based on the K-Mine software to calculate the pit wall stability of open-pit coal mines. It also shows the basic functionality implemented in the software and highlights the urgency of introducing it as the basis for creating a geomechanical model – a digital copy of the section. Particular attention is focused on calculating the stability factor using various methods in accordance with industrial safety standards and regulations. The paper demonstrates how to calculate the stability factor for pit walls and dumps, as well as estimate the actual and design status of benches and pit walls, along with dump lifts.

**Key words:** geomechanics, calculation methods, parameters of pit walls, benches and dumps, stability factor, 3D modeling, geomechanical models, digital mine, industrial safety, monitoring.

### Введение

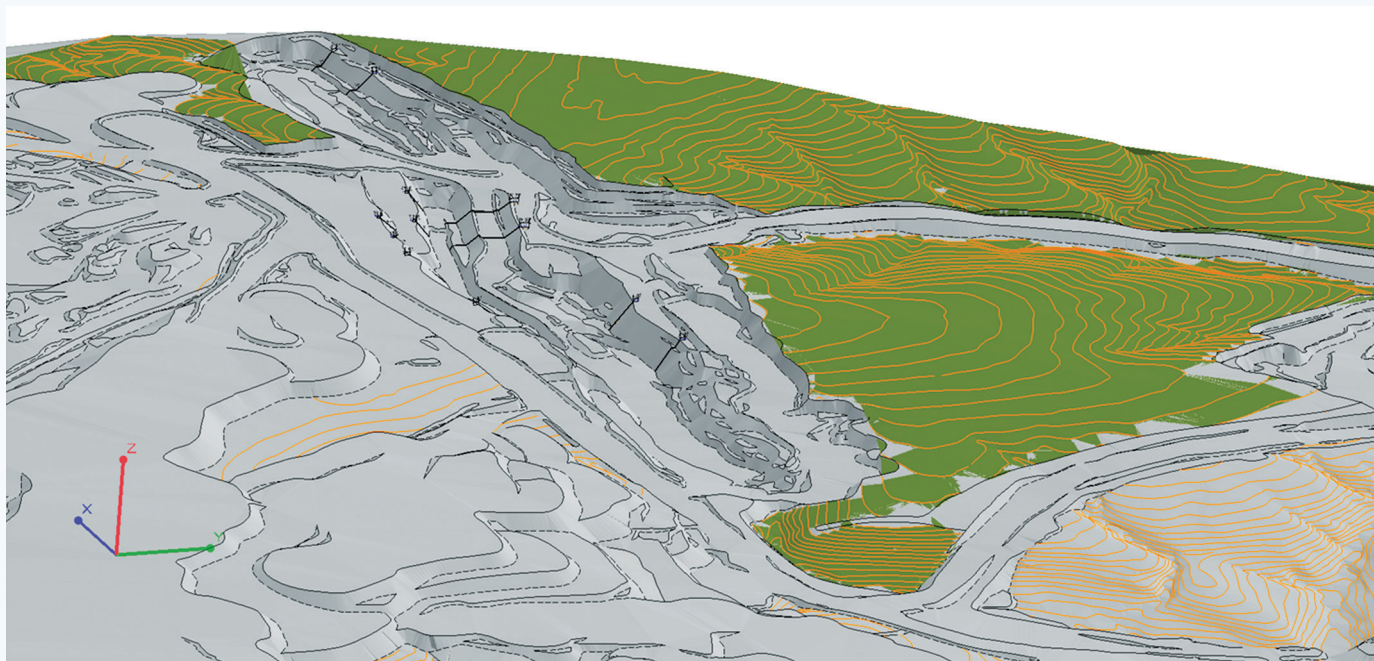
Одними из основных вопросов обработки пластовых месторождений полезных ископаемых открытым способом, безусловно, являются: рациональное извлечение угля, обеспечение безопасности ведения горных работ, а также снижение различных сопутствующих рисков. Нормы и правила в области промышленной безопасности Республики Казахстан устанавливают требования к способам и методам расчета устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов, организации систем наблюдений за развитием деформационных процессов, определяют меры по предупреждению рисков на всех стадиях проектирования, эксплуатации и ликвидации карьеров, разрезов и отвалов.

В настоящее время решение проблемы повышения устойчивости в разрезах представляет не только научный, но и практический интерес. Геомеханическое обеспечение устойчивости горных выработок – сложная

и многокомпонентная задача, включающая в себя изучение геометрии недр, механизмов возникновения и развития деформационных процессов, физико-механических свойств полезных ископаемых. Создание цифровых геомеханических моделей с помощью специализированного программного обеспечения для управления горным предприятием – это новые возможности управления производственными процессами, определения оптимальных углов откосов и обеспечение их устойчивости на открытых разработках, а также принятия оптимальных управленческих решений<sup>1</sup>.

Высокая интенсивность ведения горных работ, различные горно-геологические условия разрезов, большой парк горно-транспортного оборудования требуют качественного управления и цифровой трансформации. Также для эффективного и безопасного функционирования угольных предприятий необходима достоверная и максимально полная информация о месторождениях.

<sup>1</sup>Капутин Ю.Е. Вероятностное стратегическое планирование развития карьеров. – СПб.: Недра, 2019. – 316 с.



**Рис. 1. Подготовка 3D-моделей горнотехнических объектов для расчета устойчивости.  
Сурет 1. Тұрақтылықты есептеу үшін тау-кен нысандарының 3D-модельдерін дайындау.  
Figure 1. Preparation of 3D models of mining facilities for calculating stability.**

Достижение этой цели возможно путем создания геомеханических моделей месторождений<sup>2</sup>.

Программное обеспечение K-Mine содержит максимально полный спектр прикладных задач, поддерживает максимальную скорость обработки данных, имеет удобный и интуитивно понятный интерфейс. Это не просто готовый инструмент для работы, это – система, которую специалисты настраивают индивидуально под пользователя с учетом горно-геологических условий и требований, продиктованных особенностями технологии ведения работ на предприятии.

С помощью указанных программных продуктов производится комплексная автоматизация процессов управления и инженерного сопровождения горных работ открытым способом, а также обеспечивается:

- создание цифровых двойников месторождений полезных ископаемых и объектов горной технологии;
- комплексное решение горно-геологических и горнотехнических задач: маркшейдерии, геологии, планирования и проектирования горных работ, интеграции с существующими системами диспетчерского управления транспортом, а также точного позиционирования буровых станков;
- совместное использование 3D моделей несколькими службами<sup>3</sup>.

#### **Геомеханические модели и расчет устойчивости**

Для угледобывающих предприятий проектирование устойчивых и экономически целесообразных параметров бортов разрезов и горных выработок – актуальное направление на всех стадиях планирования, проектирования горных работ и текущей эксплуатации рудников.

Рассмотрим детальнее программный комплекс расчета устойчивости бортов, методы расчетов которого максимально соответствуют нормам и правилам в области промышленной безопасности.

Программный комплекс предназначен для определения запаса устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов. Исходными данными для работы этого комплекса являются интегрированные 3D модели, включающие в себя актуальное состояние исследуемого объекта (разрез, карьер, отвал) или его участка, а также 3D модели геологической среды, описывающие геолого-структурные и прочностные свойства горного массива, составляющего основу исследуемого объекта<sup>3</sup> (рис. 1) [1].

В алгоритмах работы программного комплекса расчета устойчивости бортов реализованы основные методы расчета:

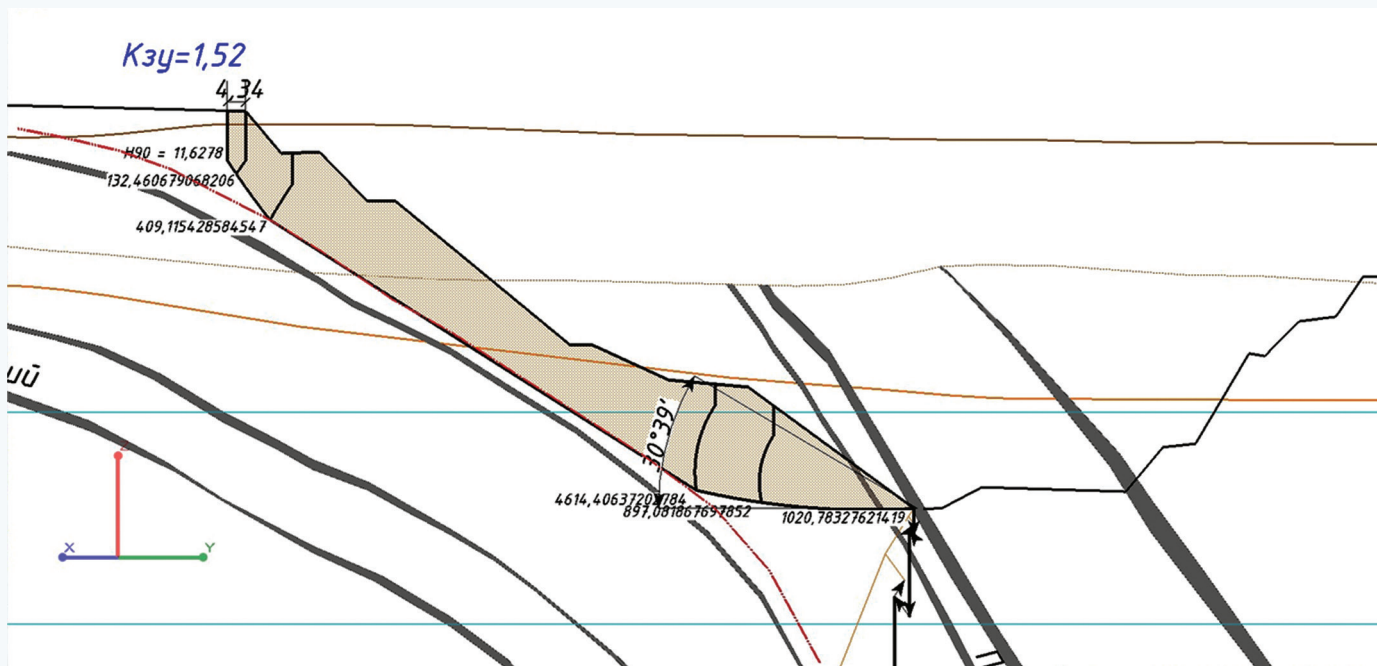
- **метод алгебраического сложения сил** применяется для условий плоского борта при отсутствии неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления для однородного изотропного массива с горизонтальным залеганием слоев при отсутствии ослабленных контактов;
- **метод многоугольника сил** применяется для расчета устойчивости откосов, сложенных трещиноватыми горными породами и поверхностями ослабления большой протяженности.

Эти методы являются универсальными и используются для решения широкого круга задач по определению устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов, насыпей и прочих инженерных

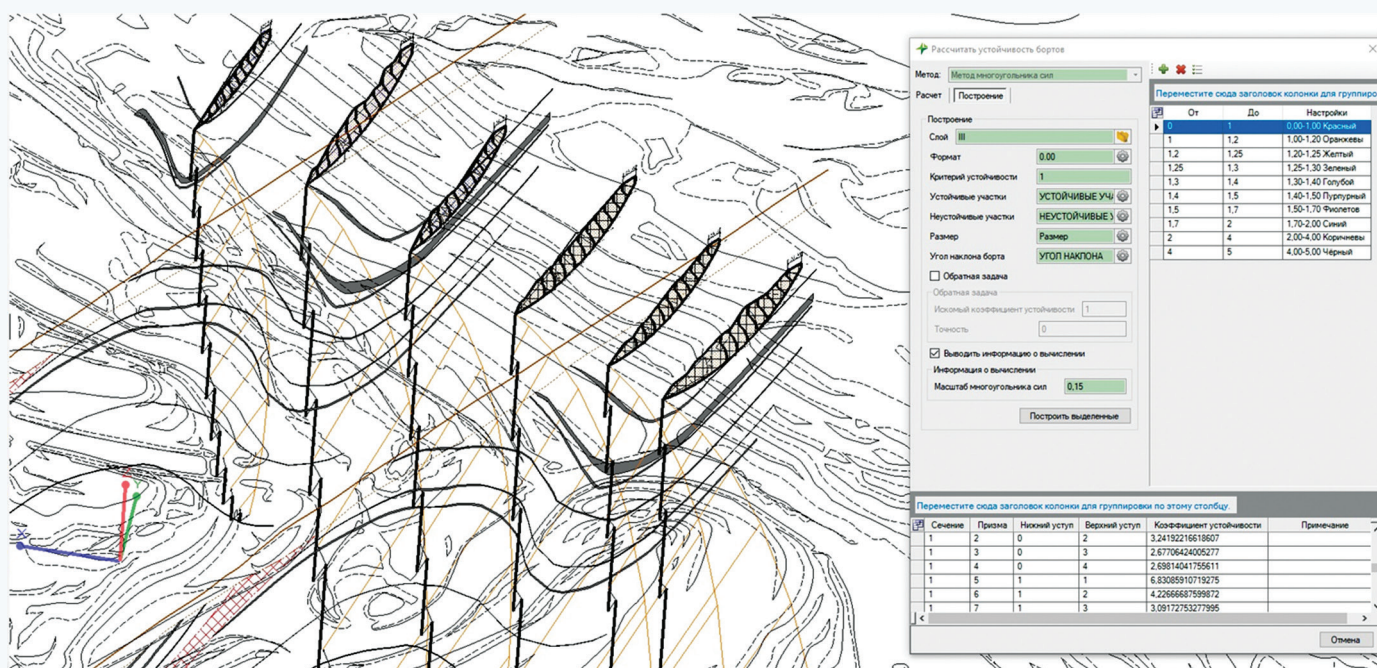
<sup>2</sup>Арсентьев А.И., Советов Г.А. и др. Планирование развития горных работ в карьерах. – М.: Недра, 1972. – 152 с.

<sup>3</sup>Использование геоинформационной системы K-Mine в различных сферах деятельности. // Сборник докладов III Международного научно-практического семинара «SVIT GIS-2016». – Кривой Рог: ФЛ-П Чернявский Д.А., 2016. – 280 с.





**Рис. 2. Расчет коэффициента устойчивости с помощью цифровой геолого-маркшейдерской модели.**  
**Сурет 2. Сандық геологиялық маркшейдерлік моделін қолдана отырып тұрақтылық коэффициентін есептеу.**  
**Figure 2. Calculation of the stability coefficient using the digital geological surveying model.**



**Рис. 3. Визуализация результатов расчетов на геомеханической модели.**  
**Сурет 3. Жасалған геомеханикалық модельде есептеу нәтижелерін визуализациялау.**  
**Figure 3. Visualization of the calculation results on the geomechanical model.**

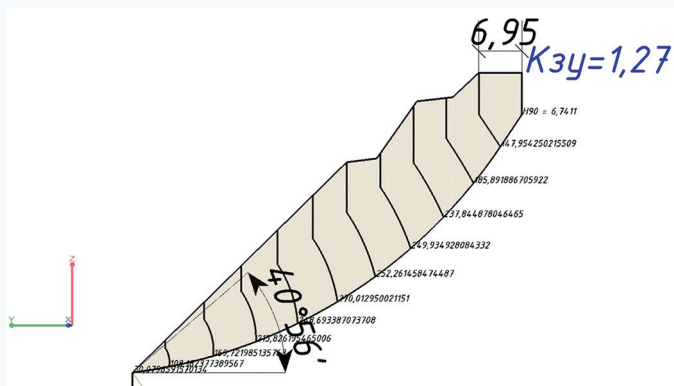
сооружений (определение устойчивого состояния бортов, определение коэффициента запаса устойчивости и других параметров)<sup>3-5</sup>.

Расчет коэффициента устойчивости проводится на цифровом двойнике разреза. Для этого используются цифровые геолого-маркшейдерские модели

(рис. 2), актуализируемые силами маркшейдерских служб предприятия. Модели для анализируемого участка борта разреза или отвала формируются путем построения множественных пересечений (разрезов) в границах, задаваемых пользователем. В расчетные схемы вводятся данные инженерных

<sup>4</sup>Рудько Г.І., Назаренко М.В., Хоменко С.А., Нецький О.В., Федорова І.А. Геоінформаційні технології в надрокористуванні: на прикладі ГІС К-Mine. – Київ: Академпрес, 2011. – 336 с.

<sup>5</sup>Методические указания по расчету устойчивости и несущей способности отвалов. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 126 с.



**Рис. 4. Результаты геомеханических расчетов.**  
**Сурет 4. Геомеханикалық есептеулердің нәтижелері.**  
**Figure 4. Results of geomechanical calculations.**

изысканий с расчетными значениями физико-механических свойств пород, слагающих толщу борта исследуемого участка, и прочих показателей<sup>3</sup> [2].

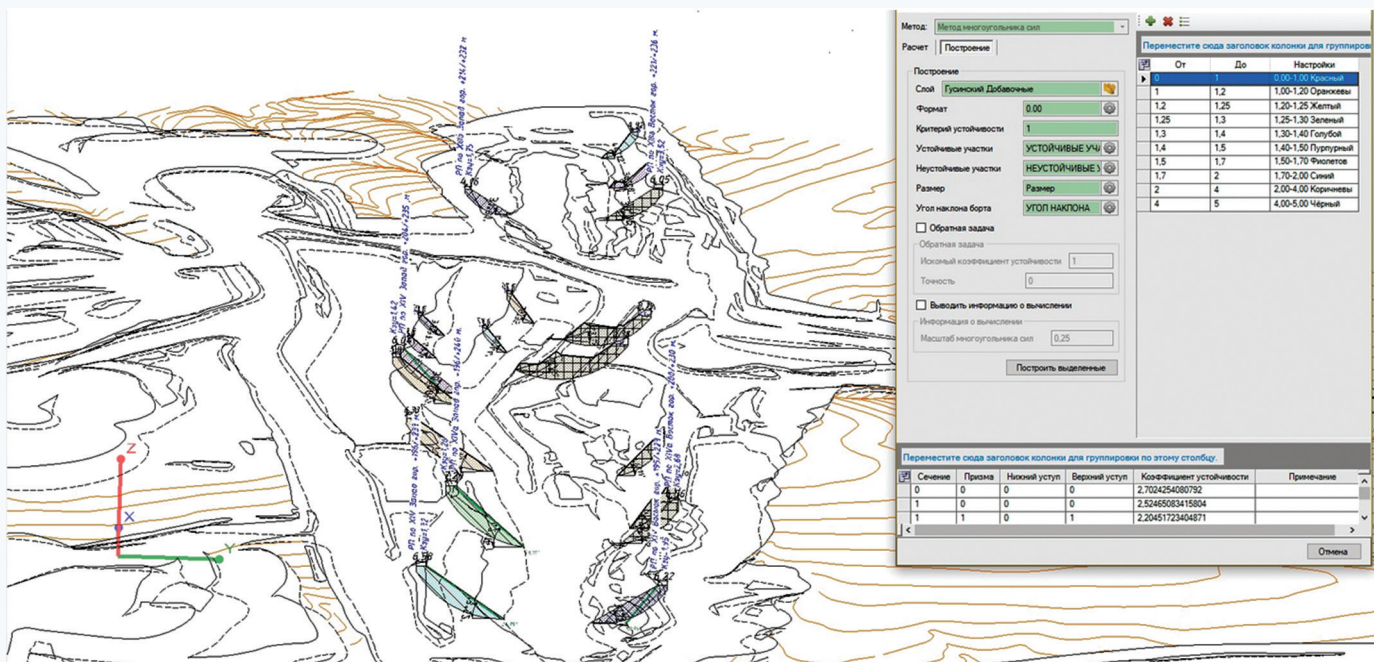
В результате выполнения вычислений на цифровых геомеханических моделях отображаются данные о параметрах устойчивости выбранного участка с обозначением устойчивых, неустойчивых и недостаточно устойчивых участков (рис. 3). В составе программного комплекса также реализована возможность фильтрации выводимых результатов, подготовки отчета о проведенных расчетах, настройки параметров и выборе критериев расчета.

При расчете устойчивости бортов и уступов разреза, в том числе с учетом воздействия сейсмических сил и нагрузок от горного оборудования, с использованием теории предельного равновесия особой популярностью пользуется наиболее универсальный метод векторного сложения сил (многоугольника сил).

Представим детальнее пример расчета коэффициента устойчивости методом векторного сложения сил на примере угольного разреза. Метод отличается тем, что учитываются реакции между блоками, на которые по определенным признакам разбивается призма возможного обрушения (рис. 4).

При расчете методом многоугольника сил точность расчета зависит от расположения границ между смежными блоками и от направления реакции между ними. Для откоса, находящегося в предельном устойчивом состоянии с заданным коэффициентом запаса, многоугольник сил, построенный по наиболее напряженной поверхности скольжения для всей призмы возможного обрушения, должен замыкаться. Это означает, что его устойчивость обеспечивается с коэффициентом запаса, близким к введенному в прочностные характеристики пород угля (рис. 5). Если при расчете многоугольника сил не замыкается, то устойчивость откоса не соответствует принятому коэффициенту запаса. И расчет нужно произвести повторно по наиболее напряженной поверхности скольжения при других значениях коэффициентов запаса<sup>3</sup> [3, 4].

Программный комплекс для расчета устойчивости учитывает множество факторов и особенностей развития геомеханических процессов и явлений, сопровождающих эксплуатацию разрезов, и дает возможность точно оценивать фактическое и проектное состояние уступов и бортов разрезов, ярусов отвалов; определять требуемые положения уступов, бортов разрезов, ярусов отвалов для обеспечения необходимого запаса устойчивости; формировать и визуализировать 3D карты предельно допустимых углов откосов; а также минимизировать площадь отчужденных земель и затрат на отвалообразование [1, 5].



**Рис. 5. Определение запаса устойчивости.**  
**Сурет 5. Тұрақтылық қорын анықтау.**  
**Figure 5. Determination of the stability margin.**



### Результаты использования K-MINE на угольных предприятиях

Заложенные в основу программного комплекса для расчета устойчивости алгоритмы и методы прошли многократную практическую поверку в условиях крупных горнодобывающих предприятий для определения устойчивого состояния бортов карьеров. Эффективность использования продукта «Устойчивость бортов» подтверждена успешным использованием на множестве предприятий.

Результаты использования – это:

- повышение безопасности ведения горных работ в разрезе и при формировании отвалов;

- определение максимально безопасных параметров конструкций отвалов, что предоставляет дополнительные возможности увеличения максимальной высоты отвалов, минимизируя площадь отчужденных земель и затрат на отвалообразование;

- оптимизация конечных контуров разреза на основе 3D геомеханической модели разреза для уменьшения объемов вскрышных пород и снижения себестоимости добычи полезных ископаемых.

Кроме того, в дальнейшем – это дополнительные перспективы в области планирования горных работ и повышения прибыли в условиях волатильного рынка угля.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Хоменко С.А. Новые подходы при создании автоматизированных систем управления горными работами на базе геоинформационной системы K-MINE. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга, 2013. – №6. – С. 155-168 (на русском языке)
2. Назаренко Н.В., Хоменко С.А. Инженерные методы расчета устойчивости уступов бортов карьеров и отвалов в программном комплексе «K-MINE: Расчет устойчивости». // Рациональное освоение Недр. – 2016. – Вып. 1. – С. 64-67 (на русском языке)
3. Шолох С.Н. Автоматизированная система управления горными работами. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2019. – №8. – С. 8-11 (на русском языке)
4. Назаренко М.В., Хоменко С.А. K-MINE: комплексная интегрированная система планирования и управления горными работами. // Цветные металлы и минералы 2018 Сборник докладов X международного конгресса. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2018. – С. 1215-1218 (на русском языке)
5. Капустина Н.П., Войтова Н.А. Геоинформационная система K-MINE. // Современные информационные технологии в экономике, образовании и бизнесе: Сборник материалов I Межвузовской заочной студенческой научно-практической конференции. – 2014. – С. 198-200 (на русском языке)

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Хоменко С.А. K-MINE геоақпараттық жүйесі базасында тау-кен жұмыстарын басқарудың автоматтандырылған жүйесін құрудың жаңа тәсілдері. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – М.: Тау кітабы, 2013. – №6. – Б. 155-168 (орыс тілінде)
2. Назаренко Н.В., Хоменко С.А. «K-MINE: орнықтылықты есептеу» бағдарламалық кешеніндегі карьерлер мен үйінділер борттары кемерлерінің орнықтылығын есептеудің инженерлік әдістері. // Жер Қойнауын Ұтымды Игеру. – 2016. – Шығ. 1. – Б. 64-67 (орыс тілінде)
3. Шолох С.Н. Тау-кен жұмыстарын басқарудың автоматтандырылған жүйесі. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2019. – №8. – Б. 8-11 (орыс тілінде)
4. Назаренко М.В., Хоменко С.А. K-MINE: комплексная интегрированная система планирования и управления горными работами. // Түсті металдар мен минералдар 2018: X халықаралық конгрестің есептер жинағы. – Красноярск: Ғылыми-инновациялық орталық – 2018. – Б. 1215-1218 (орыс тілінде)
5. Капустина Н.П., Войтова Н.А. K-MINE геоақпараттық жүйесі. // Экономика, білім және бизнестегі заманауи ақпараттық технологиялар: I ЖОО аралық сырттай студенттік ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдар жинағы. – 2014. – Б. 198-200 (орыс тілінде)

### REFERENCES

1. Nazarenko V.M., Nazarenko M.V., Khomenko S.A. Novye podxody pri sozdanii avtomatizirovannyx sistem upravleniya gornymi rabotami na baze geoinformacionnoj sistemy K-MINE [New approaches to automated control systems for mining management based on K-MINE GIS]. // Mining information and analytical bulletin. – M.: Mining Book, 2013. – №6. – P. 155-168 (in Russian)

2. Nazarenko N.V., Homenko S.A. *Inzhenernye metody rascheta ustojchivosti ustupov bortov kar'erov i otvalovv programnom komplekse «K-MINE: Raschet ustojchivosti» [Engineering methods for calculating the stability of ledges of quarry sides and dumps in the software package «K-MINE: Stability calculation»]. // Racional'noe Osvoenie Nedr = Rational Development of Mineral Resources. – 2016. – Vol. 1. – P. 64-67 (in Russian)*
3. Sholoh S.N. *Avtomatizirovannaja sistema upravlenija gornymi robotami [Automated mining operations management system]. // Gornyj zhurnal Kazahstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2019. – №8. – P. 8-11 (in Russian)*
4. Nazarenko M.V., Homenko S.A. *K-MINE: kompleksnaya integrirovannaya sistema planirovaniya i upravleniya gornymi robotami [K-MINE: a comprehensive integrated mining planning and management system]. // Cvetnye metally i mineraly 2018: Sbornik dokladov X mezhdunarodnogo kongressa = Non-ferrous Metals and Minerals 2018: Collection of reports of the X International Congress. – Krasnoyarsk: Nauchno-innovacionnyj centr = Scientific and Innovation Center, 2018. – P. 1215-1218 (in Russian)*
5. Kapustina N.P., Vojtova N.A. *Geoinformacionnaya sistema K-MINE [Geoinformation system K-MINE]. // Sovremennye informacionnye texnologii v e'konomike, obrazovanii i biznese: Sbornik materialov I Mezhvuzovskoj zaochnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii = Modern information technologies in economics, education and business: Collection of materials of the I Intercollegiate Correspondence Student Scientific and Practical conference. – 2014. – P. 198-200 (in Russian)*

**Сведения об авторах:**

**Тян С.Г.**, докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Карагандского Технического Университета им. А. Сагинова (г. Караганда, Казахстан), директор Товарищества с ограниченной ответственностью «ГЕО ИНЖЕНЕРИНГ» (г. Караганда, Казахстан), [info@geo-in.kz](mailto:info@geo-in.kz); <https://orcid.org/0000-0002-3566-1437>

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Тян С.Г.**, А. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), «ГЕО ИНЖЕНЕРИНГ» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің директоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Tyan S.G.**, Doctoral Candidate at the Department of «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda Technical University named after A. Saginov (Karaganda, Kazakhstan), CEO of the «GEO ENGINEERING» Limited Liability Partnership (Karaganda, Kazakhstan)



XXVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ВЫСТАВКА

# СУРГУТ. НЕФТЬ И ГАЗ 2022

ОРГАНИЗАТОР:

• ЮГОРСКИЕ КОНТРАКТЫ •  
окружной выставочный центр

MEMBER  
OF THE RUSSIAN  
UNION OF EXHIBITIONS  
AND FAIRS



ЧЛЕН  
РОССИЙСКОГО  
СОЮЗА ВЫСТАВОК  
И ЯРМАРОК



ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА:

**EXPROTECH**

XXVII INTERNATIONAL SPECIALIZED  
TECHNOLOGICAL EXHIBITION

# SURGUT. OIL & GAS 2022

# 26-28 СЕНТЯБРЯ 2022

📍 г. Сургут,  
СОК «Энергетик»  
ул. Энергетиков, 47

📞 +7 (3462) 94-34-54

✉ sales@yugcont.ru

💻 www.sngexpo.ru

📌 vk.com/sngexpo

📍 t.me/sngexpo

#приёмзаявок #СНГ #СургутНефтьиГаз2022 #выставка  
#ЮГРА #Сургут #sngexpo #СургутнефтьиГаз #Exprotech  
#2022 #четвертьвекавместе #ЮК #ЮгорскиеКонтракты





**KIOGE**  
OIL&GAS KAZAKHSTAN



# 28-я Казахстанская международная выставка "Нефть и Газ"

28-30 сентября 2022  
Атакент, Алматы, Казахстан

подробная информация:  
[www.kioge.kz](http://www.kioge.kz)

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР  
Выставки и Конференции





Код МРНТИ 53.37.13

\*D.B. Kholikulov<sup>1</sup>, Q.M. Ruzikulov<sup>2</sup>, K.R. Khaidaraliev<sup>1</sup><sup>1</sup>Almalyk Branch of the Tashkent State Technical University (Almalyk, Uzbekistan),<sup>2</sup>Joint-stock Company «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» (Almalyk, Uzbekistan)

## IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WAEZATION OF ZINC CAKES

**Abstract.** Today, about 90% of zinc in the world is produced by the hydrometallurgical method. In zinc plant of Almalyk Mining and Metallurgical Complex a mixed technology is used for zinc production: roasting – leaching – purification from impurities – electrolysis, the extraction of zinc from concentrates is 92.5-94%. The waelz process makes it possible to achieve high rates of zinc extraction, however, it has the following disadvantages: an increase in the content of chlorine, fluorine and reducing agent leads to contamination of solutions with impurities. Experiments were carried out to remove process impurities by water-alkaline washing and calcination of waelz-oxides. Washing of secondary sublimates after preliminary calcination of waelz-oxides allows to effectively solve the problem of reducing the content of reducing agent, chlorine and fluorine from the technological cycle of zinc production.

**Key words:** zinc cake, waelz-oxide, charge, washing, waelzation, sublimates, chemical composition, fractional composition, temperature, extraction.

### Мырыш кектерін вельцирлеу технологиясын жетілдіру

**Аңдатпа.** Қазіргі таңда дүние жүзінде мырыштың 90%-ға жуығы гидрометаллургиялық әдіспен өндіріледі. «Алмалық ТМК» АҚ мырыш өндірісінде аралас технология қолданылады: күйдіру – шаймалау – қоспалардан тазарту – электролиз, концентраттардан мырыш алу 92,5-94% құрайды. Вельц процесі мырыш экстракциясының жоғары көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді, бірақ оның келесі кемшіліктері бар: хлордың, фтордың және қалпына келтіргіштің мөлшерінің жоғарылауы ерітінділердің қоспалармен ластануына әкеледі. Вельц оксидтерін су-сілтімен жуу және күйдіру арқылы технологиялық қоспаларды жою үшін сынақтар жүргізілді. Вельц оксидтерін алдын ала күйдіруден кейін қайталама сублиматты жуу мырыш өндірісінің технологиялық циклінен тотықсыздандырғыштың, хлор мен фтордың құрамын азайту мәселесін тиімді шешуге мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** мырыш торты, вельц-оксиді, шихта, жуу, вельцтеу, сублиматтар, химиялық құрамы, фракциялық құрамы, температура, экстракция.

### Усовершенствование технологии вельцевания цинковых кеков

**Аннотация.** На сегодняшний день около 90% цинка в мире производят гидрометаллургическим методом. В цинковом производстве АО «Алмалыкский ГМК» применяется смешанная технология: обжиг – выщелачивание – очистка от примесей – электролиз. Извлечение цинка из концентратов составляет 92,5-94%. Вельц-процесс позволяет достигнуть высоких показателей по извлечению цинка, однако имеет следующие недостатки: увеличение содержания хлора, фтора и восстановителя приводит загрязнению растворов примесями. Проведены испытания по удалению примесей процесса водно-щелочной отмывкой и прокаливанием вельц-оксидов. Отмывка вторичных возгонов после предварительной прокалики вельц-оксидов позволяет эффективно решить задачу уменьшения содержания восстановителя, хлора и фтора из технологического цикла цинкового производства.

**Ключевые слова:** цинковый кек, вельц-оксид, шихта, отмывка, вельцевание, возгоны, химический состав, фракционный состав, температура, извлечение.

### Introduction

Today, about 90% of zinc in the world is produced by the hydrometallurgical method. According to this method, the resulting calcine after oxidative roasting of sulfide zinc concentrates is subjected to leaching with sulfuric acid, after which leaching precipitates (zinc cake) are formed with a high content of zinc (18-24%) and copper (0,3-1,5%). Zinc and copper in cakes are in the form of sparingly soluble ferrites. The main method of cake processing is the waelz process, based on reductive-distillation pyrometallurgical processing of cake at temperatures of 1200-1300°C, resulting in sublimates (waelz zinc oxide) and clinker. Waelz-oxide undergoes leaching and further electrolytic extraction of zinc. Clinker is processed to extract copper.

At present, one of the main indicators of any production is its competitiveness, which means high technical and economic efficiency and solution of environmental issues. From these positions, the task of improving the technology of zinc production at the stages of processing intermediate products is relevant. In the zinc production of Almalyk Mining and Metallurgical Complex (AMMC), the main share of the cost of extracted metals is the cost of purchased raw materials. The price of zinc in sulfide zinc flotation concentrates is more than half of the cost of the metal.

The extraction of metal, in turn, is predetermined by the existing technology. Although at present up to 92,5-94% of zinc is extracted into metal from concentrates, the main part of the losses falls on tail products, the extraction

of which is not economically feasible. Therefore, the task of reducing the loss of zinc in the main technological process upon receipt is topical.

### Research methods and results

In the production of zinc by the hydrometallurgical method, after leaching the calcined zinc concentrate, zinc cakes remain, which contain lead, zinc, silver, and some other valuable metals. To extract lead, zinc and valuable metals from cakes by pyrometallurgical method, zinc cakes are usually subjected to waelz process, during which almost all zinc, most of lead, cadmium and indium, partly copper, precious metals and some other components pass into waelz sublimates. At the same time, silver, the content of which in zinc cake is usually 200-400 g/t, is transferred by 50% or more to the residue of waelz process – copper clinker (3-4% copper), which is processed together with copper concentrate in the copper smelter of AMMC. Having gone through all the stages of copper smelting and electrolyte production, noble metals are concentrated in copper electrolyte slime, which is processed according to a separate scheme [1].

The aim of the work is to conduct research on technological processes that allow increasing the extraction of metals from raw materials due to its separation from zinc cakes by washing and changing the temperature during calcination, waelz process, the study of subsequent processing processes, obtaining more valuable and high-quality commercial products, to the extraction of zinc and its return to technological cycle. To achieve this goal,



Table 1

## Chemical composition of zinc cake, %

Кесте 1

## Мырыш тортының химиялық құрамы, %

Таблица 1

## Химический состав цинкового кека, %

$Zn_{total}$	$Zn_{water}$	$Zn_{acid}$	$Cl$	$F$	$C$	$S_{total}$	$S_{SO_4}$	$Pb$	$Fe$	$SiO_2$
21,42	5,59	13,26	0,039	0,0024	0,14	7,69	6,86	6,48	15,21	9,39
$Al_2O_3$	$Cu$	$Cd$	reducing agent	$Au, g/t$	$CaO$	$MnO$	$Mg$	$K$	$As$	$In$
1,42	2,32	0,21	4,01	1,22	2,67	0,85	0,49	0,28	0,35	0,006

Table 2

## Mineralogical composition of zinc cake, %

Кесте 2

## Мырыш тортының минералогиялық құрамы, %

Таблица 2

## Минералогический состав цинкового кека, %

Product name	Compounds, %					
	$Zn_{total}$	$ZnSO_4$	$ZnO$	$ZnO \cdot SiO_2$	$ZnS$	$ZnFe_2O_4$
Zinc cake	21,42	7,97	3,05	3,44	1,07	6,11
	$CuFe_2O_4$	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	$Cu_2S$	$CuO$	$CdO$	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
	5,25	1,45	0,16	0,03	0,02	7,16
	$PbSO_4$	$FeS$	$Fe_2O_3$	$CaCO_3$	$MnS$	$MgO$
	6,05	1,27	0,56	1,45	1,28	0,45

a technology has been developed to extract zinc and other valuable metals into marketable products.

For research, a sample of zinc cake was taken from zinc plant of AMMC. The results of the chemical and mineralogical composition of zinc cake using the methods of spectral analysis are given in table 1-2. Of industrial interest are the extraction of metals zinc, copper, lead, cadmium, iron, etc. From the spectral analysis of zinc cake [2], it can be seen that zinc cake contains more than 20% zinc, 2% copper and 15% iron. The main chemical compounds of zinc cake are sphalerite, zinc ferrite, copper ferrite, copper sulfate, zinc sulfate, gypsum, lead sulfate and metal silicates.

As shown by the feasibility study of modern methods of zinc cake processing, the waelz process is still one of the effective technologies. The process is popular because of its versatility, ease of maintenance, and other benefits. The advantage of the waelz process is the possibility of recycling zinc-containing waste: lead smelting slag, sludge from wastewater treatment containing zinc, waste from metallurgical and chemical enterprises, tailings of processing plants, etc. [3]. The waelz process makes it possible to achieve high rates of zinc extraction (more than 90%), however, it has the following disadvantages<sup>1</sup> [4]:

- high consumption of imported expensive coke (462 kg of carbonaceous material is consumed per 1 ton of cake);
- high temperature of the waelz process;

- huge consumption of energy – natural gas up to 500 m<sup>3</sup>/hour;

- the problem of extracting other valuable components of the cake – copper, iron, gold, silver, lead, etc., due to the lack of cost-effective technology for processing zinc clinker;

- pollution of the environment by products of processing (sulphur-containing exhaust gases, hard-to-recycle clinker);
- expensive, due to the high consumption of coke.

At zinc plants with sulfide raw materials, oxidized zinc-containing materials (waelz-oxides and slag sublimes) are also processed, containing a significant (1-2 orders of magnitude higher than in sulfide raw materials) amount of impurities harmful to hydrometallurgical production (*As, Sb, Cl, F*, etc.). If arsenic and antimony are sufficiently completely precipitated during the hydrolytic purification of sulfate zinc solutions, then the methods used for precipitating chlorine from solutions in the form of copper semichloride by means of copper cake and in the form of silver chloride have significant drawbacks: contamination of solutions with impurities, especially antimony, and the high cost of the reagent.

A large amount of chlorine in neutral solutions fed into the electrolysis process leads to the release of elemental chlorine at the anodes and, as a result, to the formation of compounds with lead (since the anode is made of lead). Due to the fact that these compounds

<sup>1</sup>Kholikulov D.B. Development of technology for processing technological solutions and cakes of copper, zinc production in order to extract valuable metals. / Abstract of the dissertation of the Doctor of Technical Sciences (DSc): specialty 05.02.01: Materials science in mechanical engineering. Foundry production. Heat treatment and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. – Tashkent, 2020. – 208 p. (in Russian)

are readily soluble in sulfate, they lead to accelerated anodic corrosion and deterioration of the quality of the cathode deposit (zinc released at the cathode).

As a result of the presence of fluorine ions in a neutral solution, the decomposition of the oxide film on the surface of aluminum cathodes is observed. As a result, aluminum begins to dissolve and hydrogen is released. In addition, part of the zinc metal deposited on the surface of aluminum cathodes becomes more rigid than usual and is difficult to bear.

The reducing agent (mainly carbon in waelz-oxides) slows down the electrolysis process and sharply reduces the current efficiency factor. If the amount exceeds the prescribed limit, the aluminum cathodes redissolve the zinc on the surface (reverse dissolution).

At Chelyabinsk Zinc Plant, a complex technology has been introduced, including waelz process, calcination of the obtained waelz sublimates in a large-sized tube furnace and leaching of the calcined products with the extraction of zinc, cadmium and indium into solutions, and lead into lead concentrate [5]. The paper presents the currently accepted three-stage scheme for the hydrometallurgical processing of calcined waelz-oxide, the optimal technological parameters of the process under these conditions, the compositions of the starting material for processing, as well as the resulting lead concentrate. Compared to the processing of a non-calcined product (with pre-washing from *Cl* and *F*), the technology of hydrometallurgical processing of calcined waelz oxide made it possible to increase the productivity of the existing capacities of the leaching department of the hydrometallurgical shop by 33-36% due to an increase in the bulk density of the product (from ~0,92 to 2,0 t/m<sup>3</sup>) and reduce losses with commercial lead concentrate by 2,7% zinc, 4,6% cadmium by increasing the solubility of zinc (by 3,8%) and cadmium (by 35,3%).

The invention<sup>2</sup> allows increasing the yield of suitable sinter, improving the quality of the sinter and reducing fuel and energy costs for its production. The mixture contains, wt. %: circulating products of agglomeration 30-40; products of distillation production of zinc 15-25; oxidized zinc raw materials – the rest, and as products of the distillation production of zinc, rimming, dump clinker from rimming waelz or a mixture thereof is used.

The work [6] is devoted to increasing the degree of use of the waelz furnace and reducing fuel consumption, including the operations of mixing, pelletizing and drying zinc cake together with a solid carbonaceous reducing agent and waelz of the rolled material. A refractory calcium-magnesium-containing material, a solid carbonaceous reducing agent, recycled waelz and drying dusts are fed to the stage of mixing and pelletizing. The amount of recycled

drying and waling dusts is 15-30% for the essential waelz process. With an increase in coke consumption from 40% to 45%, the waelz treatment of zinc cakes improves.

The method<sup>3</sup> for obtaining zinc oxide by using waelz process of highly basic oxidized zinc ore mixed with quartz-containing material (ferrosilicon production waste slag in the amount of 5-15% by weight of the charge or a mixture of quartz sand and ferrosilicon production waste slag, taken respectively in the amount of 2-5% and 5-10% of the mass of the charge) and a solid carbonaceous reducing agent, reduces the consumption of the reducing agent, increases the degree of extraction of zinc and improves the quality of sublimates. The consumption of the reducing agent is in the amount of 10-30% by weight of the charge. The disadvantages of these methods are the low utilization rate of the waelz furnace and the high fuel consumption.

The method<sup>4</sup> of pyrometallurgical processing of zinc-containing materials includes the preparation of a mixture of zinc-containing material and a solid carbon-containing reducing agent, agglomeration of the mixture and subsequent processing of the well of the agglomerated mixture together with a solid carbon-containing reducing agent. The mixture also contains fine fractions of limestone in the amount of 2-10% by weight of the zinc-containing material, the agglomeration of the mixture is carried out by pressing it, and before the mixing operation or simultaneously with it, the zinc-containing material is crushed, an increase in the zinc content in waelz oxide is provided, a decrease in the consumption of a carbonaceous reducing agent and simplification technologies for processing zinc-containing materials. The disadvantage of this method is the low strength of the pellets, which leads to their destruction during transportation to the furnace for waelz processing.

The method<sup>5</sup> is carried out by treating zinc cakes in waelz furnace with a solid carbonaceous reducing agent and supplying the chlorine-containing material with high-pressure air from the lower cone of the furnace to the one heated to a temperature of 1050-1150°C. The waferable material reduces losses with clinker and reduces the chlorine content in waelz-oxide.

The analysis of the reviewed literature and the practice of operating enterprises on the problem of the technology of waelz process of zinc production cakes allows us to draw the following conclusions.

1. Various technological schemes are used for cake processing, and they are quite complex, many stages, expensive and, most importantly, complete extraction of metals is not achieved due to the strong association of minerals and ions. The production of a high-quality product by the «roasting – leaching with various

<sup>2</sup>Chaptykov P.G., Maisky O.V., Loginov N.V., Schneider I.G., Rudko N.A. Charge for agglomeration of zinc-containing materials. / Description of the invention to the copyright certificate SU 1346688 A1. Application number: 4057857. Registration date: 04.18.1986. Date of publication: 10.23.1987. – 4 p. (in Russian)

<sup>3</sup>Ospanov Zh.O., Onaev I.A., Najmanbaev M.A., Golev G.D., Sejdaliev M.T., Makhsutov Zh.M., Rakhmanov U.R. Process for producing zinc oxide. / Description of the invention to the copyright certificate SU 1068524 A1. Application number: 3550920. Registration date: 11.23.1982. Date of publication: 23.01.1984. (in Russian)

<sup>4</sup>Shashmurin P.I., Posokhov M.Ju., Stepin M.B., Demin A.P., Stukov M.I., Zagajnov V.S. Method of pyrometallurgical processing of zinc-containing materials. / Patent for invention RU 2244034 C1. Application number: 2003127667/02. Registration date: 11.09.2003. Date of publication: 10.01.2005. – 9 p. (in Russian)

<sup>5</sup>Kazanbaev L.A., Kozlov P.A., Kolesnikov A.V., Reshetnikov Ju.V. Method of rolling zinc cakes. / Patent for invention RU 2150525 C1. Application number: 98118215/02. Registration date: 05.10.1998. Date of publication: 10.06.2000. (in Russian)



solvents» scheme is ensured by the use of effective, but rather complex hydrometallurgical schemes. Obviously, the hydrometallurgical processing should be preceded by oxidative roasting, which converts metals into a soluble state. At zinc plant of AMMC, for the processing of zinc cakes, a distillation method is used, which is based on the solid-phase reduction of zinc from cakes (waelz process). As a result of the waelz treatment of zinc cakes, sublimates and lead-zinc oxides are formed, contaminated with iron, antimony, arsenic, chlorine and fluorine, and the solid residue is carbon clinker containing copper, gold, silver and other metals [5].

Methods for processing cakes with the melting of the charge are based on the same principle – melting of cakes in gas-generating furnaces and shaft furnaces. Cakes are melted in a mixture with fluxes without adding other metal-containing materials to obtain lead-zinc fumes contaminated with impurities, copper-iron matte and slag [7].

Due to a significant increase in the volume of processing of oxidized raw materials at AMMC, the issue of removing chlorine, fluorine, and especially organic compounds from sublimates is becoming increasingly important. Industrial tests of the process of water-alkaline washing of waelz-oxides were carried out, the dependence of the parameters of the washing process on the pH of the medium was studied using soda ( $Na_2CO_3$ ) as a neutralizing agent, under the following conditions – the duration of agitation is 0,5...2 h,  $t = 25...60^\circ C$ ; W:T = (3...5):1 (figure 1). The results obtained indicate the possibility of sufficiently satisfactory washing of the waelz-oxides from Cl (by 80%) and F (by 70%) at a pulp pH of 8,0-8,5. The consumption of soda is 20-25 kg/t of waelz-oxides. Increasing the duration of agitation to 2 hours and the temperature of the washing water to  $50^\circ C$  does not have a significant effect on the degree of washing off chlorine and fluorine from the waelz-oxides. With an increase in the ratio W:S from 5:1 to (8...10), the degree of washing off impurities increases by 5-7%. Based on the results of the studies carried out, the following mode is recommended for water-alkaline washing of waelz-oxides from chlorine and fluorine: pH = 8,0...8,5;  $\tau = 1,5$  h;  $t = 20-30^\circ C$ ; W:T = (4...5):1.

The water-alkaline washing process, despite its certain advantages, causes an additional input of water into the process due to the moisture of the washed sublimates and does not allow a significant reduction in the content of inorganic and organic reducing agents. Experiments were carried out to remove impurities by calcining the waelz-oxides. The research results showed that with increasing temperature, a multi-stage decomposition of complex sulfides of copper, iron and other metals were observed, occurring in a wide temperature range – 700-850°C. The change in the content of waelz-oxide impurities depends on the temperature and duration of the process (figure 2-3).

With an increase in the calcination temperature from  $700^\circ C$  to  $900^\circ C$ , the zinc content in the calcined waelz-oxides increases to 62,1%, and the content of the reducing agent, chlorine and fluorine decreases to 0,47%; 0,044% and 0,0009%, respectively.

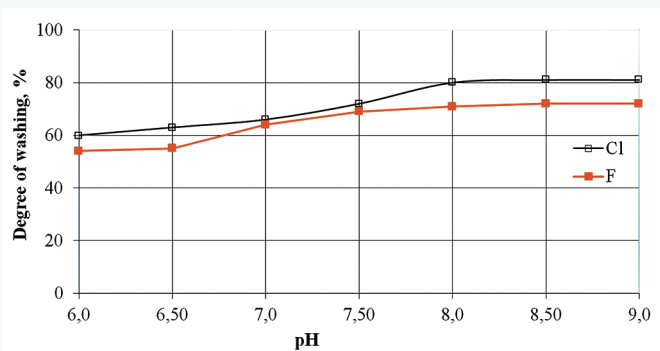


Figure 1. The results of washing waelz oxide with soda depending on the degree washing Cl and F from pH.

Сурет 1. Дәрежесіне байланысты вельц-оксидін содамен жуу нәтижелері рН деңгейінен Cl және F жуу.

Рис. 1. Результаты отмывки вельц-оксида содой в зависимости от степени отмывки Cl и F от рН.

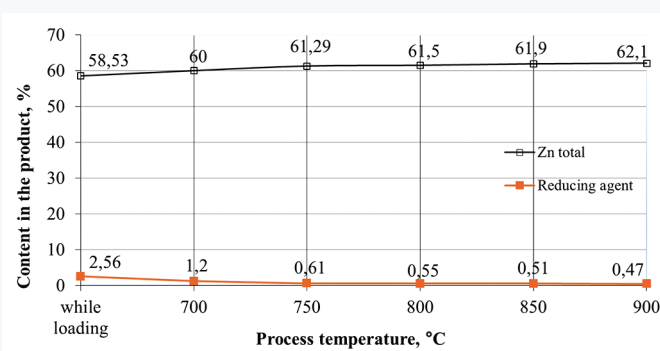


Figure 2. Change the content of impurities ( $Zn_{total}$  and reducing agent) waelz-oxide depending on temperature.

Сурет 2. Қоспалар құрамының өзгеруі ( $Zn_{жалпы}$  және қалпына келтіргіш) температураға байланысты вельц-оксиді.

Рис. 2. Изменение содержания примесей ( $Zn_{общ}$  и восстановитель) вельц-оксида в зависимости от температуры.

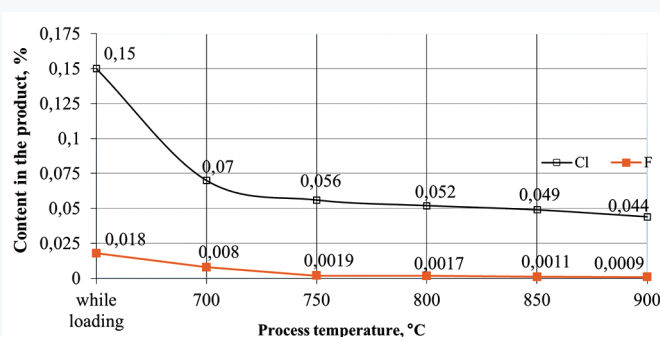


Figure 3. Change in the content of impurities (chlorine and fluorine) of waelz-oxide depending on temperature.

Сурет 3. Температураға байланысты вельц-оксидіндегі қоспалар (хлор және фтор) құрамының өзгеруі.

Рис. 3. Изменение содержания примесей (хлора и фтора) вельц-оксида в зависимости от температуры.

In this case, the forming secondary waelz-oxide (in the amount of 2-3% of the volume of the loaded waelz-oxide) is captured on the bag filter and fluorine, chlorine and the reducing agent accumulate in it. Secondary waelz-oxide (content, %:  $Zn_{total} - 43,33$ ;  $Zn_{acid} - 41,05$ ;  $Zn_{water} - 2,07$ ;  $Cl - 4,37$ ;  $S_{total} - 7,6$ ;  $S_{SO_2} - 7,05$ ;  $Cd - 2,12$ ;  $SiO_2 - 1,2$ ; reducing agent – 2,45;  $F - 0,16$ ;  $Pb - 10$ ;  $Cu - 0,86$ ;  $Fe - 0,72$ ;

$Au - 0,78$ ;  $Ag - 232,42$ ) is sent to the roasting process, instead of zinc sulfide concentrate.

**Conclusion**

Thus, the washing of secondary sublimate with preliminary calcination of waelz-oxides makes it possible to effectively solve the problem of reducing the content of the reducing agent, chlorine and fluorine from the technological cycle of zinc production.

**REFERENCES**

1. Kholiqulov D.B., Samadov A.U., Boltaev O.N., Akhtamov F.E. The results of laboratory research processing of zinc cake zinc plant JSC «Almalyk MMC». // European science review. – 2018. – Vol. 1. – №11-12. – P. 96-99 (in English)
2. Samadov A.U., Kholikulov D.B., Abdullaev F.R., Akhmadjonov U.M. Ximizm obzhiga cinkovogo koncentrata v prisutstvii vodyanogo para [Chemistry of roasting zinc concentrate in the presence of steam]. // European research: collection of articles of the XVII International Scientific and Practical Conference. – 2018. – P. 165-167 (in Russian)
3. Kopkova E. K. et al. Hydrochloride extraction processing of zinc clinker. // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2016. – Vol. 50. – №4. – P. 568-574 (in English)
4. Fan J. et al. Extraction of tellurium and high purity bismuth from processing residue of zinc anode slime by sulfation roasting – leaching – electrodeposition process. // Hydrometallurgy. – 2020. – Vol. 194. – P. 105348 (in English)
5. Reshetnikov Yu.V., Belyakov O.V., Kozlov K.M., Varganov M.S. Osvoenie texnologii vyshhelachivaniya prokalennogo vel'c-oksida [Mastering the technology of calcined waelz-oxide leaching]. // Cvetnye metally. = Nonferrous metals. – 2015. – №5(869). – P. 36-40 (in Russian)
6. AliKiaa S. et al. Selective extraction of cobalt, manganese and zinc from the filter cake of the zinc processing plant. // Journal of Mineral Resources Engineering. – 2022. – Vol. 7. – №1. – P. 145-158 (in English)
7. Xoliqulov D.B., Xaydaraliev X.R., Qarshiyev H.K. «Olmaliq KMK» AJ rux ishlab chiqarish zavodi sharoitida rux keklarini gidrometallurgik qayta ishlash imkoniyatlarini tahlil qilish [Analysis of the possibility of hydrometallurgical processing of zinc cakes in the conditions of AJ zinc production plant «Almalik MMC»]. // Journal of Advances in Engineering Technology. – 2020. – Vol. 2(2). – P. 54-58 (in Uzbek)

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Kholiqulov D.B., Samadov A.U., Boltaev O.N., Akhtamov F.E. «Алмалық ТМК» АҚ мырыш зауытының мырыш Кегін қайта өңдеуді зертханалық зерттеу нәтижелері. // Еуропалық ғылыми шолу – 2018. – Т. 1. – №11-12. – Б. 96-99 (ағылшын тілінде)
2. Самадов А.У., Холикулов Д.Б., Абдуллаев Ф.Р., Ахмаджонов У.М. Су буының қатысуымен мырыш концентратын күйдірудің химизмі. // Еуропалық зерттеулер: XVII Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның мақалалар жинағы. – 2018. – Б. 165-167 (орыс тілінде)
3. Коркова Е.К. және т. б. Мырыш клинкерін гидрохлоридті экстракциялық өңдеу. // Химиялық технологияның теориялық негіздері. – 2016. – Т. 50. – №4. – Б. 568-574 (ағылшын тілінде)
4. Fan J. және т. б. Мырыш анодты шламының қалдықтарын сульфатты күйдіру – сілтісіздендіру – электротұндыру процесі арқылы өңдеуден теллур және жоғары таза висмут алу. // Гидрометаллургия. – 2020. – Т. 194. – Б. 105348 (ағылшын тілінде)
5. Решетников Ю.В., Беляков О.В., Козлов К.М., Варганов М.С. Қыздырылған вельц-оксидті сілтісіздендіру технологиясын игеру // Түсті металдар. – 2015. – №5(869). – Б. 36-40 (орыс тілінде)
6. AliKiaa S. және т. б. Мырыш зауытының сүзгі тұнбасынан кобальт, марганец және мырышты селективті алу. // Минералды ресурстардың инженерлік журналы. – 2022. – Т. 7. – №1. – Б. 145-158



7. *Xoliqulov D.B., Haydaraliev X.R., Qarshiyev H.K.* «Алмалык ГМК» АҚ мырыш өндіру зауыты жағдайында мырыш кектерін гидрометаллургиялық қайта өңдеу мүмкіндігін талдау. // *Инженерлік технологиядағы жетістіктер журналы.* – 2020. – Т. 2(2). – Б. 54-58 (өзбек тілінде)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Kholiqulov D.B., Samadov A.U., Voltaev O.N., Akhtamov F.E.* Результаты лабораторных исследований переработки цинкового кека цинкового завода АО «Алмалыкский ГМК». // *Европейское научное обозрение.* – 2018. – Т. 1. – №11-12. – С. 96-99 (на английском языке)
2. *Самадов А.У., Холикулов Д.Б., Абдуллаев Ф.Р., Ахмаджонов У.М.* Химизм обжига цинкового концентрата в присутствии водяного пара. // *Европейские исследования: сб. статей XVII Межд. научно-практ. конф.* – 2018. – С. 165-167 (на русском языке)
3. *Коркова Е.К. и др.* Гидрохлоридная экстракционная переработка цинкового клинкера. // *Теоретические основы химической технологии.* – 2016. – Т. 50. – №4. – С. 568-574 (на английском языке)
4. *Fan J. et al.* Извлечение теллура и висмута высокой чистоты из остатков переработки цинкового анодного шлама в процессе сульфатного обжига – выщелачивания – электроосаждения. // *Гидрометаллургия.* – 2020. – Т. 194. – С. 105348 (на английском языке)
5. *Решетников Ю.В., Беляков О.В., Козлов К.М., Варганов М.С.* Освоение технологии выщелачивания прокаленного вельц-оксида. // *Цветные металлы.* – 2015. – №5(869). – С. 36-40 (на русском языке)
6. *AliKiaa S. и др.* Селективное извлечение кобальта, марганца и цинка из фильтрационной корки завода по переработке цинка // *Журнал минеральных ресурсов.* – 2022. – Т. 7. – №1. – С. 145-158 (на английском языке)
7. *Xoliqulov D.B., Haydaraliev X.R., Qarshiyev H.K.* Анализ возможностей гидрометаллургической переработки цинковых коржей в условиях завода по производству цинка АО «Алмалыкский ГМК». // *Журнал достижений в области инженерных технологий.* – 2020. – Т. 2(2). – С. 54-58 (на узбекском языке)

#### Information about the authors:

**Kholikulov D.B.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research and Innovation of the Almalyk Branch of the Tashkent State Technical University (Almalyk, Uzbekistan), [doniyor\\_xb@mail.ru](mailto:doniyor_xb@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6968-9297>

**Ruzikulov Q.M.**, Senior Engineer at the Technical Department of the Joint-stock Company «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» (Almalyk, Uzbekistan), [k.ruzikulov@agmk.uz](mailto:k.ruzikulov@agmk.uz); <https://orcid.org/0000-0003-4783-9658>

**Khaidaraliev Kh.R.**, Assistant at the Department «Metallurgy» of the Almalyk Branch of the Tashkent State Technical University (Almalyk, Uzbekistan), [yurist@mail.ru](mailto:yurist@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6953-6490>

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Холикулов Д.Б.**, техника ғылымдарының докторы, доцент, Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің Алмалық филиалы директорының ғылыми-зерттеу және инновациялар жөніндегі орынбасары (Алмалық қ., Өзбекстан)

**Рузикулов К.М.**, «Алмалық тау-кен металлургия комбинаты» акционерлік қоғамының техникалық бөлімінің жетекші инженері (Алмалық қ., Өзбекстан)

**Хайдаралиев Х.Р.**, Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің Алмалық филиалы «Металлургия» кафедрасының ассистенті (Алмалық қ., Өзбекстан)

#### Сведения об авторах:

**Холикулов Д.Б.**, д-р техн. наук, доцент, заместитель директора по научной работе и инновациям Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета (г. Алмалык, Узбекистан)

**Рузикулов К.М.**, ведущий инженер технического отдела Акционерного общества «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (г. Алмалык, Узбекистан)

**Хайдаралиев Х.Р.**, ассистент кафедры «Металлургия» Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета (г. Алмалык, Узбекистан)



# МАЙНЕКС РОССИЯ

18-Й ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

**4-6 октября 2022**

Москва, Рэдиссон Славянская

**MINING  
GOES  
DIGITAL**



РОССИЙСКАЯ  
ГОРНАЯ  
НАГРАДА





Код МРНТИ 52.01.75

\*И.В. Андрикова

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

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

**Аннотация.** В статье рассмотрены использование цифровых технологий и управление технологическим процессом в горной промышленности, а также экономический эффект от их применения. Предлагаемые автоматизированные и интеллектуальные системы, моделирование и цифровое проектирование способствуют повышению эффективности производства и появлению возможности исключения людей из мест с опасными условиями труда. Для наиболее качественного и полного использования всех преимуществ цифровых и роботизированных технологий необходимо разрабатывать и внедрять автоматические системы управления производством. Применение роботизированной техники может оказать значительное влияние на управление технологическим процессом горного производства.

**Ключевые слова:** цифровизация, геотехнология, производительность, мощность, планирование, проектирование горных работ, автоматизация производства, роботизированное управление, модернизация, Индустрия 4.0.

### Тау-кен өндіру саласындағы технологиялық процесті цифрландыру және басқару

**Аннотация.** Мақалада цифрлық технологияларды қолдану және тау-кен өнеркәсібіндегі технологиялық процесті басқару бойынша зерттеулер жүргізілді, сонымен қатар оларды қолданудың экономикалық әсері қарастырылды. Ұсынылған автоматтандырылған және зияткерлік жүйелер, модельдеу және сандық дизайн өндіріс тиімділігін арттыруға және адамдарды қауіпті жұмыс жағдайлары бар жерлерден шығаруға көмектеседі. Цифрлық және роботтандырылған технологиялардың барлық артықшылықтарын сапалы және толық пайдалану үшін өндірісті басқарудың автоматты жүйелерін зерттеу және енгізу қажет. Роботтандырылған техниканы қолдану тау-кен өндірісінің технологиялық процесін басқаруға айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

**Түйінді сөздер:** цифрландыру, геотехнология, өнімділік, қуат, жоспарлау, тау-кен жұмыстарын жобалау, өндірісті автоматтандыру, роботтандырылған басқару, жаңғырту, Индустрия 4.0.

### Digitalization and process control in the mining industry

**Abstract.** The article examines the use of digital technologies and process control in the mining industry, and also considers the economic effect of their use. The proposed automated and intelligent systems, modeling and digital design help to increase production efficiency and the ability to exclude people from places with dangerous working conditions. For the highest quality and full use of all the advantages of digital and robotic technologies, it is necessary to develop and implement automatic production management systems. The use of robotic technology can have a significant impact in the management of the technological process of mining production.

**Key words:** digitalization, geotechnology, productivity, capacity, planning, mining engineering, production automation, robotic control, modernization, Industry 4.0.

### Введение

**Целью** цифровых технологий, внедряемых на современном этапе в горнодобывающей отрасли, является обеспечение работы непростых производственно-экономических систем на всех этапах жизненного цикла горного предприятия – от разведки запасов полезных ископаемых до их добычи, переработки и реализации с учетом совершенствования производительности и безопасности горных работ [1].

Цифровые технологии помогают организовать разработку проекта горнодобывающего предприятия на этапах замысла к построению информационной модели (трехмерное (3D) моделирование и цифровое проектирование), выбор технологии разработки месторождения, технико-экономическое обоснование конечного проекта, визуализацию горнотехнической системы [2].

Использование трехмерных моделей обеспечивает планомерное

управление производством горных работ. Возможности 3D-моделей для регулярного управления горнодобывающим производством:

- использование предиктивных методов анализа геоданных;
- планирование отработки запасов;
- анализ альтернативных вариантов планов горных работ;
- определение оптимального варианта в режиме реального времени.

На сегодняшний день одним из нерешенных вопросов в рассматриваемой сфере является автоматизация процессов горнодобывающего производства. Для решения этой проблемы компания Komatsu разработала автоматизированный самосвал без кабины, которым управляют диспетчеры удаленно от рудника, применяя жидкокристаллические мониторы [3].

Также в качестве решения обозначенной проблемы возможно использование системы «smart ear» (электронное ухо). Она представляет

собой датчик, монтируемый рядом с мельницей, с помощью которого отслеживается загрузка и все параллельные процессы. Благодаря особому сигналу, оператор видит, в каких случаях мельница недозагружена, и может ускорить подачу руды. На тех предприятиях, где рассматриваемая система непосредственно связана с системой подачи руды при 100%-ном исключении человеческого фактора, увеличилась эффективность работы, скорость движения конвейерной ленты, скорость подачи руды в мельницу, срок службы футеровки.

Свою эффективность показала такая цифровая технология, как система Blast movement technology, посредством которой осуществляется мониторинг руды после взрыва. Данная цифровая технология способствует уменьшению потери руды и ее реклассификации<sup>1</sup>.

Кроме описанных цифровых технологий, в горнодобывающую

<sup>1</sup>Абрахманова Г.И., Вишневыский К.О., Гохберг Л.М. и др. Цифровая экономика: 2021: краткий статистический сборник. – М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2021. – 96 с.

Таблица 1

**Преимущества и недостатки технологии Индустрии 4.0**

Кесте 1

**Индустрия 4.0 технологиясының артықшылықтары мен кемшіліктері**

Table 1

**Advantages and disadvantages of Industry 4.0 technology**

Преимущества	Недостатки
улучшение оценки ресурсов	потенциальное сокращение рабочих мест
сокращение затрат на оборудование и материалы	риск технологических сбоев
прогнозирование сбоев в работе оборудования и проведение профилактических работ	риск бесконтрольного взаимодействия систем
автоматизация и роботизация процессов	повышение уязвимости к киберугрозам
контроль и оценка производительности	

отрасль внедряются интеллектуальные системы добычи, называемые «интеллектуальный майнинг», который представляет собой человеко-машинную систему.

Составляющие «интеллектуального майнинга»:

- искусственный интеллект, способный решать сложные операционные задачи;
- современные телекоммуникационные системы, обеспечивающие мгновенную передачу больших массивов данных;
- человек в новом качестве – системный интегратор всех динамично меняющихся процессов горных работ [4, 5].

#### **Преимущества и недостатки цифровизации в горнодобывающей промышленности**

Горнодобывающему предприятию необходимы оперативные сведения о производстве, качестве, продолжительности различных циклов, состоянии машин и оборудования, а также других переменных, что обуславливает интеллектуализацию добычи с применением Индустрии 4.0.

В табл. 1 представлены преимущества и недостатки технологии Индустрии 4.0 как основы интеллектуального майнинга.

Интеллектуальный майнинг, состоящий из цифровых и роботизированных технологий Индустрии 4.0, способствует исключению на 100% человека из буровзрывных, выемочно-погрузочных, транспортных

процессов, геодезической съемки, планирования и оперативного управления процессами.

Более того, значительная степень координации и гибкость управления процессами добычи полезных ископаемых способствует обеспечению рентабельной добычи вне зависимости от уровня цен и спроса на сырье на рынке.

Направления развития «Майнинг 4.0» в горнодобывающей отрасли:

- автоматизация и роботизация основных и вспомогательных процессов;
- интегрированное производство на базе цифровой платформы и экосистемы;
- цифровая вооруженность рабочей силы;
- технологии анализа и принятия инженерных решений нового поколения [6].

#### **Конкурентные преимущества перехода на «Майнинг 4.0»**

В рамках настоящего исследования интерес представляет международный опыт применения инноваций и технологий Индустрии 4.0 для получения конкурентных преимуществ за счет перехода на «Майнинг 4.0».

В частности, канадская горнодобывающая компания Barrick Gold начала внедрять технологии искусственного интеллекта в управление процессами на руднике Кортез в США (штат Невада) вместе с американской Cisco Systems для совершенствования процесса принятия инженерных

и управленческих решений, в том числе, в целях увеличения производительности комплексов оборудования.

Южноафриканская золотодобывающая компания Gold Fields регулярно вводит инновационные и технологические проекты, связанные с наземным дистанционным управлением подземным проходческим, выемочно-погрузочным и транспортным оборудованием, совершенствует технологию беспилотных летательных аппаратов для маркшейдерской съемки и мониторинга ведения работ на участках открытой добычи золота.

Бразильская металлургическая компания SI ID выступает лидером по введению цифровых технологий «Интернета вещей» на железных рудниках, в результате чего компания достигла одной из самых низких в мире удельных затрат при добыче железной руды. В частности<sup>2</sup>, посредством инвестиций в такую технологию «Майнинг 4.0», как применение безвоздушного транспортера для транспортировки руды за счет использования влажности самой руды для удаления примесей, а также ввиду автоматизации и управления комплексами шахтного и карьерного оборудования потребление воды уменьшилось на 7%.

Большинство казахстанских предприятий стремительно наращивает свой цифровой потенциал, однако темпы внедрения новых технологий все же остаются недостаточными для завоевания лидерских

<sup>2</sup>Бойко А. Добывающие компании и роботизация. Robotrends [электронный ресурс]: <http://robotrends.ru/robopedia/1711-dobyvayushie-kompani-robotizaciya> (дата обращения 24.01.2021)



позиций. Анализ индекса цифровизации бизнеса, в целом, показывает, что в Казахстане цифровизация бизнес-процессов осуществляется менее динамично по сравнению с большинством европейских стран (рис. 1). Данный показатель характеризует степень использования фирмами широкополосного Интернета, RFID-технологий, облачных сервисов, ERP-, CRM- и CSM-систем, а также возможность осуществления электронной торговли. Лидерами выступают: Финляндия – 52, Дания – 50, Бельгия – 49, Швеция – 47. Аутсайдерами являются Греция – 31, Болгария – 30, Румыния – 27. Значение индекса для Казахстана – 34.

Если рассматривать индекс цифровизации бизнеса по видам деятельности, то наиболее высокие значения показателя наблюдаются в сфере телекоммуникаций (45,5), оптовой и розничной торговли (39,2), обрабатывающей промышленности (35,8) и индустрии информационных технологий (35,6), наиболее низкие – в строительстве (25,3), водоснабжении, водоотведении и утилизации отходов (24,9), и в операциях с недвижимым имуществом (23,8).

Индекс цифровизации добывающих отраслей составляет 29,4, что ниже среднего значения по предпринимательскому сектору. Это говорит о том, что горнодобывающая промышленность является достаточно консервативной сферой, и цифровизация процессов здесь происходит гораздо меньшими темпами. Основными причинами, препятствующими цифровой трансформации, могут выступать нехватка специалистов, отсутствие отраслевых знаний и компетенций для разработки грамотной цифровой стратегии, недостаточное техническое оснащение производства. Однако, по оценкам экспертов, в ближайшем будущем цифровизация в горном секторе полностью догонит технологическую революцию 4.0.

#### Экономический эффект цифровых и роботизированных технологий

Международный опыт внедрения технологий «Майнинг 4.0»

показывает их высокую производственную и экономическую эффективность. Экономический эффект от внедрения цифровых технологий в 30 крупнейших горнодобывающих предприятиях мира:

- снизили затраты на техническое обслуживание на 20-40%;
- увеличили фактическую производительность комплексов оборудования на 20-30%;
- сократили капитальные затраты на 5-10%;
- улучшили состояние окружающей среды и безопасность труда, что выразилось в снижении экологических штрафов и платежей за нанесенный ущерб жизни и здоровью работников в 4-11 раз [6].

На рис. 2 представлена оценка экономического эффекта от внедрения цифровых технологий, сделанная шведским производителем

горнорудного оборудования ABB [7]. Accenture в отчете 2018 г. оценивала потенциальный эффект от внедрения цифровых технологий в горнодобывающей отрасли в 425 млрд долл. США в срок до 2025 г. За десятилетие сами предприятия могли получить дополнительную выгоду в форме роста стоимости в размере 390 млрд долл. США, что соответствует 2,7% консолидированной выручки или 9% общей прибыли сектора [8].

#### Вывод

Цифровые технологии, в том числе технологии Индустрии 4.0, внедряемые в горнодобывающей отрасли, формируют новые элементы открытой и подземной геотехнологии («Майнинг 4.0»). Их спецификой являются: безлюдное производство, цифровое моделирование как инструмент молниеносного

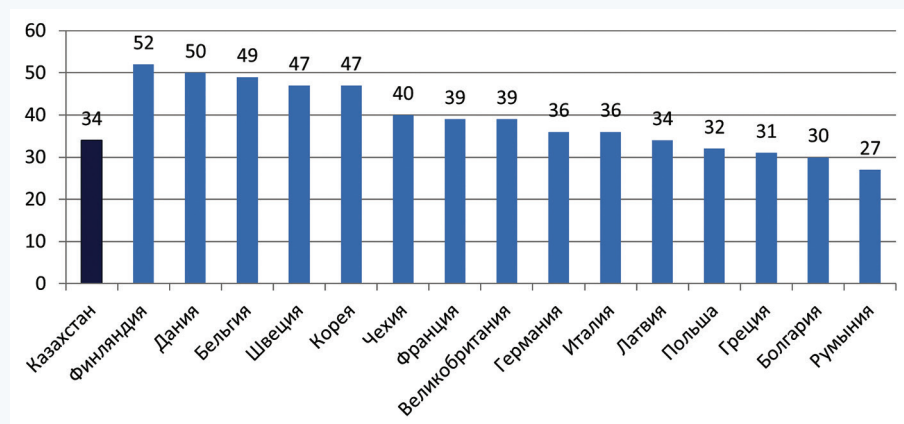


Рис. 1. Индекс цифровизации бизнеса по странам.  
Сурет 1. Елдер бойынша бизнесті цифрландыру индексі.  
Figure 1. Business Digitalization Index by country.



Рис. 2. Оценка экономического эффекта от внедрения цифровых технологий.

Сурет 2. Цифрлық технологияларды енгізуден экономикалық әсерді бағалау.

Figure 2. Assessment of the economic effect of the introduction of digital technologies.

и оперативного управления процессами горных работ, достоверной маркшейдерией и высочайшей безопасностью труда. Международный опыт внедрения технологий «Майнинг 4.0» продемонстрировал существенное повышение производительности и рентабельности добычи полезных ископаемых, а также обеспечение безопасности труда и охраны окружающей среды.

#### Заключение

Горнодобывающая отрасль должна эффективно использовать цифровые технологии в целях развития и совершенствования производственной деятельности, планирования собственных процессов, взаимодействия с поставщиками. Цифровая модель горного предприятия способствует приобретению преимуществ в таком развитии.

К 2025 г. экономический эффект от применения цифровых технологий в мировой горнодобывающей отрасли может привести к снижению затрат на 17%. Цифровые технологии в рассматриваемой отрасли предоставляют возможность снижения вариативности и увеличения производительности, поэтому представляют повышенный интерес на современном этапе.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аброськин А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах. // Известия ТПУ. – 2020. – №12. – С. 122-130 (на русском языке)
2. Antwoop L. Десять технологий, способных трансформировать добычу полезных ископаемых. // Технологии добычи полезных ископаемых. – 2019. – Т. 4. – С. 55-64 (на английском языке)
3. Разоренова Е.Ю. Разработка предложений по формированию цифровой модели виртуального горного предприятия. // XLVII «Неделя науки СПбПУ»: Современные проблемы экономики, управления и торговли. – СПб: Изд-во СПбПУ, 2019. – Часть 2. – С. 36-41 (на русском языке)
4. Lööw J., Abrahamsson L., Johansson J. Добыча полезных ископаемых 4.0 – влияние новых технологий с точки зрения рабочего места. // Горнодобывающая промышленность, металлургия и геологоразведка. – 2020. – Т. 36. – С. 701-707 (на английском языке)
5. Кубрин С.С. Автоматизированная система управления горным производством как платформа комплексирования технологических стадий и операций в единый технологический процесс. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – №11. – С. 96-107 (на русском языке)
6. Клебанов А.Ф. Автоматизация и роботизация открытых горных работ: опыт цифровой трансформации. // Горная промышленность. – 2020. – №1. – С. 8 (на русском языке)
7. Rytoft C. Шахта будущего. // Обзор АВВ. – 2020. – Т. 3/14. – С. 7-12 (на английском языке)
8. Заернюк В.М., Забайкин Ю.В., Сейфуллаев Б.М. Особенности проявления рисков и неопределенности при реализации горных проектов. // КАНТ. – 2019. – №3. – С. 112-138 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аброськин А.С. Ашық тау-кен жұмыстарында заманауи автоматтандыру жүйелерін қолдану. // ТПУ жаңалықтары. – 2020. – №12. – Б. 122-130 (орыс тілінде)
2. Antwoop L. Он технологиялар қабілетті өзгерте пайдалы қазбаларды өндіру. // Технологиясы, пайдалы қазбаларды өндіру. – 2019. – Көлемі 4. – Б. 55-64 (ағылшын тілінде)
3. Разоренова Е.Ю. Виртуалды тау-кен кәсіпорнының сандық моделін қалыптастыру бойынша ұсыныстар әзірлеу. // XLVII «СПбПУ Ғылым апталығы»: Экономика, басқару және сауданың заманауи мәселелері. – СПб: СПбПУ баспасы, 2019. – Бөлім 2. – Б. 36-41 (орыс тілінде)
4. Lööw J., Abrahamsson L., Johansson J. Тау-кен өндірісі 4.0-жұмыс орны тұрғысынан жаңа технологиялардың әсері. // Тау-кен, металлургия және геологиялық барлау. – 2020. – Көлемі 36. – Б. 701-707 (ағылшын тілінде)
5. Кубрин С.С. Тау-кен өндірісін басқарудың автоматтандырылған жүйесі технологиялық сатылар мен операцияларды біртұтас технологиялық үдеріске кешендеу платформасы ретінде. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2020. – №11. – Б. 96-107 (орыс тілінде)
6. Клебанов А.Ф. Ашық тау-кен жұмыстарын Автоматтандыру және роботтандыру: цифрлық трансформация тәжірибесі. // Тау-кен өнеркәсібі. – 2020. – №1. – С. 8 (орыс тілінде)



7. Rytoft C. Болашақ шахтасы. // АВВ шолуы. – 2020. – Көлемі 3/14. – Б. 7-12 (ағылшын тілінде)
8. Заернюк В.М., Забайкин Ю.В., Сейфуллаев Б.М. Тау-кен жобаларын іске асыру кезіндегі тәуекелдер мен белгісіздіктердің ерекшеліктері. // KANT. – 2019. – №3. – Б. 112-138 (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Abroskin A.S. *Primenenie sovremennykh sistem avtomatizatsii na otkrytykh gornyx rabotax* [Application of modern automation systems in open-pit mining]. // *Izvestiya TPU = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. – 2020. – №12. – P. 122-130 (in Russian)
2. Antworp L. *Ten technologies with the power to transform mining*. // *Mining Technologies*. – 2019. – Vol. 4. – P. 55-64 (in English)
3. Razorenova E.Yu. *Razrabotka predlozhenij po formirovaniyu cifrovoj modeli virtual'nogo gornogo predpriyatiya* [Development of proposals for the formation of a digital model of a virtual mining enterprise]. // *XLVII «Nedelya nauki SPbPU»: Sovremennye problemy e'konomiki, upravleniya i trgovli = XLVII «Science week of SPbPU»: Modern problems of economics, management and trade*. – St. Petersburg: Publishing House of Spbgpu, 2019. – Part 2. – P. 36-41 (in Russian)
4. Lööw J., Abrahamsson L., Johansson J. *Mining 4.0 – the Impact of New Technology from a Work Place Perspective*. // *Mining, Metallurgy & Exploration*. – 2020. – Vol. 36. – P. 701-707 (in English)
5. Kubrin S.S. *Avtomatizirovannaya sistema upravleniya gornym proizvodstvom kak platforma kompleksirovaniya texnologicheskix stadij i operacij v edinyj texnologicheskij process* [Automated mining production management system as a platform for integrating technological stages and operations into a single technological process]. // *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' = Mining information and analytical Bulletin*. – 2020. – №11. – P. 96-107 (in Russian)
6. Klebanov A.F. *Avtomatizatsiya i robotizatsiya otkrytykh gornyx rabot: opyt cifrovoj transformatsii* [Automation and robotization of open-pit mining operations: experience of digital transformation]. // *Gornaya promyshlennost' = Mining Industry*. – 2020. – №1. – P. 8 (in Russian)
7. Rytoft C. *Mine of the future*. // *ABB Review*. – 2014. – Vol. 3/14. – P. 7-12 (in English)
8. Zaernyuk V.M., Zabaykin Yu.V., Seifullaev B.M. *Osobennosti proyavleniya riskov i neopredelennosti pri realizatsii gornyx proektov* [Features of the manifestation of risks and uncertainty in the implementation of mining projects]. // *KANT*. – 2019. – №3. – P. 112-138 (in Russian)

## Сведения об авторе:

**Андрюкова И.В.**, магистр эконом. наук, старший преподаватель кафедры «Экономика и менеджмент» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), [i\\_andrukova21@mail.ru](mailto:i_andrukova21@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9682-544X>

## Автор туралы мәлімет:

**Андрюкова И.В.**, экономика ғылымдарының магистрі, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Экономика және менеджмент» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

## Information about the author:

**Andryukova I.V.**, Master of Economic Sciences, Senior Lecturer, Associate Professor at the Department «Economics and Management» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

# miningmetals

UZBEKISTAN

16-я Международная выставка  
**ГОРНОЕ ДЕЛО.  
 МЕТАЛЛУРГИЯ.  
 МЕТАЛЛООБРАБОТКА.**

**2 | 3 | 4 Ноября 2022**  
**Ташкент, Узбекистан**



**Iteca Exhibitions**


Тел.: +998 71 205 18 18; Факс: +998 71 237 22 72

E-mail: [mining@iteca.uz](mailto:mining@iteca.uz); Web: [www.mining.uz](http://www.mining.uz)

 @itecaExhibitions

 @itecaExhibitions

 @iteca

 @iteca\_exhibitions







# АктобеНефтеХим

3-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ХИМИЧЕСКОЙ,  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**12-14 октября 2022**  
**г. Актобе**

Дворец спорта "КОНЫС", пр. Абылхайыр хана, 52



По вопросам участия  
обращайтесь к организаторам:



050022, г. Алматы, ул. Шевченко, 90, оф. 76  
тел.: +7 (727) 250-75-19, 313-76-29  
Моб.: +7 707 456-53-07  
e-mail: kazexpo@kazexpo.kz  
Website: www.kazexpo.kz

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Правительства  
Республики Казахстан



Акимата  
Актюбинской области

Код МРНТИ 52.13.25:52.01.77

Д.К. Тажибаев<sup>1</sup>, \*А.Б. Кыдрашов<sup>2</sup>, А.А. Мурзагалиева<sup>3</sup>, А.К. Абдыгалиева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Қырғыз Ұлттық Ғылым академиясының Жер қойнауын игеру және геомеханика институты (Бішкек қ., Қырғызстан),

<sup>2</sup>Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан),

<sup>3</sup>Қазақстан, Орал, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті (Орал қ., Қазақстан)

## ТҮЙІСПЕ ҚАЗБАСЫНА КЕРНЕУДІҢ ӘСЕРІН ТАУ-КЕН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІ ЕСКЕРІП САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

**Аңдатпа.** Әртүрлі бекітпелердің функциональдық мүмкіншіліктерін анықтау үшін салыстырмалы аналитикалық зерттеулер жүргізілді. Тау-кен қазбаларды карнактармен, құрама тіреумен, рамалық тіреумен бекіткенде тау қысымы анықталып, олардың жұмыс жасау деңгейі пысықталды. Шақтыдағы бақылаудан алынған мәліметтер мен барлау ұңғымасының геологиялық құрылымын модельге енгізіп көп сатылы модельдедік. Сатылап модельдеудің нәтижесі көрсеткеніндей қазбалар арасындағы түйіспеге дейінгі қашықтықтың кернеудің мәніне әсер ететін негізгі фактор екенін көрсетті. Қазбаға дейінгі қашықтыққа кернеудің тәуелділігін көреміз. Ұсынылған мақалада «Phase 2» бағдарламасын қолдану арқылы тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін есептеу нәтижелерімен игерудің тау-кен-технологиялық параметрлеріне тәуелді қазбаның орнықтылығына әсер ететін кернеудің параметрлері анықталды.

**Түйінді сөздер:** кернеулі-деформациялы күйі, тау-кен-технологиялық үрдістері, сандық модельдеу, бекітпе, конвергенция, тау сілемі.

### Численное моделирование влияния напряжений при сопряжении выработок с учетом горно-технологических параметров

**Аннотация.** Проведены сравнительные аналитические исследования для определения функциональности различных видов крепи. Установлено проявление горного давления при креплении выработки анкерами, комбинированной или рамной крепью, определен уровень их эксплуатации. Таким образом, выполнено многоступенчатое моделирование на основе данных, полученных в результате наблюдений и из геологических разведочных скважин. Результаты пошагового моделирования показали, что расстояние до стыка между выработками является основным фактором, влияющим на величину напряжений. Показана зависимость напряжений от расстояния до сопряжения. По результатам расчета напряженно-деформированного состояния горного массива с помощью программы «Phase 2» определены параметры напряжений, влияющих на устойчивость выработки в зависимости от горно-технологических параметров разработки.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, горно-технологические процессы, численное моделирование, крепь, сопряжение, конвергенция, массив.

### Numerical modeling of the effect of stresses when joining workings, taking into account mining and technological parameters

**Abstract.** Comparative analytical studies were carried out to determine the functionality of various types of support. When securing the working with anchors, combined or frame support, the occurrence of rock pressure was established and the level of their operation was revealed. A multistage modeling of the geological structure of the exploration well and the data obtained as a result of observations was carried out. The results of step-by-step modeling showed that the distance to the joint between workings is the main factor affecting the magnitude of stresses. We see the dependence of the stress on the distance to working. Based on the results of calculating the stress-strain state of a rock mass using the «Phase 2» program, the parameters of stresses affecting the stability of a mine are determined, depending on the mining and technological parameters of development.

**Key words:** stress-strain state, mining and technological processes, numerical modeling, support, convergence, massif, «Phase 2» program, stability of a mine, rock pressure, step-by-step modeling.

#### Кіріспе

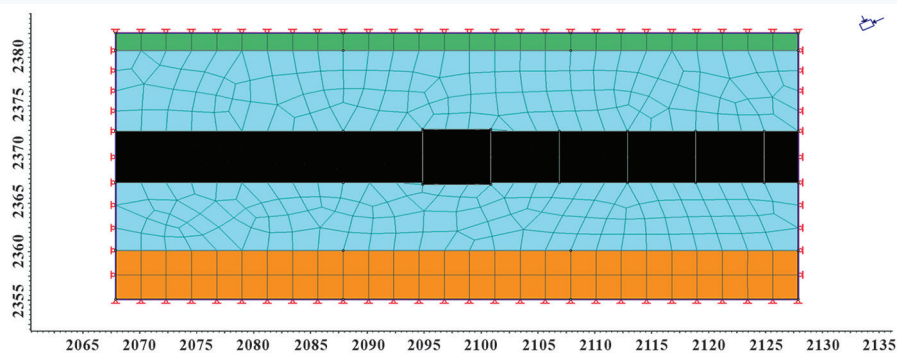
Дайындама қазбасын қазып өту кезінде белгілі қарнақтық жүйелерді қолдануға мүмкіндігіне әсер ететін факторлар: қарнақтық бекітпенің беріктілігі; тау-кен қазбасының маңайындағы тау жынысының қауіпті деформациялық аймағының өлшемі; қазбаның төбесінде тұрған тау жыныстарының жылжуының шамасы, конвергенция шамасы, қазбаның қызмет ету мерзімі, тау-кен қазбасының бекітілген төбесінің қауіпсіз ығысуының (түсуінің) шекті шамасы болып табылады [1].

#### Соңғы элементтер әдісі

Соңғы элементтер әдісімен барлық мәселелік домен – бір-бірімен қабаттаспайтын болып бөлінеді,

түйіндер деп аталатын нүктелер арқылы бір-бірімен байланысқан аймақтардан тұрады. Әрқайсысының сипатын, тепе-теңдік шарттарын

қанағаттандыратын элемент, үйлесімділік, материалды құрушы сипаты және шекаралық жағдайлар сипатталады және элементтер бірге



Сурет 1. Көмір қабаты мен тау жыныстарының орналасу параметрлері.

Figure 1. Parameters of coal seams and rocks.

Рис. 1. Параметры угольных пластов и горных пород.



жинақталады. Бұл инженерлік есептер үшін ең танымал әдіс, бірақ әдіс есептеуде компьютердің үлкен қуатын талап етеді. Үлкен жиынтық теңдеулерді бірізетте бірнеше шешімдерді алу үшін сақтау керек [2].

### Соңғы айырмашылық әдісі

Мұнда қатты дене төртбұрыштан тұратын ақырғы элементтер торға бөлінеді, бірақ шешім қабылдау схемасы басқаша.

Қозғалыс теңдеулерін пайдаланып кернеулер мен деформациялардан алынған, деформация жылдамдығы жаңа жылдамдықтардан және деформация жылдамдығынан жаңа кернеулерден алынған есептеу циклінде жаңа жылдамдықтар мен орын ауыстырулар болады. Сызықты емес модельдер жақсы шешімдердің нақты схемаларымен өңделеді. Компьютер жадына қойылатын талаптар төменірекүлкен матрицаларды сақтаудың қажеті жоқ, бірақ шешім уақыты аз уақытқа байланысты көбірек болуы мүмкін сандық тұрақтылықты қамтамасыз ететін қадамдар арқылы іске асады [3].

### Эксперименттік бөлім

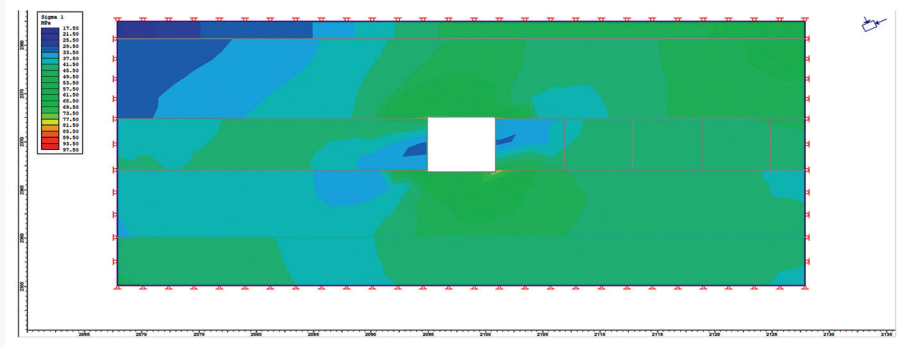
Әртүрлі бекітпелердің қызметтік мүмкіншіліктерін анықтау бойынша салыстырмалы зерттеу жүргізілді. Бекітпенің жұмысқабілетінің деңгейі мен рамалық және құрама, қарнақтық бекітпемен қазбаны бекітуде тау қысымының болуы анықталды. Тазартпа жұмыстарының әсер ететін және әсер етпейтін аймақтарындағы қазбаның бекітпедегі тау жыныстарының сілемдегі қысымның ерекшеліктерін анықтау; қазбаның әртүрлі типтегі төбелер үшін сілемдегі тау жыныстарында құрылымдық құрылыстың жылжуы, физикалық-механикалық үрдістердің әсер ету сипатын бекіту зерттеудің тапсырмасы болып табылады [4]. Деформация мен кернеулер өрісін тудыратын факторларға мыналарды жатқызуға болады: сілемдегі тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерінің алшақтығы (деформациялық, беріктілік және т. б.), сыртқы әсерлер, сілем шекарасының ауытқуы. Статикалық әдісті пайдалана отырып, тау жыныстары механикасының тапсырмаларын

сәйкесінше шешуге болады: массивтердегі деформациялық процестерді зерттеу, олардың деформациялық қасиеттері бойынша статистикалық біртекті емес, массивтердегі шекті тепе-теңдік жағдайға көшу, статистикалық

олардың беріктілігі бойынша гетерогенді қасиеттері; массивтердегі механикалық процестердің әсер ететін шекаралары [5].

### Нәтижелерді бақылау

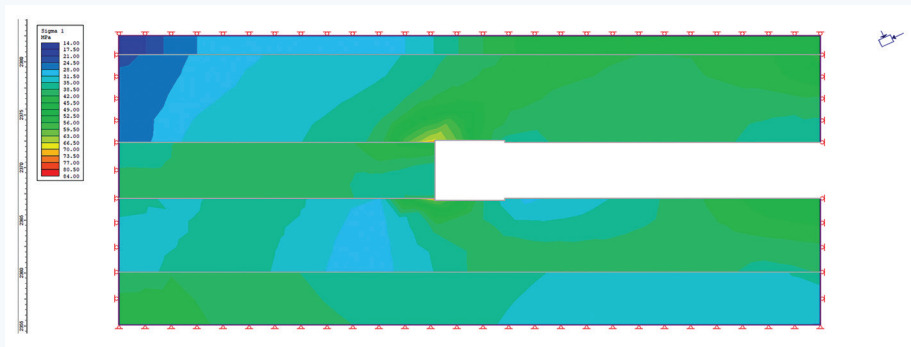
Тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін бағалау үшін



Сурет 2. Тау-кен қазбасының контуры бойынша аймағындағы кернеулер.

Figure 2. Stresses in the zone along the contour of the mine.

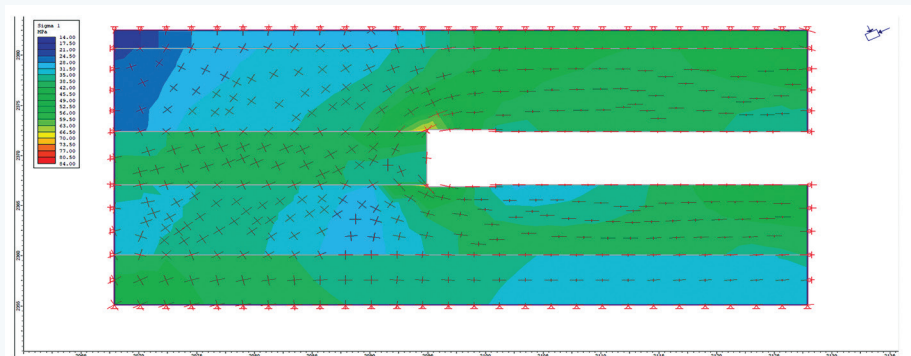
Рис. 2. Напряжения в зоне по контуру шахты.



Сурет 3. Түйіспе қазбасындағы тау сілемінің кернеулі күйінің бағамы.

Figure 3. Assessment of the stress state of the rock mass at joint development.

Рис. 3. Оценка напряженного состояния горного массива при совместной выработке.



Сурет 4. Түйіспе қазбасының маңайындағы кернеудің траекториялары.

Figure 4. Stress trajectories in the joint excavation area.

Рис. 4. Траектории напряжений в районе совместной выемки.

«Phase 2» бағдарламасын қолдануға болатындығы төменде көрсетілген. Жазықтықта жинау-бөлшектеу кенүңгірінің кіреберісіндегі

тазалау механикаландырылған кешені немесе түйіспе қазбасын салу кезіндегі тау-кен жұмыстары кезіндегі туындайтын

жазықтықтағы кернеулерді анализдеу үшін қажет. Нәтижелерді анализдеу үшін соңғы элементтер әдісін қолданамыз [6].

«АрселорМитталТемиртау» АҚ КД «Қазақстан» шақтысында Дб көмір қабатын бірнеше сатыда модельдеу іске асырылды. Бірінші сатыда түйіспе мен тау-кен қазбасының контурлары және көмір қабаты мен бос тау жыныстарының параметрлері берілді. Тау-кен қазбасының қимасы – тіктөртбұрышты ені 6 м биіктігі 4 м [7].

Көмір мен тау жынысының параметрлері енгізілгеннен соң, соңғы элементтеріне тор тұрғызылды. Қабаттық қазба жүргізілген кездегі кернеулерге және кернелі-деформациялы күйіне зерттеу жүргізілді. Қазба контурының бұрыштарында кернеудің артқанын көреміз. Қазбалар қосылған кезде тау қысымының білінгенін көреміз. Түйіспе қазбасын біртіндеп өткен кезде 2-3 суреттерде сатылары бейнеленген [8].

Қазбаның біріккен жеріне кернеудің әсерін көреміз. Қазбаның бұрыштарындағы кернеудің  $\sigma_1$  максималды мәні 49-61 МПа жетеді [9].

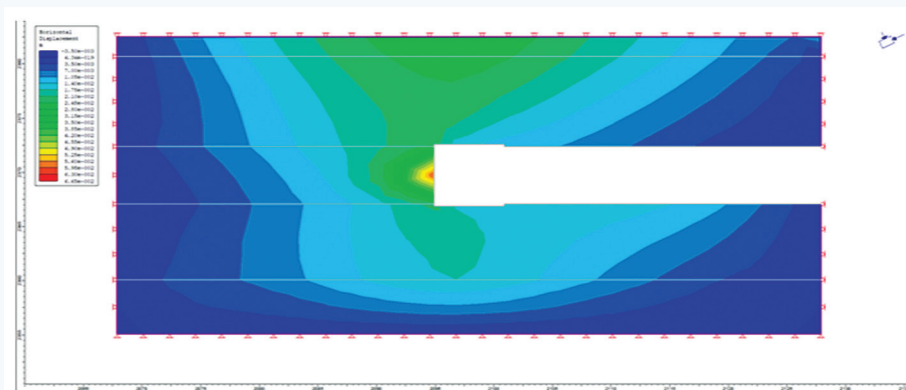
Кернеудің минималды мәні  $\sigma_3$  10-20 МПа құрайды. 4 суретте қызыл крестик түріндегі бейнеленген кернеудің траекториясы көрсетілген.

Вертикальды және горизонтальды ығысулардың бағалауы 5-6 суреттерде көрсетілген.

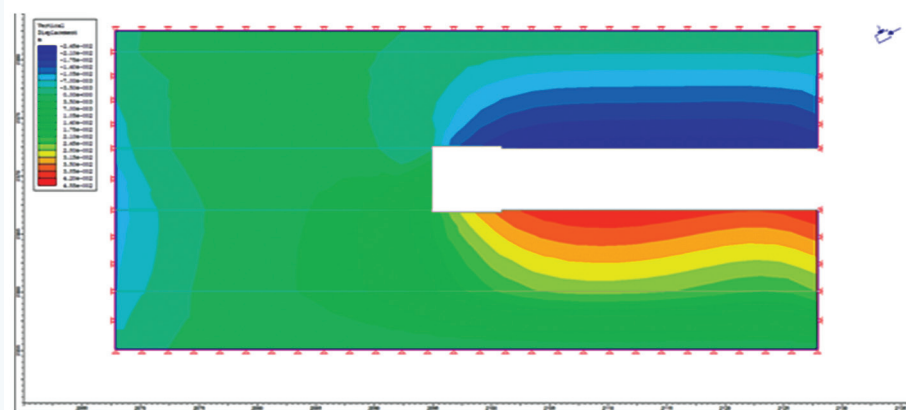
Горизонтальды ығысу  $U_x$  қазбаның барлық жағынан белсенді білінеді. Вертикальды ығысу  $U_y$  қазбаның табанында максималды ығысу соңғы сатысында 0,04-0,1 м дейін байқалады [10].

**Қорытынды**

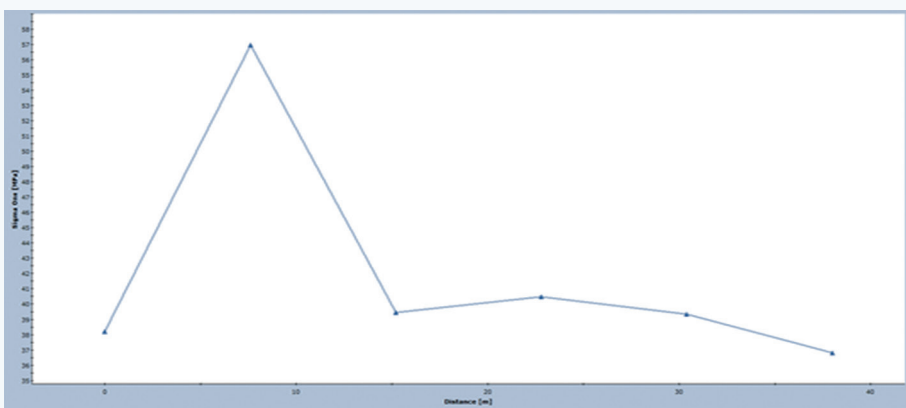
Сатылап модельдеудің нәтижесі көрсеткеніндей қазбалар арасындағы түйіспеге дейінгі қашықтықтың кернеудің мәніне әсер ететін негізгі фактор екенін көрсетті. 7 суреттегі бейнеленген графиктен қазбаға дейінгі қашықтыққа кернеудің тәуелділігін көреміз. Кернеудің максималды мәні 57 МПа қазбалардың түйіскен жерінде туындайды және 3-6 м аралықта тау сілемінің контур маңына технологиялық әсер етуді қажет етеді. Түйіспе қазбалардың жапсарласуы аймағында кернеудің



**Сурет 5. Қазбаның жапсарласуы кезіндегі горизонтальды ығысуы.**  
**Figure 5. Horizontal displacement of mine workings.**  
**Рис. 5. Горизонтальное смещение сопряжения горных выработок.**



**Сурет 6. Қазбалардың бірігуі кезіндегі вертикальды ығысуы.**  
**Figure 6. Vertical displacement of mine workings.**  
**Рис. 6. Вертикальное смещение горных выработок.**



**Сурет 7. Тазартпа қазбасынан қашықтығына байланысты қазбалар аймағындағы кернеулер.**  
**Figure 7. Stresses in mine workings due to remoteness from treatment facilities.**  
**Рис. 7. Напряжения в горной выработке из-за удаленности от очистных сооружений.**



кілт өзеруі байқалады [11, 12]. Қазбалардың бірлескен аймағында орналасқан кентіректің вертикальды қысымды өзіне алады. Ұсынылған

мақалада «Phase 2» бағдарламасын қолдану арқылы тау сілемінің кернеулі-деформациялы күйін есептеу нәтижелерімен игерудің тау-кен

технологиялық параметрлеріне тәуелді қазбаның орнықтылығына әсер ететін кернеудің параметрлері анықталды.

*Корреспондент автор авторлардың атынан мүдделер қақтығысының жоқ екендігін баяндайды.*

**Алғыс айту.** Ғылыми жетекшім Бахтыбаев Нурбол Бахтыбаевичке ақыл-кеңесімен әрқашан қолдау білдірген үшін алғыс айтамын.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ноек Е., Brown E.T. Тау массасының беріктігін практикалық бағалау. // Геомеханика мен тау-кен ғылымдарының халықаралық журналы. – 1997. – Т. 34. – Шығ. 8. – Б. 1165-1186 (ағылшын тілінде)
2. Зейнуллин А.А., Абеуов Е.А., Демин В.Ф., Алиев С.Б., Кайназарова А.С., Кайназаров А.С. Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында төбелік қарнақты қолдану негізінде шахталық жұмыстарды жүргізу әдістерін бағалау. // Көмір. – 2021. – №2(1139). – Б. 4-9 (орыс тілінде)
3. Исабек Т.К., Хуанган Н., Айтпаева А.Р., Шаймерденова Р.Т. Дезъюнктивті бұзылуы бар тау жыныстарының қауіпті жағдайын модельдеу және соңғы элементтер әдісімен модельдеу. // Көмір. – 2020. – №6(1131). – Б. 55-61 (орыс тілінде)
4. Имашев А.Ж., Суимбаева А.М., Абдибаитов Ш.А., Мусин А.А., Асан С.Ю. Рейтингілік классификацияға сәйкес шахталық өндіріс учаскесінің оңтайлы формасын негіздеу. // Көмір. – 2020. – №6(1131). – Б. 4-9 (орыс тілінде)
5. Арыстан И.Д., Бауизбаев М.Б., Матаев А.К., Абдиева Л.М., Богжанова Ж.К., Абдрашев Р.М. «Қазақстан Тәуелсіздігіне 10 жыл» шахтасының мысалында тұрақсыз массивтердегі өңдеу жұмыстарын қолдау технологиясын таңдау және негіздеу. // Көмір. – 2020. – №6(1131). – Б. 10-14 (орыс тілінде)
6. Rafiee A., Vinches M. 3D моделін құру кезінде тау жыныстарының сыну жүйелерінің геостатистикалық сипаттамаларын қолдану. // Геомеханикасы мен тау-кен ғылымдарының халықаралық журналы. – 2008. – Т. 45. – Шығ. 4. – Б. 644-652 (ағылшын тілінде)
7. Katelyn Kring, Snehamoy Chatterjee. Геостатистикалық модельдеу арқылы құрылымдық және геотехникалық параметрдің белгісіздігінің сандық көрсеткіші шектеулі барлау деректері бар тұрақтылықты талдау жағдайын зерттеуге қолданылады. // Геомеханика мен тау -кен ғылымдарының халықаралық журналы. – 2020. – Шығ. 125. – Б. 104157 (ағылшын тілінде)
8. QibinLin, PingCao, JingjingMeng, Rihong Cao, Zhiye Zhao. Бір осьтік сығылу кезінде қос дөңгелек тесіктері бар біріктірілген тау жыныстарының беріктігі мен бұзылу сипаттамасы: Дискретті элементтер әдісінің модельдеуінен түсініктер. // Теориялық және қолданбалы сыну механикасы. – 2020. – Т. 109. – Б. 102692 (ағылшын тілінде)
9. Lee H., Jeon S. Алдын ала сынған үлгілерде сынықтардың бірігуін эксперименттік және сандық зерттеу. // Қатты денелер мен құрылымдардың халықаралық журналы. – 2011. – №48(6). – Б. 979-999 (ағылшын тілінде)
10. Xiang Fan, P.H.S.W. Kulatilake, Xin Chen. Бір осьті жүктеме кезінде көп төзімді қосылыстары бар тау жынысына ұқсас түйіскен блоктардың механикалық әрекеті: бөлшектер механикасына көзқарас. // Инженерлік геология. – 2015. – Т. 190. – Б. 17-32 (ағылшын тілінде)
11. Takhanov D., Muratuly B., Rashid Zh., Kydrashov A. Геомеханика іргелес тік руда денелерін біріктіріп өндіру кезінде тіректердің даму параметрлерін негіздеу. // Пайдалы қазбаларды өндіру. – 2021. – №15(1). – Б. 50-58. (ағылшын тілінде)
12. Имашев, А.Ж., Бақтыбаев, Н.Б., Тілеухан, Н., Жүнісбекова, Г., Жақанов, Қ.Қ. «Phase 2» бағдарламасының геомеханикалық процессінің моделі. // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2013. – №7. – Б. 10-13 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Hoek E., Brown E.T. Practical estimates of rock mass strength. // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. – 1997. – Vol. 34(8). – Issue 8. – P. 1165-1186 (in English)
2. Zeynullin A.A., Abeuov E.A., Demin V.F., Aliyev S.B., Kaynazarova A.S., Kaynazarov A.S. Ocenka sposobov podderzhaniya gornyx vyrabotok na osnove primeneniya ankernoj krepki na shaxtax Karagandinskogo ugol'nogo bassejna [Assessment of ways to maintain mine workings based on the use of roof bolting in the mines of the Karaganda coal basin]. // *Ugol' = Coal*. – 2021. – №2(1139). – P. 4-9 (in Russian)
3. Isabek T.K., Khuangan N., Aytpayeva A.R., Shaymerdenova R.T. Modelirovanie vybrosoopasnogo sostoyaniya massiva s diz'yunktivnym narusheniem i gornoj vyrabotkoj metodom konechnyx e'lementov [Modeling an outburst hazardous state of a rock mass with disjunctive disturbance and mining by the finite element method]. // *Ugol' = Coal*. – 2020. – №6(1131). – P. 55-61 (in Russian)
4. Imashev A.Zh., Suimbaeva A.M., Abdibaitov Sh.A., Musin A.A., Asan S.Yu. Obosnovanie optimal'noj formy secheniya gornyx vyrabotok v sootvetstvii s rejtingovoj klassifikaciej [Substantiation of the optimal shape of the section of mine workings in accordance with the rating classification]. // *Ugol' = Coal*. – 2020. – №6(1131). – P. 4-9 (in Russian)
5. Arystan I.D., Baizbayev M.B., Matayev A.K., Abdiyeva L.M., Bogzhanova Zh.K., Abdrashev R.M. Vybory i obosnovanie texnologii krepneniya podgotovitel'nyx vyrabotok v usloviyax neustojchivyx massivov na primere rudnika «10-let Nezavisimosti Kazaxstana» [Selection and substantiation of technology for supporting development workings in unstable massifs on the example of the mine «10 years of Independence of Kazakhstan»]. // *Ugol' = Coal*. – 2020. – №6(1131). – P. 10-14 (in Russian)
6. Rafiee A., Vinches M. Application of geostatistical characteristics of rock mass fracture systems in 3D model generation// *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. – 2008. – Vol. 45. – Issue 4. – P. 644-652 (in English)
7. Katelyn Kring, Snehamoy Chatterjee. Uncertainty quantification of structural and geotechnical parameter by geostatistical simulations applied to a stability analysis case study with limited exploration data. // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. – 2020. – Vol. 125. – P. 104157 (in English)
8. QibinLin, PingCao, JingjingMeng, Rihong Cao, Zhiye Zhao. Strength and failure characteristics of jointed rock mass with double circular holes under uniaxial compression: Insights from discrete element method modelling. // *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. – 2020. – Vol. 109. – P. 102692 (in English)
9. Lee H., Jeon S. An experimental and numerical study of fracture coalescence in pre-cracked specimens under uniaxial compression. // *International Journal of Solids and Structures*. – 2011. – №48(6). – P. 979-999 (in English)
10. Xiang Fan, P.H.S.W. Kulatilake, Xin Chen. Mechanical behavior of rock-like jointed blocks with multi-non-persistent joints under uniaxial loading: A particle mechanics approach. // *Engineering Geology*. – 2015. – Vol. 190. – P. 17-32 (in English).
11. Takhanov D., Muratuly B., Rashid Zh., Kydrashov A. Geomechanics substantiation of pillars development parameters in case of combined mining the contiguous steep ore bodies. // *Mining of Mineral Deposits*. – 2021. – №15(1). – P. 50-58. (in English)
12. Imashev A.Zh., Bakhtybaev N.B., Tileukhan N., Zhunusbekova G., Zhakanov K.K. Chislennoe modelirovanie geomexanicheskix processov s pomoshh'yu programmy «Phase 2» [Numerical modeling of geomechanical processes using the «Phase 2» program]. // *Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan*. – Almaty, 2013. – №7. – P. 10-13 (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Hoek E., Brown E.T. Практические оценки прочности массива горных пород. // *Международный журнал механики горных пород и горных наук*. – 1997. – Т. 34. – Вып. 8. – С. 1165-1186 (на английском языке)
2. Зейнуллин А.А., Абеуов Е.А., Демин В.Ф., Алиев С.Б., Кайназарова А.С., Кайназаров А.С. Оценка способов поддержания горных выработок на основе применения анкерной крепи на шахтах Карагандинского угольного бассейна. // *Уголь*. – 2021. – №2(1139). – С. 4-9 (на русском языке)



3. Исабек Т.К., Хуанган Н., Айтпаева А.Р., Шаймерденова Р.Т. Моделирование выбросоопасного состояния массива с дизъюнктивным нарушением и горной выработкой методом конечных элементов. // Уголь. – 2020. – №6(1131). – С. 55-61 (на русском языке)
4. Имашев А.Ж., Суимбаева А.М., Абдибаитов Ш.А., Мусин А.А., Асан С.Ю. Обоснование оптимальной формы сечения горных выработок в соответствии с рейтинговой классификацией. // Уголь. – 2020. – №6(1131). – С. 4-9 (на русском языке)
5. Арыстан И.Д., Бауизбаев М.Б., Матаев А.К., Абдиева Л.М., Богжанова Ж.К., Абдрашев Р.М. Выбор и обоснование технологии крепления подготовительных выработок в условиях неустойчивых массивов на примере рудника «10-лет Независимости Казахстана». // Уголь. – 2020. – №6(1131). – С. 10-14 (на русском языке)
6. Rafiee A., Vinches M. Применение геостатистических характеристик систем разрушения горных пород при создании 3D-моделей. // Международный журнал механики горных пород и горных наук. – 2008. – Т. 45. – Вып. 4. – С. 644-652 (на английском языке)
7. Katelyn Kring, Snehatou Chatterjee. Количественная оценка неопределенности структурных и геотехнических параметров с помощью геостатистического моделирования, примененного к тематическому исследованию анализа устойчивости с ограниченными разведочными данными. // Международный журнал горной механики и горных наук. – 2020. – Вып. 125. – С. 104157 (на английском языке)
8. QibinLin, PingCao, JingjingMeng, Rihong Cao, Zhiye Zhao. Характеристики прочности и разрушения сочлененного массива горных пород с двойными круглыми отверстиями при одноосном сжатии: выводы из моделирования методом дискретных элементов. // Теоретическая и прикладная механика разрушения. – 2020. – Т. 109. – С. 102692 (на английском языке)
9. Lee H., Jeon S. Экспериментальное и численное исследование коалесценции трещин в предварительно растрескавшихся образцах при одноосном сжатии. // Международный журнал твердых тел и структур. – 2011. – №48(6). – С. 979-999 (на английском языке)
10. Xiang Fan, P.H.S.W. Kulatilake, Xin Chen. Механическое поведение породоподобных сочлененных блоков с несколькими непостоянными соединениями при одноосном нагружении: подход механики частиц. // Инженерная геология. – 2015. – Т. 190. – С. 17-32 (на английском языке)
11. Takhanov D., Muratuly B., Rashid Zh., Kydrashov A. Геомеханическое обоснование параметров разработки целиков при комбинированной разработке смежных крутых рудных тел. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2021. – №15(1). – С. 50-58 (на английском языке)
12. Imashev A.Zh., Vakhtybaev N.B., Tileukhan N., Zhunusbekova G., Zhakanov K.K. Численное моделирование геомеханических процессов с помощью программы «Phase 2». // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2013. – №7. – С. 10-13 (на русском языке)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Тажиббаев Д.К.**, техника ғылымдарының кандидаты, Қырғыз Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының Жер қойнауын игеру және геомеханика институтының, «Кен орындарын игеру технологиясы» зертхана менгерушісі (Бішкек қ., Қырғызстан), [a.dantaji@mail.ru](mailto:a.dantaji@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6303-5644>

**Кыдрашов А.Б.**, техника ғылымдарының магистрі, Қарағанды техникалық университетінің, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), [a.kydrashov@mail.ru](mailto:a.kydrashov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1404-1589>

**Мурзағалиева А.А.**, техника ғылымдарының магистрі, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, «Мұнай, газ және химиялық инженерия» жоғары мектебінің аға оқытушысы (Орал қ., Қазақстан), [alma\\_7121972@mail.ru](mailto:alma_7121972@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8339-0590>

**Абдығалиева А.К.**, техника ғылымдарының магистрі, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, «Мұнай, газ және химиялық инженерия» жоғары мектебінің аға оқытушысы (Орал қ., Қазақстан), [ainagul\\_132@mail.ru](mailto:ainagul_132@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2674-5268>

**Information about the authors:**

*Tazhibayev D.K.*, Candidate of Technical Sciences, Head at the Laboratory «Technology of Field Development» of the Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic (Bishkek, Kyrgyzstan)

*Kydrashov A.B.*, Master of Technical Sciences, Doctoral Student at the Department of «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

*Murzagalieva A.A.*, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Higher School of Petroleum, Gas and Chemical Engineering of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan (Uralsk, Kazakhstan)

*Abdygalieva A.K.*, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Higher School of Petroleum, Gas and Chemical Engineering of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan (Uralsk, Kazakhstan)

**Сведения об авторах:**

*Тажиббаев Д.К.*, канд. техн. наук, заведующий лабораторией «Технология разработки месторождений» Института геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики (г. Бишкек, Кыргызстан)

*Кыдрашов А.Б.*, магистр технических наук, докторант кафедры «Разработки месторождений полезных ископаемых» Карагандинского технического университета (г. Караганда, Казахстан)

*Мурзагалиева А.А.*, магистр технических наук, старший преподаватель Высшей школы нефтяной, газовой и химической инженерии Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

*Абдыгалиева А.К.*, магистр технических наук, старший преподаватель Высшей школы нефтяной, газовой и химической инженерии Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)



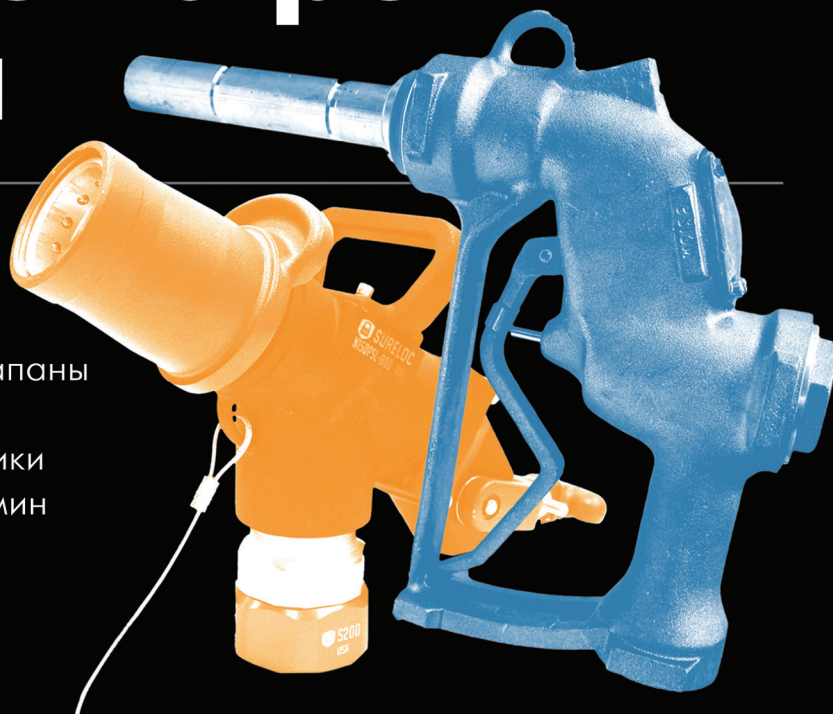
**ТОО «ДУАЛ ГРУПП»**  
Казахстан, Нур-Султан

+7 (707) 394 66 60  
info@dual-group.net  
www.dual-group.net

# Системы быстрой заправки

**Мы предлагаем:**

- Краны топливозаправочные
- Заправочные и вентиляционные клапаны
- Счетчики и насосы
- Заправки (АЗС) и топливозаправщики со скоростью заправки до 1500 л/мин
- Эксплуатация от -60 С до +50 С





16 июня 2022, Нур-Султан

**Выступление советника генерального директора АКФ «ПИТ» Tech Garden А. Сембина на III Форуме золотопромышленников в рамках АММ-2022**



– Добрый день, коллеги. Я рад приветствовать всех на III Форуме золотопромышленников, который традиционно проводится в рамках АММ-2022, и благодарю организаторов за предоставленную возможность рассказать о результатах совместной деятельности Автономного кластерного фонда Tech Garden и Ассоциации Dragmet.

Деятельность Автономного кластерного фонда Tech Garden направлена на:

- формирование экосистемы промышленного R&D для полноценной интеграции в глобальную цепочку создания стоимости;
- привлечение прорывных технологий и компетенций Индустрии 4.0;
- подготовку собственных кадров в этом направлении.

Все эти направления созвучны задачам, поставленным учредителями перед Ассоциацией Dragmet – усиление взаимодействия науки и производства, внедрение научных разработок, инноваций в производство, а также повышение компетенции работников.

Как сегодня уже отмечали коллеги, сырьевая база стремительно сокращается. На это влияет ряд факторов, таких как снижение среднего содержания металла в руде уже действующих месторождений, увеличение глубины залегания вновь открываемых месторождений. В целом, открытие новых крупных месторождений, дающих высокую рентабельность, невелико. В этой связи рациональное использование ресурсов, как элемент «Циркулярной экономики», является на сегодня основным драйвером инноваций. При этом доступ к технологиям, компетентным специалистам, выстраиванию цепочек поставок сырья и материалов в новых геополитических условиях значительно усложнен. Эти и другие факторы подталкивают предприятия отрасли к взвешенному и осознанному использованию цифровых технологий при смене бизнес-моделей и создании новых доходобразующих и производственных возможностей.

**Приведу пример.** Предыдущее десятилетие сделало доступным и популярным хранение больших данных

в облачных сервисах. Это было удобно. Однако, события последних месяцев показали уязвимость этой модели – доступ к данным усложнился и предприятия вновь заговорили о локальном хранении информации.

Для развития конкурентоспособности приоритетных отраслей промышленности РК Автономным кластерным Фондом Tech Garden разработан и внедрен принципиально новый механизм – трансфер технологий ТНК с локализацией их решений в Казахстане.

При помощи этого механизма мы привлекли якорные международные компании (ТНК) для создания Центров компетенций. На сегодня Фондом созданы пять таких Центров с технологиями компаний со всего мира.

Так, совместно с британской IntelliSense.io создан Центр «IntelliSense-LAB», на счету которого один из крупнейших в стране проектов цифровизации промышленности в Казахстане – внедрение искусственного интеллекта для предиктивного анализа в процессы цикла измельчения на базе ЗИФ «Пустынное» АО «АК «Алтыналмас». Обработка этих данных происходит в дата-центрах, размещенных в РК.

Также в активе Tech Garden – лаборатория по созданию Цифровых двойников, применению VR-технологий, использованию Blockchain и BigData для ГМК. Современные бизнес-процессы все в большей мере зависят от автоматизации и от ИТ. А насколько можно доверять ИТ-системе? Блокчейн специально разрабатывался, чтобы «оцифровать доверие» и внедрить его как неотъемлемую часть технологии.

Бизнес-процессы, построенные с использованием технологии блокчейн, содержат только информацию, которой можно доверять, потому что принципы управления ею согласованы между участниками процесса. Такие бизнес-процессы устраняют необходимость в дополнительном контроле без снижения их эффективности и безопасности. Использование технологии блокчейн в бизнес-процессах поможет снизить квалификационные требования к исполнителям, что также уменьшит стоимость бизнес-процессов, потому что логика «зашивается» в блокчейн через смарт-контракты.

Наши центры технологического развития стали базовыми участниками открытой платформы Smart Industry Management Platform, которая объединяет всех участников экосистемы Индустрия 4.0 – промышленные предприятия, ИТ-компании, Институты развития (QazIndustry, Хаб, МФЦА), вузы, научно-исследовательские институты, Центры технологий и компетенций, лаборатории, государственные органы.

**Основная цель этой платформы** – создать базу задач, стоящих перед промышленными предприятиями с одной стороны, а с другой – базу решений для этих задач ИТ-компаниями. В соответствии с поручениями Президента РК Касым-Жомарта Токаева, предпочтение отдается отечественным ИТ, инновационным

и инжиниринговым компаниям, т. е., мы не только развиваем локальные технологии, хранение данных, но и отечественный инновационный бизнес – в большинстве это МиСБ. Так, в феврале этого года АКФ и Ассоциация Dragmet провели Business Meeting Gold 4.0 на тему «Технологии Индустрии 4.0 для золотодобывающих предприятий», где представили решения отечественных компаний – «Кар-Тел», «Прософт-системы», Asia Soft, Skymax Technologies, Alsi Asia, «Перспектива» и других.

Вторая платформа, которая сейчас разрабатывается Фондом, а точнее – одним из Центров компетенции, сфокусированном на технологиях Blockchain и BigData, будет служить развитию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для модернизации промышленных процессов в рамках 1% от затрат на добычу. Платформа на технологиях Blockchain позволит сделать процесс распределения этих средств прозрачным, что повысит конкуренцию между разработчиками инноваций.

В 2021 г. на базе платформы QazR&D уже проводился отбор проектов участников Инновационного Кластера «Парк инновационных технологий» (ИК «ПИТ») для финансирования недропользователями. В рамках модуля QazR&D уже проведены 7 экспертных комиссий по определению исполнителей задач недропользователей; принято решение о целесообразности финансирования 22 проектов – участников ИК «ПИТ».

В целом же в период 2015-2022 гг. недропользователи РК в рамках исполнения своих обязательств по перечислению 1% СГД/ЗНД заключили с АКФ 232 договора на общую сумму 27,9 млрд тенге. Профинансирован 181 проект участников инновационного кластера «ПИТ» на общую сумму 15,49 млрд тенге. 104 проекта относятся к отрасли ГМК, из них 96 реализованы, а восемь находятся на стадии реализации.

Мы видим, как растет спрос со стороны промышленных предприятий на внедрение цифровых технологий.

Предприятия ГМК готовы даже тратить на инновации больше, чем 1% от СГД/ЗНД. А, возможно, нужны новые, более целевые механизмы финансирования для цифровизации предприятий. Необходимо также разработать концепцию цифровизации отрасли. И при реализации таких проектов мы все острее осознаем, насколько важны квалифицированные кадры, готовые работать с технологиями Индустрии 4.0. К примеру, в середине апреля 2022 года АКФ совместно с ГК «Цифра» запущен онлайн-практикум «Цифровое горное предприятие Казахстана» для руководителей и специалистов (инженеров) промышленных предприятий. В настоящее время зарегистрированы и проходят обучение порядка 130 специалистов таких компаний, как «Корпорация «Казахмыс», ERG Group, АО «УМЗ», АО «Казатампром», ТОО «Тау-Кен Алтын», АО «Алтыналмас» и т.д. Практикум ориентирован на получение углубленного понимания процесса цифровизации персоналом горнодобывающих предприятий.

Исходя из мировых трендов, вижу большие перспективы в таких направлениях с высокой добавленной стоимостью, как Новые материалы и аддитивные технологии.

Еще один важный сектор – Новая энергетика. Мы сейчас со всемирным банком участвуем в создании Центра компетенции в энергетике. И это также – новый заказчик для ГМК. Рост инвестиций в альтернативную энергетику, по данным Всемирного банка, повысит спрос более, чем на 450% до 2050 г. на редкоземельные металлы, такие как литий и кобальт.

Сейчас перед Казахстаном открывается уникальная возможность стать открытой инновационной площадкой для компаний со всего мира. Это соотносится с историческим гостеприимством Казахстана, и я считаю, что сектор ГМК уже реализует наши традиции тем, что на каждом предприятии присутствуют технологии и эксперты из разных стран.

*Благодарю за внимание и надеюсь на плодотворное сотрудничество!*





## БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА – ЭТО ГЛАВНОЕ

16-17 июня текущего года в г. Нур-Султане состоялось одно из самых масштабных отраслевых мероприятий горно-металлургического сектора – XIII Горно-металлургический конгресс АММ – Astana Mining & Metallurgy.

Золотым партнером и спонсором АММ-2022 выступил АрселорМиттал Темиртау – крупнейшее предприятие горно-металлургического сектора Республики Казахстан.

На вопросы нашего журнала ответил директор Угольного департамента АрселорМиттал Темиртау Арман Кобыландынович Калыков – шахтер в третьем поколении, прошедший славный трудовой путь от рабочего до директора шахты, с общим стажем более 30 лет. Сейчас Арман Кобыландынович – очень перспективный директор угольного департамента, где применяются инновационные технологии как по добыче угля, так и по безопасности труда.

– Арман Кобыландынович, расскажите, пожалуйста, о деятельности Угольного департамента, который ведет добычу угля в шахтах Карагандинского угольного бассейна подземным способом, а также о том, что именно Вы предпринимаете на этом ответственном посту: какие вопросы решаете, какие видите перспективы развития шахт, какие социальные проблемы ставятся на повестку дня?

– Спасибо. Да, я проработал в угольной промышленности уже более 30 лет. Начиная свою трудовую деятельность еще в Советском Союзе, это было мощнейшее производственное объединение «Карагандауголь». Там я первый раз спустился в шахту...

В те годы, как и все мои сверстники, я пришел на угольное предприятие, в угольную шахту, имея за плечами, конечно, уже диплом горного техникума. Шесть лет я отработал рабочим и потом, по мере взросления, так сказать, по мере того, как набирался опыт, пополнялись знания, я окончил Карагандинский политехнический институт и прошел все ступени подземной иерархии – мастер, зам. начальника участка, начальник участка, зам. директора, главный инженер, директор шахты.

Потом сменилось государство, сменился собственник предприятия, но я посвятил свою жизнь такой работе, как добыча угля. Где бы я ни работал, конечно же, основной нашей задачей было создание безопасных условий для наших работников. Сейчас я работаю в Угольном департаменте крупнейшей компании по добыче угля – АрселорМиттал Темиртау. Мы позиционируем себя как компания №1 по производству стали. Компания АрселорМиттал Темиртау представляет собой интегрированный горно-металлургический комплекс с собственным углем, железной рудой и энергетической базой. И это одно из главных преимуществ компании – полностью замкнутый цикл производства – «руда – уголь – сталь». В состав АО «АрселорМиттал Темиртау» входят: Железорудный департамент, Угольный департамент и собственно Стальной департамент, который имеет на своем балансе металлургический комбинат. Конечным нашим продуктом является сталь.

Как я говорил, наша компания уже больше 25 лет работает на рынке Казахстана и, конечно же, нашим основным приоритетом является безопасность труда. Мы всегда говорили и будем говорить, что



**А.К. Калыков**  
директор Угольного департамента  
АрселорМиттал Темиртау

наивысшим приоритетом является безопасность, т. к. наши сотрудники – это наивысшая ценность для нас. К сожалению, на производстве не обходится и без несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом, но надо понимать, что наша деятельность – это подземная добыча, это ежедневная борьба человека с природой. Природа – она сильнее нас, но мы стараемся наиболее безопасно, насколько это возможно, добыть эти богатства из недр Земли.

Такая профессия – я всегда говорил, что после нас никогда не остается красивых зданий, ажурных мостов, остается только выработанное пространство, которое потом обрушивается и заваливается, но наша профессия – она благородная, мы несем людям свет и тепло, и эта профессия одна из самых опасных в мире.

– Арман Кобыландынович, пласты Карагандинского угольного бассейна – они разные по характеристикам. Где используется тот уголь, который Вы добываете, в каких отраслях?

– Согласно характеристикам угольных пластов Карагандинской угольной свиты, они представлены высококалорийными коксующимися углями, которые находят широкое применение только в металлургическом производстве, поскольку высококалорийный уголь не может рассматриваться как энергетическое сырье для электрических станций, для этих целей наш уголь нашей марки не подходит. Он – только на коксование для металлургических комбинатов.

У нас, я говорил, замкнутый цикл, свои шахты и две углеобогащительные фабрики, которые, в конечном итоге, выпускают угольный концентрат для покрытия потребности, в первую очередь, конечно же, собственного Карагандинского металлургического комбината. В недалеком прошлом мы работали на комбинат, расположенный в Кривом Роге – это тоже подразделение нашей компании – АрселорМиттал.

– Арман Кобыландынович, Вы упомянули главный приоритет Вашей работы – это безопасность труда шахтеров. Какие сейчас инновационные методы применяются в шахтах? Мы знаем, что в далекие советские годы отработка угольных пластов производилась ближе к поверхности, сейчас же горные работы углубляются, естественно, меняются физико-механические свойства, увеличивается газовыделение пластов, а газ – самый опасный враг шахтеров. В то же время, его можно использовать в промышленности. Какие сейчас методы и технологии применяются для обеспечения безопасности шахтеров?

– Хороший вопрос. Я подтверждаю Ваши слова. Самым коварным и самым опасным является газ метан, который миллионы лет назад сформировался в толще земных пород, так называемый «джинн». Когда мы проявляем какую-либо неосторожность или оплошность, этот «джинн» вырывается наружу с угольного пласта и приносит нам, конечно, непоправимые утраты, потери, гибель наших сотрудников. Последний год в нашей компании стали уделять огромное внимание, придавать огромное значение борьбе с самым опасным нашим врагом – газом метаном. Мы провели две международные конференции, где участвовали специалисты мирового уровня: австралийские, американские, китайские, российские, но мы все сошлись в одном мнении, что Карагандинский угольный бассейн является самым опасным в мире угольным бассейном именно по внезапным выбросам угля и газа. И все применяемые технологии в мире в данный момент не дают 100%-ной защиты от внезапных выбросов угля и газа. То есть, мы должны разработать свою собственную технологию, опираясь на мировой опыт, конечно же, но идти нам нужно по своему пути. Мы пришли к необходимости приобретения станков направленного бурения, а также станков со шнековым бурением. То есть, те вопросы, которые не решались на протяжении многих лет, нашли отражение в последние год-полтора. Мы действительно реально

вот сейчас закупили порядка тридцати станков, и я думаю, до конца текущего года начнем внедрение этих станков у нас – это направленное бурение, шнековое бурение, и, наконец, мы будем применять региональные способы борьбы с газом метаном, то есть, вплоть до бурения скважин с поверхности. Конечно же, это большие капиталовложения, но мы осознанно идем на эти затраты, в противном случае, мы просто не сможем работать, другого выхода у нас не будет. Что касается газа метана, он не только может привести к каким-то катастрофическим последствиям, но и может послужить нам в качестве топлива.

В качестве пилотного проекта у нас в Угольном департаменте запущен газогенератор немецкого производства фирмы Jenbacher, и он работает, и вырабатывает: если брать в расчет общее суммарное количество, которое потребляет шахта, например, такая, как шахта Шахтинского региона, то один генератор может покрывать до трети расходов, то есть, вырабатывать электроэнергию и возвращать в сеть потраченную электроэнергию. Такие у нас проекты есть, они действительно реализованы и работают. Кроме того, на шахте им. Ленина в данный момент находятся в эксплуатации два газовых котла, то есть, мы спокойно через скважину производим дебет газа метана, собираем, подготавливаем на газоподготовительной станции и подаем непосредственно в топку котлов.



**Выставка АММ-2022: А.К. Калыков – директор Угольного департамента АрселорМиттал Темиртау и Т.С. Долина – специалист по связям с общественностью «Горного журнала Казахстана»**



На выходе мы получаем, значительно пониженный объем выбросов в атмосферу и имеем то необходимое тепло, которое нужно для обогрева наших предприятий, для согрева воды, чтобы наши шахтеры могли помыться. Соответственно, мы понимаем, что это принесет за собой очень много затрат, нужны будут значительные инвестиции, но, еще раз повторяю, компания осознанно идет на эти расходы. Я скажу, что мы находимся сейчас в начале пути, мы поняли, что никакие другие мировые специалисты в данный момент нам помочь ничем не могут. То есть, я еще раз повторяю, что мы идем на создание собственных технологий. Мы, соответственно, работаем в тесном сотрудничестве с научно-исследовательскими институтами. Вы знаете, что в последнее время идет пересмотр научных подходов к таким явлениям, как внезапные выбросы угля и газа. Такие вот у нас в данный момент принимаются необходимые меры.

– Арман Кобыландынович, конечно, проблема борьбы с газом метаном в шахтах – это очень важная тема, и многие как зарубежные, так и советские, и наши казахстанские ученые занимаются ей более 70 лет, но природные условия не могут позволить широкомасштабную добычу газа метана, в связи с тем, что наши пласты низкопроницаемые, т. е. плотные. Сколько шахт в настоящее время работает? Каково количество людей? И, может быть, ответите, имеются ли семейные династии, которые участвуют в производственном процессе, продолжают шахтерские династии, шахтерскую профессию, как Вы сказали, очень нужную, почетную и важную?

– В Угольном департаменте работают 8 шахт, они представлены в двух районах – это основной район – Карагандинский промышленный район, так называемый, и Шахтинский, Тентекский район. География, конечно, очень обширная, от одной шахты до другой почти 70 км, это, если брать в поперечнике. В Угольном департаменте трудятся порядка 13 тысяч человек, сейчас идет интенсивный набор кадров, мы взяли перед государством обязательство принимать не менее 100 человек в месяц. С января по сегодняшний день мы приняли на работу порядка 800 человек. Рынок труда, который сейчас устоялся в нашем регионе, позволяет пока с оптимизмом смотреть в будущее.

Что касается семейных династий, да, как я говорил ранее, я тоже сам являюсь шахтером уже в третьем поколении. Мой отец тоже почти 30 лет отработал в угольной промышленности,

я уже больше 30 лет проработал. Что касается приоритетов, да, мы, в первую очередь, отдаем приоритет детям наших сотрудников, которые в данный момент работают. Мы, конечно же, с огромным удовольствием берем их на работу. Последнее повышение заработной платы, и мы можем открыто говорить, позволяет сейчас держать минимальную планку заработной платы на самом низком уровне квалифицированных профессий – это подземные горнорабочие – порядка 360-380 тысяч тенге. Это минимально. Ну и, соответственно, специалисты, профессии которых требуют более высокой квалификации, это, как правило, машинисты горно-выемочных машин, так называемые комбайнеры, и электрослесари зарабатывают порядка 700 тысяч тенге. Это зарплата такая сейчас у нас.

Соответственно, наша компания, конечно же, социально ориентирована. Взять, например, Шахтинский регион, город Шахтинск: 4 шахты представлено в одном городе, три предприятия спутствующих – это придолинская автобаза, это база МТС, и большая часть населения – это работники нашей компании. И мы поэтому осознаем всю ответственность за тот социум, в котором мы живем, не только живем, но и работаем.

– То есть, создаете своей деятельностью вокруг еще много предприятий, которые содействуют.

– Совершенно верно, мы работаем тоже в рамках программы импортозамещения.

– Да, все, о чем Вы сказали, создает социальную стабильность в регионе, и это очень важно. Мы хотим Вас поздравить, вчера был продлен контракт с Правительством еще на 20 лет работы ваших шахт. И, как мы знаем, Вы – кавалер ордена «Шахтерская слава» за свою большую трудовую деятельность, и хотели бы Вам пожелать здоровья, Вашим всем работникам, успешного производственного и безопасного труда!

– Спасибо. В свою очередь, хочу поблагодарить организаторов Горно-металлургического конгресса АММ. Это значимое мероприятие, которое проводится не в первый раз в столице нашей республики. Сегодняшнее мероприятие позволяет нам тесно сотрудничать с другими компаниями. Мы видели, что здесь представлены такие горнодобывающие компании, как Казахмыс, Казцинк, и нам приятно находиться в ряду этих компаний. Хочу пожелать Вам крепкого здоровья, до новых встреч!



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

# РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

16-18 ноября 2022

Специализированные выставки

- Машиностроение
- Металлообработка
- Инновационный потенциал Уфы

**ВДНХ** **ЭКСПО** УФА



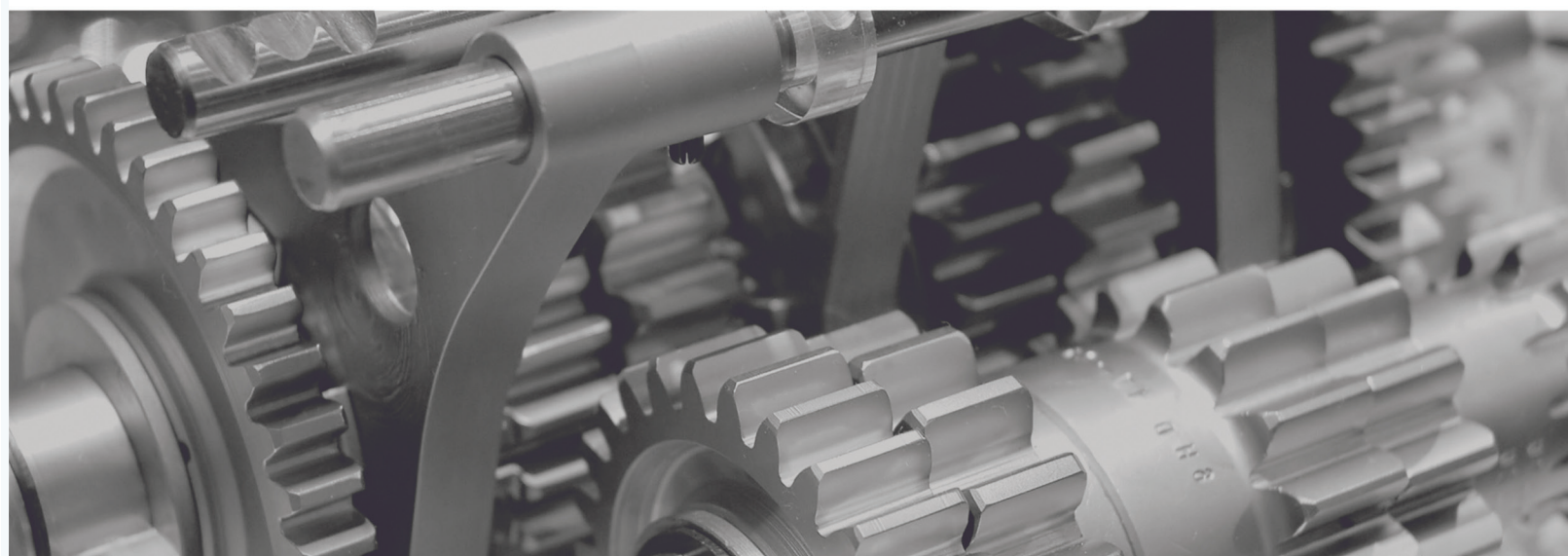
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ЭНЕРГЕТИКИ  
И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



АДМИНИСТРАЦИЯ  
ГОРОДСКОГО ОКРУГА г. УФА РБ



БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ



ОРГКОМИТЕТ: +7 (347) 246 41 80, 246 42 37  
[promexpo@bvkexpo.ru](mailto:promexpo@bvkexpo.ru)



Мероприятия проводятся с учетом всех  
требований Роспотребнадзора



**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 первой научной публикации.

**Дополнительные рубрики:**

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

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

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метадаанные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы;
- 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; знаком «\*» указывается автор-корреспондент;
  - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
  - полное название организации (-ий), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
  - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
    - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
    - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
    - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**РИСУНКИ** должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или 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 непередаваемые 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. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении не менее 5 (пяти) экземпляров журнала с 50% скидкой, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги. После оплаты статья публикуется в очередном номере журнала, а автору(авторам) предоставляются экземпляры журнала, согласно счету.



26 июня 2022 года ушел из жизни выдающийся ученый-металлург, педагог высшей школы, академик Международной и Казахстанской академий наук высшей школы, доктор технических наук, профессор, член редколлегии Горного журнала Казахстана Владимир Алексеевич Луганов.

Владимир Алексеевич родился 23 ноября 1938 года в селе Чалобай Чарского района Семипалатинской области. После окончания в 1961 году металлургического факультета Казахского политехнического института большую часть своей трудовой деятельности В.А. Луганов посвятил подготовке кадров для науки и производства, проведению научных исследований в области металлургии.

В 1967 году Владимир Алексеевич стал кандидатом технических наук, в 1987 году – доктором технических наук, защита проходила в Московском институте стали и сплавов.

В стенах КазНТУ с 1967 года прошел длинный трудовой путь от преподавателя до заведующего кафедрой и проректора, при этом, находясь на любой должности, преданность науке и преподаванию студентам металлургии были неизменны.

С 1975 по 1980 гг. В.А. Луганов возглавлял в КазПТИ кафедру «Теория металлургических процессов и печей», с 1987 по 1993 гг. был проректором КазПТИ по научной работе.

Основные научные исследования В.А. Луганова посвящены разработке и совершенствованию технологий переработки труднообогатимого пирит-арсенопиритсодержащего окисленного полиметаллического, медного и золотомышьякового рудного и техногенного сырья пиротометаллургическими способами.

Десятки лет исследований в области переработки пирит-, мышьяксодержащих, кобальтсодержащих материалов, окисленных медных руд; изучение сульфатизирующего, пирротинизирующего, деарсенирующего обжигов; гидрOMETаллургическая переработка руд и концентратов; глубокое изучение свойств пирита, пирротина, арсенопирита; термодинамическое обоснование процессов сульфидирования; термический анализ; экологические проблемы в металлургии. За этим стоят реальные полу- и промышленные испытания, часы ожидания результатов после экспериментов, километры исписанной бумаги, чтобы проанализировать полученное, нервы, переговоры, а иногда и разочарование, но после



**Владимир Алексеевич  
Луганов**  
(23.08.1938 – 26.06.2022)

каждой написанной строчки чувство гордости за свое дело.

Результаты исследований В.А. Луганова внедрены в производство и проекты реконструкции ряда металлургических предприятий с большим экономическим эффектом.

Исследования профессора Луганова В.А. широко известны не только в нашей стране, но и за рубежом. Он был членом Канадского горно-металлургического общества с 1980 г.; почетным профессором Центрального Южного технического университета (КНР) с 1997 г.; приглашенным профессором Центрального Южного Технического Университета (Чангша, Китай) (1992 и 1997 гг.); консультантом по технологии компании MinCorp, USA (1995, 1996 гг.);

приглашенным профессором Университета Торонто, Канада (1993 г.); приглашенным профессором Лавальского Университета, Квебек, Канада (1982 г.); приглашенным профессором Университета Мак Гил, Монреаль, Канада (1973 г.); членом металлургического общества США с 2003 г.; членом Ученого Совета Технического факультета университета Монтаны, США (2008 г.); с 2004 года вел тесное сотрудничество с Горной Школой Колорадо, США.

В.А. Луганов подготовил двух докторов технических наук, десять кандидатов технических наук, четырех докторов PhD, сотни инженеров, бакалавров и магистров в области металлургии. Он автор более пятисот научных публикаций, двадцать одного патента на изобретения, пяти монографий, четырех учебных пособий.

Владимир Алексеевич – стипендиат Правительства РК за выдающиеся научные достижения в 1997 г. и в 2006 г.; лауреат премии имени К.И. Сатпаева (КазНТУ) в 2005 г.; награжден грантом «Лучший преподаватель Казахстана» в 2006 г. и в 2012 г. Награжден орденом «Курмет», обладатель грантов «Лучший преподаватель МОН РК» и знака «Отличник образования РК».

В архиве В.А. Луганов более 400 научных и учебно-методических работ, в том числе, около 30 в странах дальнего зарубежья; 20 авторских свидетельств СССР и РК; 2 монографии; 5 учебно-методических пособий; 1 электронный учебник; 10 УМК.

Владимир Алексеевич – член редакционных советов, редколлегии журналов и серий изданий: «Комплексное использование минерального сырья»; «Вестник КазНТУ». Работая в составе редакционной коллегии Горного журнала Казахстана, сам активно публиковался и привлекал многих авторов.

*Горная общественность, НПП «Интеррин», Горный журнал Казахстана, Satbayev University, друзья, коллеги и ученики Владимира Алексеевича выражают искренние соболезнования родным и близким.*