



**ЛЕТ ГОРНОМУ ЖУРНАЛУ КАЗАХСТАНА!**

**ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ  
В ПРАЗДНИЧНОМ ВЫПУСКЕ:**



**+7 747 343 15 02**



**minmag.kz**



**@minmag.kz**

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

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](http://minmag.kz)

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

**Представители журнала:**

**Республика Узбекистан –**  
**ШЕРЗОД ВАФО-ОГЛЫ КАРИМОВ**  
[karimov20-13@mail.ru](mailto:karimov20-13@mail.ru)

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

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

**Периодичность 12 номеров в год**

**Тираж 1500 экземпляров**

**ISSN 2227-4766**

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

Подписано в печать **25.01.2023 г.**

**Отпечатано:**  
**«Print House Gergona»**  
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

**М.Б. Барменшинова**, канд. техн. наук

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

**А.А. Бекботаева**, PhD

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

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

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

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

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

**В.Ф. Демин**, д-р техн. наук

**А.И. Едильбаев**, д-р техн. наук

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

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

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

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

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

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

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

**Б.Т. Ратов**, д-р техн. наук, профессор

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

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

**П.Г. Тамбиев**, канд. техн. наук

**Ш.Н. Туробов** (Узбекистан), PhD

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

**Р.А. Хамидов** (Узбекистан), PhD

**А.Н. Шодиев**, д-р техн. наук

**Т.А. Чепуштанова**, PhD

® – статья на правах рекламы

ⓘ – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

**4** Колонка главного редактора

**6** ООО «РудХим»: современная технология ведения взрывных работ при добыче полезных ископаемых ®

## Гидрогеология

**8** \*Итемен Н.М., Муртазин Е.Ж.  
Оценка распространения лития в попутных пластовых рассолах нефтяных и газовых месторождений Западного Казахстана

## Геология

**16** Есендосова А.Н., Маусымбаева А.Д., Исатаева Ф.М., \*Каскатаева К.Б.  
Эндогенные рудные формации месторождения Алайгыр

## Геодезия

**24** \*Иземберлина М.Б., Низаметдинов Н.Ф., Жунусова Г.Е., Рахимов Г.  
Проектирование геодинамического полигона для проведения геодезического мониторинга за движением земной поверхности

## Геомеханика

**32** Муратұлы Б., Таханов Д.Қ., Махмудов Д.Р., \*Матаев А.Қ.  
Изучение структуры массива и уточнение физико-механических свойств горных пород в условиях рудника Ушкатын-III

## Крепление горных выработок

**40** \*Zhutabekova A., Demin V., Abeuov E., Tanekeyeva G.  
Mine workings supporting technologies on stress and strain state control basis

**48** Сердалиев Е.Т., \*Искаков Е.Е., Бахрамов Б.А., Аманжолов Д.Б.  
Обоснование параметров крепления кровли камер обрабатываемых маломощных залежей канатными анкерами

## Геоинформатика

**55** Рязских М.В., Титов В.И., Ступакова М.С., Менгель Д.А.  
Анализ условий формирования водопритоков в карьер Качарского железорудного месторождения и разработка технических решений по развитию системы осушения

**63** Требования к оформлению статей

## Памяти ученого

**64** Бегимбетов Абдыхан Ермаханович (21.12.1933 – 08.01.2023)

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат  
Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

*Дорогие читатели!*

*Уважаемые коллеги!*

Наступивший 2023 год для нашего журнала является особенным, потому что 20 лет назад мы вместе с Вами в первый раз взяли в руки самый первый выпуск «Горного журнала Казахстана», и запах типографской краски, исходящей от его страниц, стал узнаваемым и ожидаемым.

Новый год сам по себе праздник, который всегда связан с ожиданиями исполнения планов, предчувствий, желаний. Он является своего рода входом в привычный мир своего проживания с мечтами, исполнение которых должно изменить личную жизнь каждого из нас, облик и сохранение окружающего мира, наши взаимоотношения, наши возможности в лучшую сторону.

В Казахстане после той январской беды, обрушившейся неожиданно и грозно на наши судьбы, мы стали взрослее, перейдя через преграды запретов на право жить и трудиться в стране равных возможностей. Мы, т.е. простой народ, во главе с настоящими патриотами своей Родины победили средневековое мракобесие и встали на пока еще зыбкий путь к современному процветанию в справедливом Казахстане. Прошедшие выборы президента страны, предстоящая смена депутатского корпуса мажилиса, поправки в конституцию республики, создание полновесного Конституционного суда и проводимые в одном ряду с этими знаковыми событиями реформы ожидаемо должны помочь встать нам в один ряд со своими друзьями, которые в минуты тяжелых испытаний были рядом с нами.

Начиная Новый год с юбилейных воспоминаний и желаний, которые совпадают с общегосударственными планами и зависят во многом от их реализации, мы начинаем трудиться на новой платформе признания наших достижений, значимости и доверия со стороны научного сообщества. Внесение в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности, является заслугой редакционной службы и признанием авторитета нашего издания. Мы это изменение почувствовали по увеличившемуся кратно потоку желающих издать свои труды на страницах нашего журнала и, естественно, гордимся этим. Это достижение должно явиться отправной точкой к достижению новых вершин, и мы способны этого добиться вместе с Вами, дорогие читатели, авторы и члены редакционной коллегии.

Горное дело, горные науки, сопровождаемые минералургией и металлургией, не стоят на одном месте и вместе со всеми представителями материальной базы мировой цивилизации создают новый фундамент развития технократического будущего. Участие в этом благородном труде коллектива нашего журнала будет нашей основной задачей в 2023 году.

*С Новым годом, друзья! Благополучия, здоровья, в добрый путь к новым вершинам науки и практики!*



## ОТКРЫТА ПОДПИСКА

**КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС**

**Подписной индекс 75807**

**Заявка на главной странице сайта 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



0+

# Металлообработка. Сварка – Урал

## Екатеринбург

**14–17  
марта  
2023**

международная выставка технологий,  
оборудования, материалов для машиностроения,  
металлообрабатывающей промышленности  
и сварочного производства

**крупнейший специализированный  
региональный проект в России**



(342) 264-64-27

[egorova@expoperm.ru](mailto:egorova@expoperm.ru)

[www.metal-ekb.expoperm.ru](http://www.metal-ekb.expoperm.ru)

## ООО «РУДХИМ»: СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*С первого дня существования российская компания «РудХим» активно включилась в процесс импортозамещения и создания прогрессивных технологий получения высокоэффективных эмульгаторов, эмульсионных систем, реагентов для нефтедобычи, смазочно-охлаждающих жидкостей и другой необходимой добывающей отрасли продукции.*



ООО «РудХим» обладает полным циклом технологии: от производства компонентов принципиально нового вида сульфидоустойчивых эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) марки Аргунит РХ до создания средств зарядки и инструментов логистики – для подземных рудников с различным способом разработки, любым объемом потребления ВВ, независимо от удаленности от завода компании. Сочетание экономических факторов и других практических преимуществ позволяет сделать приоритетный выбор в сторону наливных взрывчатых веществ (ВВ).

Так, применение ЭВВ Аргунит РХ позволяет сократить расходы по ВВ на 25% при пересчете на 1 м<sup>3</sup> взорванной массы, а расходы на проведение буровзрывных работ – на 14%. Кроме того, технология «РудХим» позволяет избежать аварий, исключить некачественное взрывание, отказы, обусловленные обводненностью, потерю качества ВВ при хранении и зарядании, уменьшить потери ВВ за счет просыпей, снизить количество негабаритов, значительно сократить затраты при транспортировке и хранении ВВ.

Опыт применения эмульгаторов компании показывает, что при переходе на полимерные и смесевые эмульгаторы «РХ», снижается удельный расход при приготовлении топливной фазы более чем на 30%. Данная оптимизация гарантированно снижает себестоимость ЭВВ заказчика и, в целом, значительно сокращает финансовые затраты потребителя.

Опыт научной группы компании «РудХим» достаточен для разработки эмульгаторов оптимального состава в соответствии с индивидуальными требованиями Заказчика для производства эмульсий как на моно-, так и на бинарном растворе окислителя.

Полимерный эмульгатор РХ-П1 возможно использовать как для производства патронированного ЭВВ, так и для ЭВВ длительного хранения (от 12 месяцев).

По основным характеристикам эмульгаторы марки РХ не уступают по качеству лучшим образцам импортных эмульгаторов Lubrizol, Nelson Brazers и отечественным, таким как РЭМ-(2-9), ЭП, «ПолиРЭМ-0930» и прочие.



**Зарядчик шпуровой  
РХ-2.1**



**Зарядчик шпуровой  
РХ-2**



**Зарядчик переносной  
РХ-1**



### Вариант упаковки Матрицы эмульсионной РХ

За относительно короткий срок компании «РудХим» удалось завоевать признание отраслевых экспертов. Предприятие было признано победителем конкурса Национальной премии в области предпринимательской деятельности «Золотой Меркурий», удостоено национальной премии в области импортозамещения «Приоритет», присуждаемой Торгово-промышленной палатой РФ. Диплом в номинации «Приоритет-Химпром», а также звание лауреата всероссийского конкурса «100 лучших товаров России» получила продукция производства ООО «РудХим», обладающая уникальными свойствами.

Выпуск продукции осуществляется на современном отечественном оборудовании из российского сырья по собственной запатентованной технологии. Вся продукция выдержала лабораторные и промышленные испытания в производственных условиях

предприятий Белгородской, Кемеровской, Свердловской областей, Республики Беларусь, прошла все необходимые процедуры сертификации. Имеются соответствующие разрешения к постоянному применению на территории России и Республики Казахстан.

### КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ООО «РУДХИМ» НА ПОДЗЕМНОМ РУДНИКЕ осуществляется следующим образом:

- изучение способа ведения БВР, характеристики пород, применение ВВ, их количество и способ зарядания в подземных условиях заказчика;
- оформление технико-экономического обоснования целесообразности перехода предприятия на использования ЭВВ марок Аргунит РХ;
- проведение приемочных испытаний ЭВВ Аргунит РХ в условиях рудника с оформлением соответствующей научно-технической документации;
- содействие в оформлении научно-технической документации для получения разрешения к постоянному применению промышленного ЭВВ Аргунит РХ и в обучении персонала предприятия заказчика;
- совместно со специалистами подземных шахт и рудников разрабатывается ТЗ на тип средств зарядания, определяется их количество, уточняется логистика поставок компонентов, разрабатываются параметры паспорта БВР с учетом детонационных характеристик согласно конкретным горно-геологическим условиям.



ООО «РудХим»  
РФ, Белгородская обл., п. Яковлево, ул. Южная, 12  
+7 4722 50 02 31,  
[office@rudchem.ru](mailto:office@rudchem.ru);  
[Rudchem.ru](http://Rudchem.ru)

Код МРНТИ 38.61.19

\*Н.М. Итемен, Е.Ж. Муртазин

*Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)*

## ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛИТИЯ В ПОПУТНЫХ ПЛАСТОВЫХ РАССОЛАХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

**Аннотация.** Для казахстанской промышленности приоритетное направление в будущем – это добыча и получение чистых ценных компонентов и их соединений с дальнейшим развитием полупроводниковой, электронной, приборостроительной и других передовых отраслей науки и техники. В нефти обнаружено более 60 микроэлементов, а в попутных пластовых водах, представленных в основном рассолами, в промышленных масштабах содержатся хлористый натрий, хлористый кальций, другие соли и редкие элементы, такие как литий, стронций, цезий, рубидий, йод, бром, бор. В статье проведена оценка основных гидрогеологических и гидрогеохимических параметров, оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов и запасов кондиционных промышленных компонентов Западного Казахстана.

**Ключевые слова:** промышленные воды, попутные воды, пластовые рассолы, нефть и газ, литий, эксплуатационные запасы, естественные запасы, Западный Казахстан, гидрогеологические параметры.

### Батыс Қазақстанның мұнай және газ кен орындарының ілеспе қабаттық тұзды ерітінділерінде литийдің таралуын бағалау

**Андатпа.** Қазақстандық өнеркәсіп үшін болашақтағы басым бағыт-жартылай өткізгіш, электрондық, аспап жасау және ғылым мен техниканың басқа да озық салаларын одан әрі дамыта отырып, таза құнды компоненттер мен олардың қосылыстарын өндіру және алу. Мұнайда 60-тан астам микроэлементтер табылды, ал негізінен тұзды ерітінділермен ұсынылған ілеспе қабат суларында өнеркәсіптік масштабта натрий хлориді, кальций хлориді, басқа тұздар және литий, стронций, цезий, рубидий, йод, бром, бор сияқты сирек элементтер бар. Мақалада негізгі гидрогеологиялық және гидрогеохимиялық параметрлерді бағалау, болжамды пайдалану ресурстарын және Батыс Қазақстанның кондициялық өнеркәсіптік компоненттерінің қорларын бағалау жүргізілді.

**Түйінді сөздер:** өнеркәсіптік сулар, ілеспе сулар, қаттық тұзды ерітінділер, мұнай және газ, литий, пайдалану қорлары, табиғи қорлар, Батыс Қазақстан, гидрогеологиялық параметрлер.

### Assessment of lithium distribution in associated reservoir brines of oil and gas fields of Western Kazakhstan

**Abstract.** For the Kazakh industry, the priority direction in the future is the extraction and production of pure valuable components and their compounds with the further development of semiconductor, electronic, instrument making and other advanced branches of science and technology. More than 60 trace elements have been found in oil, and associated reservoir waters, represented mainly by brines, contain sodium chloride, calcium chloride, other salts and rare elements such as lithium, strontium, caesium, rubidium, iodine, bromine, boron on an industrial scale. The article evaluates the main hydrogeological and hydrogeochemical parameters, estimates the projected operational resources and reserves of conditioned industrial components.

**Key words:** industrial waters, associated waters, reservoir brines, oil and gas, lithium, operational reserves, natural reserves, Western Kazakhstan, hydrogeological parameters, hydrodynamics.

### Введение

В настоящее время наиболее привлекательным сырьем для извлечения лития являются природные рассолы и рапа соляных озер. Казахстан обладает необходимым потенциалом для производства лития. При разработке месторождений нефти и газа вместе с углеводородным сырьем извлекается значительное количество попутных пластовых вод, которые при наличии в них отдельных компонентов или их соединений являются гидроминеральным сырьем, поэтому исследование и поиск новых технологических решений с целью вовлечения в сферу переработки литийсодержащего гидроминерального сырья является важной и актуальной научно-технической задачей.

За последние сорок лет мировой уровень потребления литиевой продукции увеличился более чем в 2,5 раза за счет появления новых, бурно развивающихся

отраслей. Спрос на литий быстро растет из-за разнообразия его применения (аккумуляторные батареи, легкие авиационные сплавы, очистка воздуха, ядерный синтез, фармацевтика, производство синтетических каучуков, термоэластопластов, высокочистых литиевых солей, различных химических источников тока). Прогноз на 2025 г. показывает, что спрос на литий утроится за счет использования батарей, особенно для электромобилей; ожидается, что рынок лития вырастет с 184000 т/г карбоната лития до 534000 т/г. Для обеспечения растущего потребления лития необходимо увеличить его производство из различных источников. Природные ресурсы лития в основном связаны с месторождениями гранитно-пегматитового типа, рассолами соленых озер, морской водой и геотермальной водой. Среди них запасы лития в рассоле соленых озер,

морской воде и геотермальной воде составляют 70-80% от общих запасов, которые являются отличным сырьем для добычи лития. Мировые запасы лития составляют около 14 млн т, в основном 70-80% хранится в рассоле соленого озера, геотермальной воде и твердом литии, содержащемся в литиевой руде [1-3].

К низким промышленным концентрациям относится содержание лития в пластовых водах больше 10 мг/дм<sup>3</sup>. Такие концентрации содержат попутные воды ряда месторождений нефти и газа Западного Казахстана.

### Оценка основных гидрогеологических и гидрогеохимических параметров

Для оценки эксплуатационных запасов гидродинамическим методом необходимо точно знать параметры, характеризующие подземные промышленные воды



и вмещающие их породы. К числу основных гидрогеологических параметров относятся:

- 1) мощность водовмещающих пород;
- 2) фильтрационные свойства водовмещающих пород (коэффициент фильтрации, проницаемость, водопроводимость);
- 3) пьезопроводность водовмещающих пород, их упругие свойства, сжимаемость вод и пород;
- 4) температура подземных вод;
- 5) минерализация, плотность и вязкость подземных вод.

По данным поисково-разведочных работ на перспективных площадях определяются мощность и проницаемость водовмещающих пород, температура, минерализация и плотность подземных вод. К числу расчетных параметров отнесены:

▪ коэффициент фильтрации, определяемый соотношением:

$$K_{\phi} = 0,864 \times K_n \times \gamma_e / \mu; \quad (1)$$

▪ коэффициент пьезопроводности (рассчитывается по зависимости от фильтрационных и упругих свойств водовмещающих пород):

$$a = 1,157 \times K_{\phi} / \gamma_e \times \beta; \quad (2)$$

▪ коэффициент упругости  $\beta$ , рассчитываемый по зависимости от пористости водовмещающих пород и сжимаемости породы и жидкости:

$$\beta = \beta_c + n\beta_{жс}. \quad (3)$$

В формулах (1-3) приняты следующие условные обозначения:

- $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации, м/сут.;
- $a$  – коэффициент пьезопроводности, м<sup>2</sup>/сут.;
- $K_n$  – коэффициент проницаемости, Д;
- $\gamma_e$  – удельный вес воды, г/см<sup>3</sup>;
- $\mu$  – вязкость (значения вязкости определяются по графикам ее зависимости от температуры и минерализации воды);
- $n$  – пористость породы, доли единицы;
- $\beta_c$  и  $\beta_{жс}$  – сжимаемость, соответственно, скелета породы и пластовой жидкости, м<sup>-1</sup> (при отсутствии опытных данных определяются по существующим рекомендациям).

Для предварительных расчетов значение принято  $\beta_c = 1 \times 10^{-6} \text{ м}^{-1}$ . Сжимаемость пластовой жидкости с достаточной для практических целей точностью определяется по эмпирической формуле Мамуны с учетом формулы Додсона-Стендинга:

$$\beta_{жс} = (1 + 0,005V_0) \times (\beta_o - 7,16 \times 10^{-3} \times M/\gamma_e), \quad (4)$$

- где  $V_0$  – газовый фактор, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>,
- $M$  – минерализация пластовой воды, г/л,
- $\beta_o$  – коэффициент сжимаемости чистой воды (обычно принимается равным  $4,2 \times 10^{-6} \text{ м}^{-1}$ ).

Максимальная глубина динамического уровня не должна превышать 700-750 м от поверхности земли (в соответствии с возможностями современного насосного оборудования), при условии, что уровень на конец срока эксплуатации будет не ниже кровли водовмещающих пород. Кроме глубины динамического уровня учитываются газовый фактор, потери напора на трение в стволе скважины.

Для определения допустимой величины понижения уровня воды в эксплуатационной скважине используются следующие выражения:

▪ при положении уровня подземных вод выше поверхности земли:

$$H_{нас} + (H_{np} - H) - (S + \Delta S_{ис}) - \Delta H_{мп} + \Delta H_z \geq 0; \quad (5)$$

▪ при положении уровня ниже поверхности земли:

$$H_{нас} - (H - H_{np}) - (S + \Delta S_{ис}) - \Delta H_{мп} + \Delta H_z \geq 0, \quad (6)$$

где  $H_{нас}$  – рабочий напор насоса, принимается равным 750 м;

$H_{np}$  – приведенный уровень подземных вод, м;

$H$  – глубина от поверхности земли до кровли водовмещающих отложений, м;

$S$  – понижение пластового напора в пласте (на стенке одиночной скважины), м;

$\Delta S_{ис}$  – дополнительное понижение, связанное с характером и степенью вскрытия водовмещающих пород (несовершенство скважины), м;

$\Delta H_{мп}$  – потери напора при движении воды по стволу скважины, м;

$\Delta H_z$  – поправка на газовый фактор (увеличение напора вследствие газлифта), м.

Приведенный к пластовым условиям напор подземных вод определяется выражением:

$$H_{np} = (100 \times P_n) / \gamma_e, \quad (7)$$

где  $P_n$  – пластовое давление, МПа.

Понижение уровня на стенке одиночной скважины  $S$  определяется по формуле (8), в которой значение гидравлического (фильтрационного) сопротивления  $R$  зависит от схематизации гидрогеологических условий и выбранных расчетных граничных условий:

$$S = (Q \times R) / 4\pi \times km. \quad (8)$$

Предварительные расчеты проводятся для одиночных скважин применительно к двум схемам:

▪ неограниченный водоносный пласт:

$$R = \ln(2,25at/r^2) \quad (9)$$

при условии  $(r^2/4at) \leq 0,1$ ;

▪ пласт, ограниченный круговым контуром питания:

$$R = 2\ln(R_k/r), \quad (10)$$

где  $t$  – время работы водозабора, сут. (обычно 10000 сут);

$r$  – радиус одиночной скважины, м (для расчетов принят равным 0,06 м);

$R_k$  – радиус контура пласта, м, определяемый как:  $R_k = \sqrt{F/\pi}$ ,

$F$  – площадь структуры, м<sup>2</sup>.

Дополнительное понижение, вызванное несовершенством скважины, определяется выражением:

$$\Delta S_{ис} = Q \times (\xi_1 + \xi_2) / 2\pi \times km, \quad (11)$$

где  $Q$  – дебит скважины, м<sup>3</sup>/сут.;

$k$  – коэффициент фильтрации, м/сут.;

$m$  – мощность водоносного горизонта, м;

$\xi_1$  – дополнительное сопротивление, определяемое несовершенством скважины по степени вскрытия водовмещающих пород;

$\xi_2$  – дополнительное сопротивление, определяемое несовершенством скважины по характеру вскрытия водовмещающих пород.

Значение  $\xi_1$  определяется по таблицам и графикам в зависимости от отношений вскрытой мощности пласта (длины фильтра) к общей мощности пласта и мощности пласта к радиусу скважины. Для предварительных расчетов принимается, что длина фильтра равна не менее 10% от мощности водоносного пласта, а радиус скважины – не менее 0,06 м.

Величина  $\xi_2$  рассчитывается по эмпирической формуле В.И. Шурова:

$$\xi_2 = 425/(l + 1,5) \times Nd - 0,6, \quad (12)$$

где  $l$  – длина пулевых каналов, см;

$d$  – диаметр пулевых отверстий, см;

$N$  – число пулевых отверстий на 1 м фильтра.

Для предварительных расчетов приняты следующие значения:  $l = 10$  см,  $d = 1$  см и  $N = 20$ . Соответственно, значение  $\xi_2$  составит:  $\xi_2 = 425/(10 + 1,5) \times 20 \times 1 - 0,6 = 1,25$ .

Потери напора при движении воды по стволу скважины рассчитываются с использованием формулы Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta H_{мп} = 1,1 \times 10^{-11} \times \lambda \times L \times Q^2 / d^5 \quad (13)$$

$$\lambda = 0,021/d^{0,3},$$

где  $L$  и  $d$  – соответственно, длина и внутренний диаметр водоподъемных труб; принимаются равными, соответственно, 750 м и 0,122 м;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления, который составит 0,0395;

$Q$  – дебит скважины, м<sup>3</sup>/сут.

Растворенный в подземных водах газ способствует работе скважин по типу газлифта. Поправка на газовый фактор определяется по преобразованной формуле Е.Е. Керкиса:

$$\Delta H_z = 10 \times V_0 \times P_0 \times \tau / \gamma_w \times \times [\ln(P_z/P_{изб}) - (P_z - P_{изб})/P_z], \quad (14)$$

где  $V_0$  – газовый фактор, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$P_0$  – атмосферное давление; принимается равным 0,1 МПа;

$P_z$  – упругость растворенного газа (давление насыщения жидкости газом); по литературным источникам ориентировочно для углеводородных газов составляет 14,7 МПа;

$P_{изб}$  – избыточное давление на устье скважины, плюс атмосферное давление, МПа;

$\gamma_w$  – удельный вес воды, г/см<sup>3</sup>;

$\tau$  – температурный коэффициент, равный  $1 + T_w/273$ ;

$T_w$  – температура воды, °С.

### Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов и запасов кондиционных промышленных компонентов

Запасы подземных вод, как полезного ископаемого, подразделяются на естественные запасы и естественные ресурсы. В связи с хозяйственным использованием подземных вод введено понятие «эксплуатационные запасы». Интенсивная эксплуатация подземных вод выявила необходимость введения понятий об искусственных запасах и привлекаемых ресурсах.

Эксплуатационные запасы подземных вод представляют собой количество вод, которое может быть получено на месторождении с помощью рациональных в технико-экономическом отношении водозаборных сооружений при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям ее целевого использования в течение расчетного срока водопотребления. Эксплуатационные запасы выражаются в объемных расходах воды (в м<sup>3</sup>/сут). Кроме того, для промышленных вод подсчитываются запасы полезных компонентов (в тоннах за расчетный срок эксплуатации). Эксплуатационные запасы обеспечиваются естественными запасами и ресурсами, искусственными запасами и привлекаемыми ресурсами.

Естественные запасы следует рассматривать как массу подземных вод, заключенных в поровом пространстве продуктивных водоносных горизонтов внутри контура

месторождения (участка), которая может быть высвобождена за счет гравитационных сил. Полная масса воды в поровом пространстве продуктивных горизонтов представляет собой геологические запасы, т. е. массу воды с учетом ее полезных свойств, сформированную за геологическое время.

Геологические запасы включают в себя так называемые упругие запасы, высвобождающиеся из порового пространства при частичной или полной сработке пластового давления. В случае снижения уровня ниже кровли продуктивного комплекса может быть извлечена гравитационная масса воды, определяемая коэффициентом водоотдачи и объемом осушенных водо-вмещающих пород. Эта масса воды также является частью геологических запасов и может быть названа емкостными запасами.

В нашем случае естественные запасы, участвующие в формировании эксплуатационных запасов подземных вод, складываются обычно из упругих запасов. Отметим, что если естественные запасы пресных вод (масса воды в горизонте) могут возобновляться, то естественные запасы промышленных вод в артезианских бассейнах, как правило, не возобновляются.

Естественные ресурсы обеспечивают питание водоносного горизонта в ненарушенных эксплуатацией условиях и выражаются расходами воды (л/с; м<sup>3</sup>/сут.). В нашем случае в расчеты не принимаются.

Искусственные запасы возникают при разработке продуктивных горизонтов на месторождениях промышленных вод с обратной закачкой использованных (отработанных) вод. Их следует понимать, как дополнительное количество воды (полезных компонентов), которое может быть получено из продуктивного горизонта в сравнении с вариантом разработки без применения обратной закачки<sup>1-3</sup>.

Соотношение между эксплуатационными запасами и источниками

их обеспеченности для промышленных подземных вод может быть представлено выражением:

$$Q_z = a \times v_e/t_z + c \times v_u/t_z + Q_{пр}, \quad (15)$$

где:  $Q_z$  – эксплуатационные запасы;

$Q_{пр}$  – привлекаемые ресурсы;

$v_u$  – искусственные запасы;

$a, c$  – коэффициенты использования, соответственно, естественных и искусственных запасов;

$t_z$  – срок эксплуатации месторождения.

Из всех перечисленных видов запасов и ресурсов официально подсчитываются и учитываются эксплуатационные запасы подземных вод, которые при утверждении ГКЗ РК или ТКЗ являются основой для проектирования водозаборных сооружений и предприятий, использующих промышленные подземные воды (заводы по извлечению полезных компонентов).

Эксплуатационные запасы оцениваются по результатам разведочных гидрогеологических работ и на основании наблюдений при эксплуатации действующих водозаборов подземных вод. Помимо эксплуатационных запасов в некоторых случаях оцениваются прогнозные ресурсы, которые отражают потенциальные эксплуатационные возможности артезианских бассейнов, гидрогеологических массивов, отдельных регионов. Они подсчитываются, как правило, на основе имеющейся геолого-гидрогеологической, геофизической и другой информации с использованием специальных методических приемов.

Согласно действующей классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод (утверждена приказом министра природных ресурсов и охраны окружающей среды РК 07 февраля 2000 г. №55-н), эксплуатационные запасы делятся по степени изученности на освоенные, разведанные и оцененные (выявленные).

Эксплуатационные запасы подземных вод устанавливаются путем расчета водозаборов, в процессе которого следует:

1) обосновать расчетную гидрогеологическую схему;

<sup>1</sup>Бондаренко С.С., Ефремочкина Н.В. Изыскания и оценка запасов промышленных подземных вод. – М.: Недра, 1971. – 244 с.

<sup>2</sup>Временные требования к изучению и подсчету запасов попутных вод нефтяных и газонефтяных месторождений как источника минерального сырья. – Алматы: ГКЗ РК, 1995. – 19 с.

<sup>3</sup>Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. – Алматы: ГКЗ РК, 1997. – 9 с.

**Таблица 1**  
**Геолого-гидрогеологические параметры перспективных площадей Восточно-Каспийской области промышленных вод по данным поисково-разведочных работ на углеводородное сырье**

**Кесте 1**  
**Көмірсутек шикізатын іздестіру және барлау деректері бойынша Шығыс Каспий аймағының өндірістік суларының перспективалық учаскелерінің геологиялық және гидрогеологиялық көрсеткіштері**

**Table 1**  
**Geological and hydrogeological parameters of promising areas of the East Caspian region of industrial waters according to the data of prospecting and exploration for hydrocarbon raw materials**

Площадь	Индекс горизонта	Водовмещающие отложения	Размер, км <sup>2</sup>	Средняя глубина кровли горизонта, м	Пористость, %	Мощность, м	Проницаемость, мкм <sup>2</sup> = Д	Температура воды, °С	Пластовое давление, МПа	Минерализация воды, г/л	Плотность воды, г/см <sup>3</sup>	Газовый фактор, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Вязкость воды, сП
Жанажол	P <sub>1</sub>	алевролиты, известняки	232	2971	11	120	0,104	63	30,4	104,6	1,063	0,45	0,46
	C <sub>2-3</sub>	известняки, доломиты	232	3469	12	105	0,18	81	38,6	99	1,059	1,3	0,36
Кенкияк	P <sub>1 kg</sub>	галогенные породы	28	3881	8	400	0,0002	67	42	242	1,177	0,15	0,75
	P <sub>1 ar-as</sub>	алевролиты, известняки	28	4069	14	160	0,17	72	67,7	96,5	1,069	0,45	0,40
	C <sub>1</sub> + C <sub>2-3</sub>	известняки, доломиты	28	4363	9	105	0,12	81	79,6	110	1,083	1,8	0,38
Урихтау	P <sub>1 ar</sub>	ангидриты, алевролиты	28,6	2460	14	190	0,11	55	30,3	196,5	1,154	0,5	0,74
	C <sub>1</sub> + C <sub>2-3</sub>	известняки, доломиты	57,6	3116	12	120	0,08	64	33,1	85	1,058	2,7	0,48

2) определить размеры эксплуатационного участка, т. е. участка водозабора;

3) обосновать рациональную схему расположения скважин в пределах эксплуатационного участка;

4) обосновать режим работы (дебитов и понижений динамических уровней) скважин водозабора в течение расчетного срока эксплуатации.

Схематизация природных гидрогеологических условий месторождения подземных промышленных вод предусматривает обоснование границ промышленной водоносной зоны по простираению, а также в разрезе месторождения. Для выполнения аналитических гидродинамических расчетов природные гидрогеологические условия должны приводиться к сравнительно простым расчетным схемам.

Схематизация условий разработки месторождений при подсчете эксплуатационных запасов заключается в том, что скважины

**Таблица 2**  
**Расчетные гидрогеологические параметры промышленных вод перспективных площадей Восточно-Каспийской области**

**Кесте 2**  
**Шығыс Каспий аймағының перспективалық аудандарының өндірістік суларының есептік гидрогеологиялық көрсеткіштері**

**Table 2**  
**Calculated hydrogeological parameters of industrial waters of promising areas of the East Caspian region**

Площадь	Приведенный напор, м	Глубина статического уровня, м	Коэффициент фильтрации, м/сут.	Коэффициент водопроницаемости, м <sup>2</sup> /сут.	Сжимаемость пластовой воды, $n \times 10^{-6}$ 1/м	Коэффициент упругости, $n \times 10^{-6}$ 1/м	Коэффициент пьезопроводности, м <sup>2</sup> /сут
Жанажол	2860	111	0,208	24,9	3,57	1,39	162228
	3645	+176	0,457	48,0	3,76	1,45	344417
Кенкияк	3568	313	0,0003	0,1	2,75	1,22	219
	6333	+2264	0,393	62,8	3,63	1,51	281599
	7350	+2987	0,295	31,0	3,79	1,34	235462
Урихтау	2626	+166	0,148	28,2	3,06	1,43	104077
	3129	+13	0,152	18,3	4,11	1,49	111541

расчетного водозабора располагаются в виде удобных для выполнения гидродинамических или гидравлических расчетов правильных геометрических систем.

При схематизации гидрогеологических условий необходимо учитывать изменение параметров пласта (мощности, коэффициента фильтрации, водопроводимости) на площади эксплуатационного участка и месторождения в целом. Если амплитуда изменения этих параметров невелика или в этом изменении нет четко прослеживаемых закономерностей, то для аналитических расчетов могут быть использованы средневзвешенные по площади участка параметры и пласт в этом случае принимается условно однородным.

Размеры эксплуатационного участка (и, следовательно, площади проектного водозабора) определяются его геолого-тектоническим строением и гидрогеологическими условиями. При сравнительно однородном строении и фильтрационных свойствах водоносного горизонта и спокойном залегании их в пределах (и за пределами) эксплуатационного участка размеры площади водозабора зависят в основном от параметров промышленной водоносной зоны, поскольку они определяют дебиты отдельных скважин (с учетом их взаимодействия), их число и схему расположения на водозаборе.

Показатели эксплуатации устанавливаются путем последовательных вариантных гидродинамических расчетов, сопровождаемых геолого-экономическим анализом, который проводится с целью выбора наиболее экономически эффективной системы разработки, обеспечивающей добычу максимального количества подземных вод при сохранении ее себестоимости на уровне допустимой стоимости.

При оценке эксплуатационных запасов глубоких подземных вод необходимо учитывать дебиты

скважин и понижения в них динамических уровней от поверхности. И дебиты, и понижения уровней должны быть максимальными для гидрогеологических условий оцениваемого горизонта. Это обеспечивает, с одной стороны, наиболее полную оценку эксплуатационных запасов, с другой – наилучшие технико-экономические показатели эксплуатации водозабора. Однако практически в большинстве случаев расчетные дебиты скважин и понижения в них уровней от поверхности для промышленных и термальных вод приходится ограничивать мощностью применяемого насосного оборудования.

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод производится обычно тремя методами: балансовым, гидравлическим и гидродинамическим.

*Балансовый метод* основан на анализе приходных и расходных статей баланса подземных вод. Для промышленных подземных вод платформенных областей, характеризующихся большой глубиной залегания, весьма малыми реальными скоростями фильтрации в естественных условиях, часто полным отсутствием проявления на поверхности и обычно широким региональным распространением, оценка эксплуатационных запасов этим методом неприемлема.

*Гидравлический метод* основан на изучении связи дебита и понижения динамического уровня при установившемся притоке подземных вод к одиночным и взаимодействующим скважинам. Оценка эксплуатационных запасов в этом случае производится путем гидравлических расчетов на основе экстраполяции полученных опытных данных. Этот метод широко применяется при оценке эксплуатационных запасов в сложных гидрогеологических условиях, не поддающихся простейшей схематизации для обоснованных гидродинамических расчетов.

*Гидродинамический метод* широко используется для оценки эксплуатационных запасов подземных промышленных вод. Метод основан на прогнозных расчетах изменения дебитов и уровней с учетом параметров водоносных пород, определяемых по данным опытных гидрогеологических работ в период разведки месторождений.

Оценка эксплуатационных запасов промышленных вод проведена по перспективным площадям Восточно-Каспийской области промышленных вод (площади Жанажол, Кенкияк, Урихтау). Расчеты проведены для пластовых вод солевых и подсолевых нижнепермских отложений и карбонатных отложений карбона. В табл. 1 представлены геолого-гидрогеологические параметры водовмещающих пластов и пластовых вод, выявленные по данным поисково-разведочных работ, проведенных ранее. В табл. 2 и 3 сведены результаты вычисления расчетных гидрогеологических параметров и расчеты эксплуатационных запасов промышленных вод.

Оценка эксплуатационных запасов проведена при условии постоянного дебита эксплуатационной скважины для двух вариантов расчетных схем: неограниченный водоносный пласт и пласт, ограниченный круговым контуром питания.

Предварительные расчеты проведены при значении эксплуатационного дебита в 1000 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Период эксплуатации принят равным 1000 сут. В последующем расчеты уточнялись подбором величины эксплуатационного дебита в соответствии с формулами (6) и (7) для определения допустимой величины понижения уровня промышленных вод в эксплуатационной скважине.

Величина эксплуатационных запасов промышленных вод Восточно-Каспийской области по трем перспективным площадям оценивается<sup>4-6</sup> в 28,35 тыс. м<sup>3</sup>/сут. [4], в том числе по подсолевым

<sup>4</sup>Методические рекомендации по геолого-экономическому обоснованию попутных вод нефтяных месторождений в качестве минерального сырья. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1992. – 35 с.

<sup>5</sup>Бондаренко С.С. Методы поисков и оценки прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов промышленных вод. – М.: Недра, 1988. – 94 с.

<sup>6</sup>Сабирова Ж.С. и др. Отчет по теме 4-97: «Оценка перспектив использования попутных и пластовых вод в качестве источника гидроминерального сырья при комплексном освоении нефтегазовых месторождений Казахстана» за 1994-1997 гг. Алматы: РГФ, 1997.

Таблица 3  
 Результаты расчета эксплуатационных запасов промышленных вод перспективных площадей  
 Восточно-Каспийской области промышленных вод

Кесте 3

Шығыс Каспий өңірінің өндірістік суларының перспективалық аудандарының өндірістік суларының пайдалану қорларын есептеу нәтижелері

Table 3

Results of calculating the operational reserves of industrial waters of promising areas of the East Caspian region of industrial waters

Площадь	Эксплуатационные запасы промышленных вод $Q, \text{ м}^3/\text{сут}$	Понижение уровня в скважине $S, \text{ м}$	Дополнительное понижение (несовершенство скважины) $S_{nc}, \text{ м}$	Потери напора на трение $H_{np}, \text{ м}$	Поправка на газовый фактор $H_z, \text{ м}$	Допустимое понижение, м
						$H_{нас} + (H_{np} - H) - (S + S_{nc}) - H_{np} + H_z$
						$H_{нас} - (H - H_{np}) - (S + S_{nc}) - H_{np} + H_z$
Жанажол	1550	137,6	464,8	29,0	2,1	9,6
	3780	178,8	570,1	172,3	1,8	6,6
Кенкияк	3,5	54,3	376,9	0,0	0,6	6,8
	10380,0	372,8	1334,1	1299,1	0,1	8,1
	9000,0	650,2	2101,6	976,6	0,9	9,5
Урихтау	2240,0	173,1	679,0	60,5	0,6	3,6
	1400,0	167,1	572,2	23,6	9,9	9,6
Всего по $P_1$	14170,0					
Всего по С	14180,0					
Итого	28350,0					

нижнепермским – 14,17 тыс. м<sup>3</sup>/сут., карбонатным отложениям карбона – 14,18 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Запасы промышленных вод солевых нижнепермских отложений незначительны.

Для выявления систем связей в химическом составе пластовых вод и анализа генезиса и пространственного распространения подземных промышленных вод использованы методы математической статистики для обработки данных по химическому составу пластовых вод разновозрастных комплексов, которые были статистически

обработаны на специализированном программном комплексе.

**Заключение**

В пределах Восточно-Каспийской области промышленные воды пространственно совпадают с Жанажол-Кенкиякской зоной нефтегазонакопления, в пределах которой проанализированы данные по трем площадям. Эксплуатационные запасы промышленных вод оценены в 28,35 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Основными исходными показателями являются производительность промысла, расчетный срок

эксплуатации, содержание полезных компонентов, их запасы и коэффициенты извлечения. Они определяются в результате поисковых и разведочных работ и технологических исследований. Цена единицы продукции принимается на основании действующих рыночных цен.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оценку конкретных участков для реализации опытно-промышленной технологии извлечения полезных компонентов из пластовых рассолов месторождений углеводородного сырья.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Wang J., Chen M., Chen H., Luo T., Xu Z. Исследование выщелачивания отработанных литий-ионных аккумуляторов. // *Procedia Environmental Sciences: 7-я Международная конференция по обращению с отходами и технологиям. – 2012. – Вып. 16. – С. 443-450 (на английском языке)*
2. Gabra G.G. Экстракция хлорида лития n-бутанолом. // *Гидрометаллургия. – 1978. – Вып. 3. – С. 23-33 (на английском языке)*
3. Jianfeng Song и др. Извлечение лития из рапы соленых озер с высоким соотношением Mg/Li с использованием  $\text{Na}[\text{FeCl}_4 \times 2\text{TBP}]$  в качестве экстрагента: термодинамика, кинетика и процессы. // *Гидрометаллургия. – 2017. – Вып. 173. – С. 63-70 (на английском языке)*

4. Gou L.-F., Jin Z. и др. Изотопы лития в среднем течении реки Хуанхэ: сезонная изменчивость, источники и фракционирование. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2019. – Т. 248. – С. 88-108 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Wang J., Chen M., Chen H., Luo T., Xu Z. Қолданылған литий-ионды батареяларды сілтілеуді зерттеу. // *Procedia Environmental Sciences: Қалдықтарды басқару және технологиялар бойынша 7-ші халықаралық конференция*. – 2012. – Шығ. 16. – Б. 443 – 450 (ағылшын тілінде)
2. Gabra G.G. Литий хлоридін n-бутанолмен алу. // *Гидрометаллургия*. – 1978. – Шығ. 3. – Б. 23–33 (ағылшын тілінде)
3. Jianfeng Song және т.б. Экстрагент ретінде  $\text{Na}[\text{FeCl}_4 \times 2\text{TBP}]$  пайдалана отырып, Mg/Li қатынасы жоғары тұзды көл тұзды суынан литийді алу: Термодинамика, кинетика және процестер // *Гидрометаллургия*. – 2017. – Т. 173. – Б. 63-70 (ағылшын тілінде)
4. Gou L.-F., Jin Z. және т.б. Сары өзеннің ортасындағы Ли изотоптары: маусымдық өзгергіштік, көздер және фракциялар. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2019. – Т. 248. – С. 88-108 (ағылшын тілінде)

#### REFERENCES

1. Wang J., Chen M., Chen H., Luo T., Xu Z. Leaching study of spent Li-ion batteries. // *Procedia Environmental Sciences: The 7th International Conference on Waste Management and Technology*. – 2012. – Vol. 16. – P. 443-450 (in English)
2. Gabra G.G. Lithium chloride extraction by n-butanol // *Hydrometallurgy*. – 1978. – Vol. 3. – P. 23-33 (in English)
3. Jianfeng Song et al. Recovery of lithium from salt lake brine of high Mg/Li ratio using  $\text{Na}[\text{FeCl}_4 \times 2\text{TBP}]$  as extractant: Thermodynamics, kinetics and processes. // *Hydrometallurgy*. – 2017. – Vol. 173. – P. 63-70 (in English)
4. Gou L.-F., Jin Z.D. et al. Li isotopes in the middle Yellow River: Seasonal variability, sources and fractionation. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2019. – Vol. 248. – P. 88-108 (in English)

#### Сведения об авторах:

**Итемен Н.М.**, PhD докторант Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [nurbol\\_itemen@mail.ru](mailto:nurbol_itemen@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-2551-9020>

**Муртазин Е.Ж.**, канд. геол.-минерал. наук, заместитель директора Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [ye\\_murtazin@list.ru](mailto:ye_murtazin@list.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7404-4298>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Итемен Н.М.**, Satbayev University, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

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

#### Information about authors:

**Itemen N.M.**, PhD Student at the Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Murtazin Ye.Zh.**, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Director at the Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U.M. Ahmedsafin of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

*Авторы высоко отмечают поддержку Комитета геологии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Данная работа была выполнена в рамках программы «Тепло-энергетический, минерально-сырьевой и лечебно-оздоровительный потенциал термоминеральных и промышленных подземных вод Казахстана. Оценка состояния и тенденций изменения гидрогеохимических показателей подземных вод под влиянием природно-климатических изменений и антропогенных нагрузок» (Грант №BR10262555)*

Крупнейшее событие в  
геолого-геофизической  
области в России

г. Москва  
Гибридный формат

VI геолого-геофизическая конференция

# Geo Eurasia 2023

ГеоЕвразия-2023  
Геологоразведочные  
технологии - наука и бизнес

[www.gece.moscow](http://www.gece.moscow)

27-29 марта 2023 г.

**+200**  
докладов

**+400**  
участников

**+200**  
компаний

Успейте подать доклад  
до **10 февраля 2023**



Код МРНТИ 38.39.15

А.Н. Есендосова, А.Д. Маусымбаева, Ф.М. Исатаева, \*К.Б. Каскатаева

*Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова»  
(г. Караганда, Казахстан)*

## ЭНДОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛАЙГЫР

**Аннотация.** В статье показаны результаты детального изучения минерального состава вмещающих пород месторождения Алайгыр. Представлены характеристика вещественного состава исследованных проб руды, гранулометрический состав дробленого материала с распределением элементов по классам крупности, а также минеральный и химический состав. Был выполнен фазовый анализ серебра и свинца в рудах. Рассмотренный вещественный состав руд показывает связь рудообразования с разновозрастными отложениями. Пересечение рудными телами вулканогенных и осадочных толщ позволяет определить возраст и условия формирования оруденения, что дает возможность более детально изучить полиметаллические месторождения для разработки, доработки и эксплуатации месторождений свинца и цинка.

**Ключевые слова:** вещественный состав, рудные месторождения, эндогенные формации, минеральный состав, гидротермальный, рудогенез, свинец.

### Алайгыр кен орнының эндогендік кенді түзілімдері

**Анапта.** Мақалада Алайгыр кен орнындағы жыныстардың минералды құрамын егжей-тегжейлі зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттелген кен сынамаларының заттық құрамының сипаттамасы ұсынылған, сонымен қатар элементтердің үлкендік кластары бойынша бөлінуімен ұсақталған материалдың гранулометриялық құрамы, минералды және химиялық құрамы зерттелген, кендердегі күміс пен қорғасынның фазалық талдауы жүргізілген. Кендердің қарастырылған заттық құрамы кен түзілуінің әртүрлі жастағы шөгінділермен байланысын көрсетеді. Кен денелерінің вулканогендік және шөгінді қабаттарды кесіп өтуі кенденудің пайда болу жасы мен жағдайларын анықтауға мүмкіндік береді бұл қорғасын мен мырыш кен орындарын игеру, пысықтау және пайдалану үшін полиметалл кен орындарын егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** заттық құрамы, кен кен орындары, эндогендік түзілімдер, минералды құрамы, гидротермиялық, рудогенез, қорғасын.

### Endogenic ore formations of the Alaiyr deposit

**Abstract.** The article shows the detailed results of studying the composition of the host rocks of the Alaiyr deposit. The characteristics of the studied composition of the studied ore samples are presented and the granulometric composition of the crushed material is also sent with emissions of elements by size class, mineral and chemical composition, an analysis of silver and lead in the ore was performed. The exclusively included composition of ore formation shows the relationship of ore formation with deposits of different ages. The intersection of the ore bodies of volcanogenic and sedimentary strata makes it possible to determine the age and conditions of formation of the bodies, which makes it possible to study polymetallic deposits in more detail for the development, refinement and exploitation of the deposit of lead and zinc.

**Key words:** expanded composition, ore deposits, endogenous formations, mineral composition, hydrothermal, ore genesis, lead, ore formation, Paleozoic, metamorphism.

### Введение

Современные теории рудогенеза отводят важное место глубинным рудообразующим растворам, являющимся источником значительной части рудных месторождений. В связи с этим предпринимались многочисленные попытки выяснить связь эндогенного оруденения с глубинным строением земной коры и верхней мантии. В Центральном Казахстане сосредоточено большинство полиметаллических месторождений как по числу объектов, так и по разнообразию типов. В этом же регионе находится большинство месторождений меди, свинца и цинка, эксплуатируемых в настоящее время. Большие запасы свинца и цинка содержатся в стратиформных месторождениях, среди которых имеются объекты с относительно богатым оруденением.

В настоящее время основные запасы полиметаллических месторождений на ряде вовлеченных в эксплуатацию объектов отработаны, но в зависимости от экономических и горнотехнических условий, а также содержания полезных компонентов

промышленное значение могут иметь месторождения полиметаллических руд с небольшими суммарными запасами (100-200 тыс. т в пересчете на металл), средними (200-500 тыс. т) или крупными (свыше 1 млн т). Поиск и разведка новых перспективных площадей с промышленным оруденением из-за сложных условий размещения свинцо-цинковой минерализации затруднены. Решение данной проблемы является актуальной задачей и требует более детального подхода. В этой связи есть необходимость определения возрастных рубежей рудообразования и взаимосвязи с геодинамической обстановкой.

Казахстан территориально расположен во внутриконтинентальном Урало-Монгольском складчатом поясе [1]. Значительную часть его площади занимают палеозоиды, меньшую – молодые платформы и выступы докембрийского основания. В соответствии с тектоническим районированием и формационно-металлогеническим анализом в складчатых областях палеозоид Казахстана, на основе геосинклинальной

концепции развития<sup>1, 2</sup> [2, 3] было выделено большое число структурно-металлогенических зон, каждая из которых представляла собой набор разнородных металлогенических комплексов, как правило, не воспроизводимый в других металлогенических зонах, что дало начало существенному снижению прогностической ценности такого рода карт [4].

Палеозойские складчатые области занимают обширную территорию Казахстана, составляя западную часть Центрально-Азиатского пояса, образование которого происходило на протяжении сотен миллионов лет (рис. 1). По возрасту главной складчатости и других ведущих деформаций казахстанские палеозоиды подразделяются на каледониды и варисциды, состоящие из различных тектонических зон. Стратиграфические и магматические комплексы этих зон возникли на месте разнотипных палеоструктур, различавшихся геодинамическими обстановками. Современное изучение геодинамической обстановки палеозоид Казахстана позволяет выяснить возраст

<sup>1</sup>Парцлов Ю.С. Генезис основных типов месторождений цветных металлов Казахстана. – Алматы, 2012. – 266 с.

<sup>2</sup>Байбатша А.Б. Геология месторождений полезных ископаемых. – Алматы, 2008. – 322 с.



Таблица 1  
 Результаты гранулометрического анализа пробы окисленной руды (Институт ТОМС, 2018 г.)  
 Кесте 1  
 Тотыққан кен үлгісінің гранулометриялық талдауының нәтижелері (ТОМС институты, 2018 ж.)  
 Table 1  
 Results of granulometric analysis of a sample of oxidized ore (TOMS Institute, 2018)

Класс крупности, мм	Выход класса, %	Суммарный выход, %	Содержание, % (г/г)*				Распределение, %			
			Pb	Ag*	Fe	S	Pb	Ag	Fe	S
-2+1,7	7,00	100,00	1,67	16,2	0,85	0,088	2,86	7,42	6,39	5,05
-1,7+1,0	24,36	93,00	1,27	10,2	0,70	0,083	7,56	16,22	18,39	16,53
-1,0+0,85	5,50	68,64	2,29	14,3	0,51	0,092	3,08	5,14	3,03	4,14
-0,85+0,5	13,80	63,14	2,51	14,1	0,82	0,096	8,46	12,70	12,21	10,83
-0,5+0,425	5,20	49,35	3,35	13,9	0,83	0,10	4,26	4,72	4,66	4,25
-0,425+0,3	6,67	44,14	2,95	14,4	1,03	0,10	4,81	6,27	7,41	5,45
-0,3+0,212	5,34	37,47	3,71	16,9	1,12	0,11	4,84	5,89	6,45	4,80
-0,212+0,14	5,75	32,13	4,64	15,1	0,78	0,11	6,51	5,67	4,84	5,17
-0,14+0,106	3,42	26,39	5,45	19,3	0,94	0,16	4,55	4,31	3,47	4,47
-0,106+0,075	3,27	22,97	8,88	21,8	1,28	0,15	7,10	4,66	4,52	4,01
-0,075+0,053	2,95	19,69	6,58	18,8	0,88	0,16	4,74	3,62	2,80	3,86
-0,053+0,045	0,25	16,74	4,60	19,6	1,32	0,14	0,28	0,31	0,35	0,28
-0,045+0,038	1,91	16,50	5,90	20,0	1,02	0,20	2,75	2,49	2,10	3,12
-0,038+0,020	2,50	14,59	8,42	21,6	1,37	0,21	5,14	3,52	3,69	4,29
-0,020+0	12,09	12,09	11,2	21,6	1,51	0,24	33,08	17,05	19,70	23,73
<b>Итого</b>	100,0	–	4,09	15,3	0,93	0,12	100	100,0	100,0	100,0

стратиграфических, интрузивных комплексов, а также пород офиолитовой ассоциации. Сопоставляя новые данные, авторы обобщили и показали основные этапы формирования и особенности геологической структуры полиметаллического оруденения, необходимые для дальнейшего изучения Центрального Казахстана.

#### Методика исследования

Среди типов полиметаллических месторождений один из важнейших – гидротермальный, очень широко распространенный по всему миру и являющийся значимым источником железа, меди, свинца, цинка, молибдена, золота, вольфрама, олова и других металлических минералов, что привлекает к нему внимание минералогов всего мира и придает ему очень важное экономическое и промышленное значение.

В рамках работы по разработке рациональной технологии обогащения руд месторождения Алайгыр в Институте ТОМС проведена комплексная научно-исследовательская

работа, а также осуществлен анализ ранее выполненных исследований. Компанией Wardell Armstrong International (WAI) были изучены четыре пробы руды: окисленная Восточного и Западного участков, рядовая сульфидная и богатая сульфидная. Из двух проб окисленной руды (участки Западный и Восточный) была сформирована композитная проба (50:50), на которой были выполнены технологические испытания методом флотации, исследования по сгущаемости и фильтруемости продуктов обогащения, изучен вещественный состав руды<sup>3</sup>. В 2018 г. Институтом ТОМС были исследованы 5 вариативных проб, отобранных с различных глубин залегания на месторождении Алайгыр. На пробах определены индексы абразивности и установлена степень упорности руды к измельчению в мельнице полусамозмельчения в соответствии с методиками Джона Старки SAGDesign Test [5]. В 2018 г. были

исследованы две композитные пробы руды месторождения Алайгыр – окисленная и сульфидная.

На основе анализа материалов установлена двуэтапность оруденения на месторождении Алайгыр. В каждом из этапов выделен ряд последовательных стадий продуктивного минералообразования и определена закономерность распределения основных рудообразующих и сопутствующих компонентов, в том числе золота, серебра и других элементов примесей.

Район месторождения расположен в восточной части Успенского синклинория, являющегося одной из палеозойских структур Центрального Казахстана. Для него характерны линейные складки, вытянутые в северо-восточном направлении, с крутыми залеганиями крыльев, продольными сдвигами, надвигами и расланцеванием<sup>4</sup>.

Процесс образования месторождения условно разделен на три стадии. В первую, дорудную стадию широко

<sup>3</sup>Медведев В.К. Разведка свинцового месторождения Алайгыр. – Караганда, 1988. – 15 кн.

<sup>4</sup>Доразведка свинцового месторождения Алайгыр. / Отчет Алайгырской партии о доразведке свинцового месторождения Алайгыр. – Караганда: Тау-Кен Самрук, 2018. – 263 с.

Таблица 2  
 Результаты гранулометрического анализа пробы сульфидной руды (Институт ТОМС, 2018 г.)  
 Кесте 2  
 Сульфидті кен үлгісінің гранулометриялық талдауының нәтижелері (ТОМС институты, 2018 ж.)  
 Table 2  
 Results of granulometric analysis of a sample of sulfide ore (TOMS Institute, 2018)

Класс крупности, мм	Выход класса, %	Суммарный выход, %	Содержание, % (г/т)*				Распределение, %			
			Pb	Ag*	Fe	S	Pb	Ag	Fe	S
-2+1,7	9,24	100,00	3,51	17,9	0,79	0,68	6,54	7,02	7,94	6,74
-1,7+1,0	32,65	90,76	3,43	16,8	0,70	0,70	22,61	23,27	24,93	24,37
-1,0+0,85	5,94	58,11	4,20	19,9	0,63	0,79	5,04	5,01	4,08	5,00
-0,85+0,5	13,44	52,17	4,37	20,2	0,66	0,85	11,85	11,52	9,67	12,18
-0,5+0,425	4,47	38,73	4,19	19,8	0,93	0,83	3,78	3,75	4,53	3,95
-0,425+0,3	6,06	34,26	4,42	19,4	0,96	0,83	5,41	4,99	6,35	5,37
-0,3+0,212	4,85	28,20	4,33	21,3	0,86	0,90	4,24	4,38	4,55	4,65
-0,212+0,14	3,86	23,35	4,92	21,8	1,14	1,00	3,83	3,57	4,80	4,12
-0,14+0,106	3,26	19,49	5,19	22,4	1,24	1,05	3,42	3,10	4,41	3,65
-0,106+0,075	2,47	16,23	5,56	26,7	1,37	1,21	2,78	2,80	3,70	3,19
-0,075+0,053	2,20	13,76	7,10	31,6	1,60	1,47	3,16	2,95	3,85	3,45
-0,053+0,045	0,25	11,55	7,56	33,6	1,74	1,51	0,38	0,36	0,47	0,40
-0,045+0,038	1,35	11,30	10,50	41,1	1,67	1,92	2,87	2,36	2,47	2,77
-0,038+0,020	1,95	9,95	11,60	53,7	1,60	2,34	4,58	4,45	3,41	4,88
-0,020+0	8,00	8,00	12,10	60,3	1,70	1,79	19,53	20,46	14,83	15,26
<b>Итого</b>	100,0	—	4,95	23,57	0,92	0,94	100,0	100,0	100,0	100,0

проявились метасоматические изменения эффузивных пород – серицитизация, окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, баритизация и альбитизация. Они прослеживаются непрерывной полосой вдоль зон

тектонических нарушений. Руды, возникшие во вторую стадию, имеют прожилково-вкрапленное и вкрапленное строение, несут все признаки типичного гидротермального метасоматического образования.

Основной минерал – галенит – присутствует в виде вкраплений, реже – в виде тонких жилок в трещинах. Местами, совместно со сфалеритом, пиритом, кальцитом и баритом, галенит слагает небольшие гнезда сплошных руд. В третью, завершающую рудный процесс стадию возникли пирит-серицитовые, карбонатные и баритовые прожилки.

Строение руд свидетельствует о том, что осаждение барита, галенита и других минералов происходило в открытом поровом пространстве и при частичном растворении известняков вдоль пути просачивания металлоносных растворов. Текстурированный рисунок руд во многом контролируется геометрией распределения в известняках пористых участков, алевролитовых слоев, в том числе разделяющих интракластовые блоки, появившиеся еще на стадии формирования рифовых построек, трещиноватых и брекчированных зон. То есть в период накопления рудного вещества карбонатные отложения были не полностью литифицированы, постседиментационная перекристаллизация кальцита



Рис. 1. Геологическое строение и этапы тектонической эволюции палеозойд Казахстана.

Сурет 1. Қазақстан палеозойдтарының геологиялық құрылысы және тектоникалық эволюциясының кезеңдері.

Figure 1. Geological structure and stages of tectonic evolution of the paleozooids of Kazakhstan.

Таблица 3

Химический состав проб руды

Кесте 3

Кен үлгілерінің химиялық құрамы

Table 3

Chemical composition of ore samples

Элементы, компоненты	Проба руды / Массовая доля в пробе, % (г/т)*								
	АО «Уралмеханообр», 2014 г.	Metso, 2016 г.		Wardell Armstrong International, 2018 г.				ТОМС, 2018 г.	
	Композит	Окисленная	Смешанная	Окисленная Западная	Окисленная Восточная	Рядовая сульфидная	Богатая сульфидная	Окисленная (ALGO)	Сульфидная (ALGS)
SiO <sub>2</sub>	68,80	69,16	70,38	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	72,5	71,4
Al (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	(13,2)	6,39	5,78	5,46	6,56	5,58	5,15	7,3	6,61
Ca	0,28	0,15	0,22	0,06	0,04	0,46	0,15	0,12	0,54
Mg (MgO)	(0,22)	0,02	0,01	0,15	0,68	0,08	0,05	(0,302)	(0,246)
K (K <sub>2</sub> O)	(8,70)	6,93	6,36	3,27	4,04	2,62	2,62	5,65	4,98
Na (Na <sub>2</sub> O)	(0,18)	0,01	0,01	0,08	0,02	0,09	0,13	< 1,0	< 1,0
Mn (MnO)	(0,027)	0,01	0,02	0,015	0,022	0,015	0,006	(0,030)	(0,043)
Ti (TiO <sub>2</sub> )	(0,20)	–	–	0,09	0,10	0,09	0,09	(0,208)	(0,208)
Fe <sub>общ.</sub>	1,13	1,07	1,07	0,62	0,45	0,59	0,41	1,01	1,01
Fe <sub>сульфид.</sub>	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,15	0,47
Fe <sub>окисл.</sub>	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,86	0,54
Pb <sub>общ.</sub>	3,82	4,92	5,92	3,55	3,47	4,64	14,53	3,75	4,07
Pb <sub>окисл.</sub>	–	–	–	3,35	3,18	2,09	2,31	3,06	1,49
Pb <sub>сульф.</sub>	–	–	–	0,20	0,29	2,55	12,22	0,69	2,58
S <sub>общ.</sub>	0,80	1,10	1,74	0,15	0,04	0,91	2,69	0,13	0,82
Cu	0,016	0,022	0,016	0,010	0,003	0,012	0,016	0,0095	0,012
Zn	0,018	0,14	0,21	0,008	0,009	0,12	0,31	0,0094	0,053
Ba	0,39	–	–	0,548	0,112	0,241	0,023	0,462	0,445
Bi	< 0,005	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0010	< 0,0010
Cd	< 0,005	0,0009	0,0024	< 0,0001	< 0,0001	0,0008	0,0023	< 0,0002	< 0,0002
Ni	< 0,005	0,019	0,019	0,0008	0,0005	0,0006	0,0006	< 0,005	< 0,005
Sb	< 0,005	0,0055	0,0012	0,0022	< 0,0001	0,0027	0,0053	< 0,005	< 0,005
As	0,0033	0,005	0,006	0,005	0,003	0,003	0,004	0,0052	0,0032

и других минералов затронула не весь объем рифогенных отложений, и в них сохранились проницаемые для гидротерм участки.

Гидротермальные преобразования околорудных измененных пород на месторождении проявлены довольно интенсивно, прослеживаясь в виде вытянутой непрерывной

полосы вдоль рудных тел и зон тектонического дробления, имея мощность от 15-20 м до 80-100 м. Наиболее широким развитием и интенсивностью отличаются процессы серицитизации, окварцевания, пиритизации и калишпатизации, меньшим – хлоритизации, баритизации и альбитизации; последние три

проявлены узко локально вблизи рудных тел, зон дробления и расланцевания. На основании всестороннего изучения соотношений различных новообразованных минералов между собой устанавливается наличие двух основных стадий гидротермальных изменений вмещающих пород – дорудной и рудной.

Таблица 4

Результаты количественного минералогического анализа

Кесте 4

Сандық минералогиялық талдау нәтижелері

Table 4

Results of quantitative mineralogical analysis

Элементы, компоненты	Проба руды / Массовая доля в пробе, %							
	ОАО «Уралмеханобр», 2014 г.	Metso, 2016 г.		Wardell Armstrong International, 2018 г.			ТОМС, 2018 г.	
	Композит	Окисленная	Смешанная	Рядовая сульфидная	Окисленная Западная	Окисленная Восточная	Окисленная (ALGO)	Сульфидная (ALGS)
<b>Породообразующие:</b>								
- кварц	37,0	19,23	26,07	38,9	50,8	57,2	46,0	41,0
- полевые шпаты	51,0	35,36	29,50	35,7	23,2	6,1	36,0	45
- слюды	5,0	33,67	27,38	12,5	13,5	25,9	10,0	5,5
- прочие силикаты	–	3,83	4,49	3,3	3,4	5,0	–	–
- карбонаты (кальцит, доломит)	< 1	–	–	0,7	< 10,1	< 10,1	–	–
<b>Рудообразующие:</b>								
- галенит	3,0	3,8	5,08	4,1	0,7	0,3	0,8	3,0
- вторичные минералы свинца (церуссит и др.)	2,0	2,27	4,81	1,7	5,8	4,1	4,0	2,0
- сфалерит	< 11	0,12	0,41	0,1	–	< 10,1	–	1,0
- пирит	1,0	0,05	0,86	0,6	< 10,1	< 10,1		
- сульфиды меди (халькопирит и др.)	< 11	< 10,1	< 10,1	< 10,1	< 10,1	< 10,1		
- оксиды железа	< 11	0,16	0,12	1,5	1,8	1,0	1,5	1,0
<b>Акцессорные:</b>	< 11	1,44	1,21	0,7	0,5	0,3	1,7	1,5

В отложениях девона-карбона локализовано довольно значительное количество свинцово-цинковых, свинцовых и медных месторождений (Алайгыр, Успенское), которые являются самостоятельными рудными формациями, но одной ассоциацией. Месторождение Алайгыр входит в группу эндогенных рудных формаций цветных металлов Прибалхашья, минеральный тип которых – серицит-кварц-сфалерит-галенитовый.

Хлоритизация, березитизация, калишпатизация являются метасоматическими фациями; сфалерит, пирит и галенит – основными рудными минералами.

Главные рудные минералы месторождения – сфалерит и галенит, нерудные – кальцит, барит и кварц. Пирит является второстепенным минералом и, главным образом, встречается в низкотемпературной

кварц-карбонатной ассоциации. Наиболее распространенные элементы-примеси – кадмий и серебро, нередко встречаются ртуть, сурьма, мышьяк, золото, германий, таллий.

Околорудные изменения вмещающих пород в основном зависят от их литологического состава. В карбонатных и кремнисто-карбонатных породах широко развиты перекристаллизация, окварцевание, баритизация, в меньшей степени – хлоритизация. Последняя наиболее распространена в штокообразных интрузивных телах и дайках. В рудовмещающих песчаниках обычно устанавливается серицитизация. Околорудные изменения окружают рудные тела нешироким ореолом.

В рудах, кроме свинца, установлены цинк, медь, серебро, таллий, селен, теллур. Околорудные изменения пород – интенсивные. На Алайгыре развита дорудная

и сорудная стадии изменения пород. В дорудную проявились серицитизация, окварцевание, пиритизация, ортоклазизация, карбонатизация; сорудные изменения – альбитизация, серицитизация, окварцевание, пиритизация.

Руды месторождения Алайгыр, возможно, также подвергнуты метаморфизму (хотя этим выводам противоречат данные определения возраста руд модельным свинцовым методом) под воздействием гранитов и, вероятно, плутонов. Это подтверждается установленными фактами их пересечения апофизами массива, а также значительной перекристаллизацией руд. Косвенным доказательством может являться монометаллический свинцовый характер с весьма малой примесью цинка, тогда как в ближайших проявлениях развиты свинцово-цинковые руды. Не исключена

возможность того, что руды были переотложены с автолизией [6].

### Результаты и их обсуждение

Для определения характера распределения основных рудных элементов по классам крупности на пробах руды ALGO (окисленной) и ALGS (сульфидной) месторождения Алайгыр был выполнен гранулометрический анализ. При выполнении анализа в каждом классе определяли содержание свинца, серебра, железа, серы и распределяли их по классам крупности. Гранулометрический состав проб приведен в табл. 1 и 2. По данным гранулометрического анализа проб руды месторождения Алайгыр, установлено, что основной выход материала (от 49,35% до 52,17%) в пробах руды приходится на интервал крупности  $-2 + 0,5$  мм. Повышенным значением выхода материала характеризуется также шламовый класс  $-0,020 + 0 - 8,0 - 12,09\%$ . В промежуточных классах крупности выход варьирует от 0,2% до 6,67%. Содержание свинца в пробе ALGO по данным ситового анализа составляет 4,09% с колебаниями по классам крупности от 1,27% до 11,2%. В пробе сульфидной содержание металла несколько выше – 4,95%, варьирует от 3,51% до 12,1%. Распределение свинца по классам крупности неравномерное, с колебаниями по содержанию в сторону увеличения в тонких классах. В обеих пробах месторождения Алайгыр модальный пик по количеству свинца фиксируется в шламовом классе, на который приходится 19,53-33,08% ценного компонента.

Все исследованные пробы руды по минеральному составу на 87,4-94,2% представлены пороодообразующими минералами, основными из которых являются кварц, полевые шпаты и слюды. На долю кварца в различных пробах руды приходится от 19,2% до 57,2%, наиболее высокое количество отмечено в окисленных пробах. Доля полевых шпатов в пробах руды составляет 23,2-51,0%.

Наиболее низким содержанием выделяется проба окисленной руды участка Восточный, в которой доля полевых шпатов составила лишь 6,1%. Количество слюды по данным исследований различных проб

руды составляет от 5% до 33,67%. Рудная минерализация представлена галенитом, вторичными минералами свинца, сфалеритом, пиритом и оксидами железа.

В небольшом количестве (менее 1%) в руде присутствуют сульфиды меди. Количество галенита в пробах руды составляет 3,0-5,1%. Окисленные пробы руды, изученные в компании WAI и институтом ТОМС, выделяются более низким содержанием галенита: 0,3-0,8%. Доля вторичных минералов свинца в пробах руды в разных пробах находится в диапазоне 1,7-5,8%.

В табл. 3 и 4 представлены результаты химического состава проб руды и количественного минералогического анализа.

### Заключение

Таким образом, рудовмещающими породами являются вулканы кислого состава. По результатам анализа выявлен состав проб, которые состоят из эффузивных и вулканогенно-обломочных пород, претерпевших метаморфизм различной интенсивности. Породы в пробах представлены риолитами, туфами кислого состава и метасоматитами разного состава. В породах наблюдается сеть кварцевых и доломитовых прожилков различной мощности. Некоторые породы имеют гематитовые и лимонитовые прожилки, корки и налеты. В пробах широко развит галенит, редко встречаются сфалерит, пирит, блеклая руда, ковеллин и марказит отмечаются в количестве единичных зерен. Окисленные минералы присутствуют в виде гидроксидов  $Fe$ .

При изучении химического состава выявлено, что литофильные компоненты в составе всех типов руды месторождения Алайгыр существенно преобладают над рудообразующими. Основным из них является кремнезем. Его содержание в пробах находится на одном уровне и составляет 68,8-72,5%. Доля остальных литофильных компонентов варьирует в широком диапазоне. Из них преобладают алюминий и калий (5,15-7,3% и 2,62-6,93%, соответственно). Рудообразующие элементы представлены железом, свинцом, цинком и

серой. Массовая доля  $Fe_{общ.}$  в пробах руды месторождения Алайгыр варьирует в диапазоне 0,41-1,13%; доля серы в пробах составляет 0,04-2,69%; содержание цинка находится в диапазоне 0,008-0,31%; доля свинца в исследованных пробах составила 3,47-5,92%, а в пробе богатой сульфидной руды этот показатель достиг 14,53%. По данным компании WAI, окисленные пробы руды в большей степени представлены окисленной минерализацией (91,6%). В пробах Восточного и Западного участков свинец находится в составе окисленных минералов (94,4%). В пробе рядовой сульфидной руды 45% свинца находится в окисленной форме, в пробе богатой сульфидной руды – 15,9%. Широко развиты субвулканические тела кварцевых порфиров, фельзит-порфиров, с которыми парагенетически связаны свинцовое и свинцово-цинковое оруденение месторождения Алайгыр. Рудная минерализация контролируется продольными межформационными и внутриформационными зонами дробления. Форма рудных тел – линзы, жилы и линзообразные тела, иногда расположенные кулисообразно. Внутреннее строение рудных тел сложное, особенно на Алайгыре.

Участки бедного вкрапленного оруденения сочетаются с прожилками, гнездами, крупными обособлениями богатых руд. В основном преобладают галенитовые руды, что говорит о характерной монометалльности. На месторождении Алайгыр пирит, галенит, сфалерит чаще всего выполняют мельчайшие интерстиции и короткие трещинки гидротермально измененных кварцевых порфиров, образуя мелкозернистые прожилково-вкрапленные руды. Часто отмечаются гнездообразные скопления крупнозернистого галенита с подчиненным количеством кальцита и барита. Повсеместно развита зона окисления, которая проработана до глубины 200-250 м. Из гипергенных минералов преобладают церуссит, пироморфит, англезит, бедандит. Реже встречаются смитсонит и вторичные соединения железа и марганца.

Ценным компонентом в пробах руды месторождения Алайгыр является свинец, серебро может извлекаться попутно. Содержание серебра находится на уровне 12,4-28,1 г/т, исключения составляют богатая сульфидная проба с содержанием 64,5 г/т и окисленная проба руды с участка Восточный с содержанием менее 0,5 г/т. Другие цветные металлы, а также вредные примеси, такие как сурьма и мышьяк, не превышают сотых и тысячных долей процента, не представляют промышленной ценности и не повлияют на переработку руды. 5. Все исследованные пробы руды по минеральному составу на 87,4-94,2% представлены породобразующими минералами, основными из которых являются кварц, полевые шпаты и слюды. Рудная

минерализация в пробах представлена различными сульфидами, оксидами и гидроксидами железа, а также окислами свинца.

В период усложнения геологоразведочных работ, когда требуется выявить объективные закономерности развития геологоразведочного производства как специфической сферы экономической деятельности, особую значимость приобретает объективная геолого-экономическая оценка месторождений. К тому же, такая оценка более близка к фактически сформировавшемуся рынку с представлением реального состояния субъекта и предполагаемых перспектив его продвижения в конкурентной среде. Помимо сказанного, актуализируются потребность в достоверной геолого-экономической

оценке месторождений, располагающих прогнозными ресурсами полезных ископаемых, но характеризующихся низкой степенью изученности и не имеющих необходимой инфраструктуры, перемещение геологоразведочных работ в труднодоступные районы, ухудшение горно-геологических параметров разработки, что неизбежно требует внедрения в производственный процесс инноваций [2].

Востребованность настоящего исследования подкрепляется попыткой оценить воздействие информационно-коммуникационных технологий на обобщающие показатели деятельности горнодобывающих предприятий, их позиционирование на рынке и открывающиеся перспективы в социально-экономическом продвижении.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конкин В.Д., Донец И.А., Ручкин Г.В. Минералого-геохимические типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах. // Отечественная геология. – 2018. – №4. – С. 52-62 (на русском языке)
2. Aubakirova G., Rudko G., Isataeva F. Оценка деятельности металлургических предприятий Казахстана в контексте мировых тенденций. // Экономические анналы – XXI. – 2021. – №187(1-2). – С. 121-130 (на английском языке)
3. Steiger R.H., Jäger E. Подкомиссия по геохронологии: конвенция об использовании констант распада в гео- и космохронологии. // Письма по науке о Земле и планетах. – 1977. – Вып. 36. – №3. – С. 359-362 (на английском языке)
4. Мазуров А.К. Металлогеническое районирование Казахстана. // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №4. – С. 33-39 (на русском языке)
5. Kuehner E.C., Alvarez R., Paulsen P.I., Murphy T.I. Производство и анализ специальных особо чистых кислот, очищенных субкипящей перегонкой. // Аналитическая химия. – 1972. – Вып. 44. – №12. – С. 2050-2056 (на английском языке)
6. Париков Ю.С., Михалева В.А., Ешкеева Н.Т. Экспериментальная проверка достоверности термометрии по флюидным включениям применительно к сульфидным месторождениям. // Геология рудных месторождений. – 1990. – №4. – С. 106-112 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Конкин В.Д., Донец И.А., Ручкин Г.В. Карбонатты қабаттардағы қабаттық қорғасын-мырыш кен орындарының минералогиялық-геохимиялық түрлері және аймақтық геологиялық ерекшеліктері. – 2018. – №4. – С. 52-62 (орыс тілінде)
2. Aubakirova G., Rudko G., Isataeva F. Қазақстандағы металлургиялық кәсіпорындардың қызметін халықаралық тенденциялар контекстінде бағалау. // Экономикалық жылнама – XXI. – 2021. – №187(1-2). – Б. 121-130 (ағылшын тілінде)
3. Steiger R.H., Jäger E. Геохронология бойынша кіші комиссия: Гео- және космохронологияда ыдырау тұрақтыларын пайдалану туралы конвенция. // Жер және планеталық ғылым хаттары. – 1977. – Шығ. 36. – №3. – Б. 359-362 (ағылшын тілінде)
4. Мазуров А.К. Қазақстанның металлогендік аудандастырылуы. // Томск политехникалық университетінің еңбектері, 2005. В. 308. № 4. Б. 33-39 (орыс тілінде)
5. Kuehner E.C., Alvarez R., Paulsen P.I., Murphy T.I. Қайнау айдау арқылы тазартылған арнайы жоғары таза қышқылдарды алу және талдау. // Аналитикалық химия. – 1972. – Шығ. 44. – №12. – Б. 2050-2056 (ағылшын тілінде)

6. Париллов Ю.С., Михалева В.А., Ешкеева Н.Т. Сульфидті шөгінділерге қатысты сұйықтық қосындылары арқылы термометрияның сенімділігін эксперименттік тексеру. // Кен орындарының геологиясы. – 1990. – №4. – Б. 106-112 (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Konkin V.D., Donets I.A., Ruchkin G.V. Mineralogo-geoхимические типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах [Mineralogical and geochemical types and regional geological features of stratiform lead-zinc deposits in carbonate strata]. // Отечественная геология = Domestic geology. – 2018. – №4. – P. 52-62 (in Russian)
2. Aubakirova G., Rudko G., Isataeva F. Assessment of metallurgical enterprises activities in Kazakhstan in the context of international trends. // Economic Annals-XXI. – 2021. – №187(1-2). – P. 121-130 (in English)
3. Steiger R.H., Jäger E. Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. // Earth and Planetary Science Letters. – 1977. – Vol. 36. – №3. – P. 359-362 (in English)
4. Mazurov A.K. Metallogenическое районирование Казахстана [Metallogenic zoning of Kazakhstan]. // Izvestiya Tomskogo politehnического университета = Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. – 2005. – Vol. 308. – №4. – P. 33-39 (in Russian)
5. Kuehner E.C., Alvarez R., Paulsen P.I., Murphy T.I. Production and analysis of special high-purity acids purified by sub-boiling distillation. // Analytical Chemistry. – 1972. – Vol. 44. – №12. – P. 2050-2056 (in English)
6. Parilov Yu.S., Mikhaleva V.A., Eshkeeva N.T. Экспериментальная проверка достоверности термометрии по флюидным включениям применительно к сульфидным месторождениям [Experimental verification of the reliability of thermometry by fluid inclusions in relation to sulfide deposits // Геология рудных месторождений = Geology of ore deposits. – 1990. – №4. – P. 106-112 (in Russian)

## Сведения об авторах:

**Есендосова А.Н.**, докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [ainelesendosova@mail.ru](mailto:ainelesendosova@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-7415-3630>

**Маусымбаева А.Д.**, канд. техн. наук, PhD, старший преподаватель кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [aliya\\_maussym@mail.ru](mailto:aliya_maussym@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7214-8026>

**Исатаева Ф.М.**, PhD, заведующая кафедрой «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [adambekova\\_farid@mail.ru](mailto:adambekova_farid@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6208-3292>

**Каскатаева К.Б.**, докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [aigakk@mail.ru](mailto:aigakk@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-5968-529X>

## Авторлар туралы мәлімет:

**Есендосова А.Н.**, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының PhD докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Маусымбаева А.Д.**, техника ғылымдарының кандидаты, PhD, «Әбілқас Сағитнов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Исатаева Ф.М.**, PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының менгерушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Каскатаева К.Б.**, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

## Information about the authors:

**Esendosova A.N.**, PhD Student at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Maussymbayeva A.D.**, Candidate of Technical Sciences, PhD, Senior Lecturer at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Sagitnov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Isataeva F.M.**, PhD, Head at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Sagitnov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Kaskataeva K.B.**, Doctoral Student at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Код МРНТИ 36.23.31: 52.13.05

\*М.Б. Игемберлина, Н.Ф. Низаметдинов, Г.Е. Жунусова, Г. Рахимов

*Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова»  
(г. Караганда, Казахстан)*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА СДВИЖЕНИЕМ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Аннотация.** В статье обосновано создание геодинамического полигона, а также требования, предъявляемые к его структуре. Проведен анализ современных технологий, средств и способов ведения геодезического мониторинга. Показано совершенствование методики маркшейдерско-геодезических наблюдений за оседанием земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых. Приведены методы проведения комплексного геодезического мониторинга: традиционный инструментальный контроль методом высокоточного нивелирования, системы глобального позиционирования и использование беспилотных летательных аппаратов. Установлена целесообразность создания геодинамического полигона, закладки мониторинговых пилонов и грунтовых геодезических реперов. Проведение комплексного геодезического мониторинга производится по профильным линиям, опорным и контрольным пунктам, заложенным в зоне возникновения сдвижения земной поверхности.

**Ключевые слова:** геодинамический полигон, сдвижение земной поверхности, профильная линия, наблюдательная станция, геодезический мониторинг, высокоточное нивелирование, беспилотный летательный аппарат, мониторинговый пилон, грунтовый геодезический репер, комплексный подход.

### Жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторингті жүргізу үшін геодинамикалық полигонды жобалау

**Аңдатпа.** Мақалада геодинамикалық көпбұрышты құру негіздемесі, сонымен қатар құрылымына қойылатын талаптар, қазіргі заманғы технологияларды талдау, геодезиялық мониторинг жүргізудің құралдары мен әдістері қарастырылған. Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде маркшейдерлік және жер бетінің шөгуге геодезиялық бақылау жүргізу әдісін жетілдіру көрсетілген. Кешенді геодезиялық бақылауды жүргізу әдістері келтірілген: жоғары дәлдіктегі нивелирлеу әдісімен дәстүрлі аспаптық бақылау, ғаламдық позициялау жүйелері және ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану. Геодинамикалық полигон құрудың, бақылау бағандарын және топырақтың геодезиялық эталондарын төсеудің мақсатқа сай екендігі белгіленді. Кешенді геодезиялық бақылау профильдік сызықтар, жер бетінің жылжуының пайда болу аймағында салынған тірек және бақылау нүктелері бойынша жүргізіледі.

**Түйінді сөздер:** геодинамикалық полигон, жер бетінің жылжуы, профиль сызығы, бақылау станциясы, геодезиялық мониторинг, жоғары дәлдіктегі нивелирлеу, ұшқышсыз ұшатын аппарат, мониторингтік пилон, топырақ геодезиялық репер, кешенді тәсіл.

### Design of a geodynamic polygon for geodetic monitoring of the movement of the earth's surface

**Abstract.** The article substantiates the creation of a geodynamic polygon, as well as the requirements for the structure, analysis of modern technologies, means and methods of conducting geodetic monitoring. The improvement of the technique of mine surveying and geodetic observations of subsidence of the earth's surface during the development of mineral deposits is shown. Methods for carrying out complex geodetic monitoring are given: traditional instrumental control by the method of high-precision leveling, global positioning systems and the use of unmanned aerial vehicles. The expediency of creating a geodynamic polygon, laying monitoring pylons and soil geodesic benchmarks has been established. Comprehensive geodetic monitoring is carried out along profile lines, reference and control points laid in the zone of occurrence of the earth's surface displacement.

**Key words:** geodynamic polygon, displacement of the Earth's surface, profile line, observation station, geodetic monitoring, high-precision leveling, unmanned aerial vehicles, monitoring pylon, ground geodetic reference point, integrated approach.

### Введение

Интенсивное ведение подземных горных работ, увеличение глубины разработки, особенности повторной отработки, при которой ведется выемка запасов из ранее оставленных межкамерных и барьерных целиков с плавным обрушением налегающей толщи горных пород, оказывают негативное воздействие на состояние массива горных пород и земной поверхности на подрабатываемых территориях, что в свою очередь не исключает возможность ухудшения геомеханической ситуации. Для обеспечения получения достоверной информации о состоянии процесса сдвижения горных пород и земной поверхности наиболее приемлемым является создание геодинамического полигона (ГДП) и проведение комплексного геодезического мониторинга.

Оперативное и своевременное прогнозирование сдвижения и деформации земной поверхности позволяет предпринять своевременные меры и снизить негативные последствия ведения горных работ. Данный вопрос может быть изучен посредством проведения мониторинга деформаций земной поверхности, основанного на применении современных технологий и оборудования с последующей обработкой и анализом полученных результатов и их сопоставлением [1].

Комплексное изучение, оценка и объективный прогноз техногенной сейсмичности и смещений земной коры при разработке месторождений невозможны без организации мониторинга деформирования земной поверхности, т. е. без создания геодинамических полигонов. Под термином «геодинамический

полигон» понимается целесобразно выбранная территория, на которой выполняются геодезические, астрономические, гравиметрические и геофизические наблюдения, результаты которых используют для определения движения пунктов земной поверхности. Геодинамические полигоны иногда называют «модельными областями». На большей части геодинамических полигонов исследования ведутся комплексно: одновременно с изучением движения земной коры, как правило, геодезическими методами проводится широкий комплекс геофизических, геологических, геоморфологических исследований, имеющих целью получение количественных характеристик стабильности взаимного положения точек земной поверхности во времени<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Земцова А.В. Геодезические исследования геодинамических процессов. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 205 с.



Основной целью создания техногенных геодинамических полигонов является изучение сдвижения земной поверхности на территориях эксплуатируемых месторождений жидких, газообразных, твердых полезных ископаемых.

При проведении комплексного мониторинга основной задачей является изучение основных параметров процесса сдвижения земной поверхности и горных пород, выявление опасных зон возможных обрушений, прогнозирование техногенного влияния от интенсивного ведения горных работ. При решении данного вопроса, наряду с различными методами, важнейшее значение имеют высокоточные геодезические работы.

Основной отличительной особенностью ГДП в первую очередь является возможность наиболее детального исследования условий, при которых проводятся геодезические наблюдения на всех пунктах. Особое внимание при исследовании сдвижения земной поверхности должно быть уделено качеству производимых измерений и точности полученных результатов.

Одним из важных критериев построения геодинамических сетей на ГДП является оптимальное количество пунктов в сети: чтобы определить нужное их количество, необходимо учитывать особенности геолого-тектонического строения участка (наличие геологических нарушений), стадию разработки месторождения (планируется ли строительство новых объектов), степень его техногенной нагрузки (концентрация объектов обустройства), площадь участка и горного отвода, количество выделенных геоблоков, положение зон геодинамического риска относительно существующих и проектируемых сооружений [2].

В зависимости от цели проводимых исследований ГДП подразделяются на следующие основные типы:

- региональные – для определения сдвижения земной поверхности на значительных территориях;
- прогностические, целью которых является изучение предвестников

землетрясений и проведение сейсмического районирования территорий;

- техногенные, которые создаются в районах разработки месторождений полезных ископаемых; целью их создания является изучение сдвижения горного массива и земной поверхности непосредственно на месторождении и прилегающей к нему территории для прогноза возможных катастрофических явлений в виде обрушений;
- специальные полигоны создаются на территории атомных и гидроэлектростанций и служат для выявления характера и скорости сдвижения земной коры, максимальной сейсмической опасности в районах строительства, решения вопроса стабильности земной поверхности.

Наблюдения на ГДП проводятся на относительно малых участках земной поверхности, которые обычно выбирают в районах активных разломов, на стыках отдельных геологических блоков, в сейсмоактивных областях. Геодинамические полигоны оборудованы высококачественными геодезическими и геофизическими приборами, позволяющими производить высокоточные измерения высот, пространственных координат, гравитационного и других геофизических полей [3].

К проектированию геодинамического полигона предъявляются следующие требования: закладка пунктов сети с достаточной

надежностью; ведение высокоточных измерений с применением современных геодезических приборов и технологий; обработка результатов измерений с высокой степенью надежности; обеспечение требуемой достоверности полученных результатов геодезических наблюдений.

При проектировании геодезических построений на ГДП необходимо максимально возможно учитывать имеющиеся данные о модели движений земной коры в данном районе, о его основных тектонических нарушениях и геологическом строении. Требуется, чтобы каждый ГДП являлся совокупностью взаимосвязанных профилей, которые должны пересекать существующие или предполагаемые разломы.

Схемы контролируемых геодезических построений должны постоянно уточняться. К способам уточнения таких схем относятся: создание в отдельных, наиболее ослабленных тектоническими нарушениями районах локальных построений типа деформационных станций; расширение состава измерений гравиметрическими, спутниковыми и другими способами; увеличение частоты измерений<sup>2</sup>.

На полигонах необходимо создать систему геодезических построений так, чтобы была возможность фиксировать информацию для проведения исследований. ГДП, как правило, используются для мониторинга

Таблица 1

Координаты пунктов геодезической сети

Кесте 1

Геодезиялық торап пункттерінің координаттары

Table 1

Coordinates of points of the geodetic network

Тригопункты	X	Y	H
Сай	82656,3	51314,550	406,388
Пирамида-55	83485,209	54240,398	427,201
Пирамида 6	82910,562	57048,364	422,805
Комсомольская	81769,481	57548,268	411,520
Амангелды	81106,103	55764,067	426,350
Красноармейская	81031,514	53264,248	423,658
ГМБ-13	80513,621	56352,145	417,366
Тумба «А»	80374,079	53904,494	403,454

<sup>2</sup>Мазуров Б.Т. Моделирование структурированных геодинамических объектов и оптимизация системы наблюдений. / Дисс... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1996. – 23 с.

и изучения тектонических и техногенных процессов, которые, в свою очередь, обуславливают изменение физико-механических свойств и состояния горных пород.

### Методы исследования

На основании изучения результатов многолетних наблюдений за состоянием горного массива и земной поверхности на Жезказганском месторождении различными методами установлено, что существует вероятность резкого ухудшения геомеханического состояния выработанного пространства, что окажет негативное влияние на процесс сдвижения земной поверхности и появления зон возможных обрушений.

Нестабильность геомеханического состояния на исследуемом участке в первую очередь обусловлено сложными горно-геологическими условиями Жезказганского месторождения и тем, что исследуемая территория пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово находится в эпицентре активного ведения горных работ подземным и открытым способами [4]. На территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово, находящихся непосредственно в зоне ведения повторной отработки, начиная с 1997 г. и по сегодняшний день мониторинг процессов сдвижения земной поверхности проводился в основном посредством инструментальных наблюдений, в результате которых определялись оседания реперов профильных линий.

Для обеспечения безопасного ведения горных работ, своевременного выявления наиболее опасных зон и предотвращения чрезвычайных ситуаций целесообразно создание геодинимического полигона на исследуемой территории. И будет наиболее эффективным проведение комплексного мониторинга за сдвижением и деформациями земной поверхности на исследуемом участке. Под комплексным мониторингом подразумевается использование, наряду с инструментальными наблюдениями, GPS технологий и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В перспективе планируется проведение воздушного лазерного сканирования



Рис. 1. Структура проведения комплексного мониторинга на Жезказганском месторождении.

### Сурет 1. Жезказган кен орнында кешенді мониторинг жүргізу құрылымы.

Figure 1. The structure of integrated monitoring at the Zhezkazgan field.

с помощью БПЛА для создания цифровой модели земной поверхности на исследуемом участке. Сущность данного метода съемки заключается в создании цифровых моделей рельефа и трехмерной модели районов интенсивного ведения разработок полезных ископаемых<sup>3</sup> [5].

В целях получения более достоверной и детальной информации о процессе сдвижения земной поверхности на значительной территории возникает обоснованная необходимость проведения комплексного мониторинга, что обеспечивает своевременное выявление опасных зон, подверженных возникновению деформаций и принятие мер по их устранению. Для повышения точности наблюдений за сдвижением земной поверхности требуется создание методики на принципиально новой инструментальной базе, включающей цифровые нивелиры, спутниковые методы измерений (GNSS и GPS), методы воздушного лазерного сканирования.

Применение современных методов спутниковой геодезии для наблюдений за процессом деформаций земной поверхности позволяет проводить исследования на более высоком качественном уровне. Измерения, проводимые с использованием современных геодезических

комплексов, показали свою высокую эффективность для решения задач геодинамики, благодаря чему стали возможными не только дискретные измерения, но и регулярный мониторинг деформаций и напряжений, происходящих в земной коре.

### Результаты исследования

Проведение комплексного мониторинга ГДП по сети профильных линий, расположенных на территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово, дает возможность определения не только вертикальных, но и горизонтальных смещений по наблюдаемым реперам (рис. 1).

Система GPS является в настоящее время одной из наиболее технологичных и развитых навигационных спутниковых систем. Существует много модификаций методов наблюдений, опирающихся на использование статистических приемов повышения точности, которые широко используются в навигационных измерениях и геодезических задачах. Для решения задач геодинимического направления преимущественно используется статический режим наблюдений, фазовый метод позиционирования. В качестве приемных средств GPS пригодными являются двухчастотные приемники с числом каналов не менее 8. При этом необходимо строгое соблюдение других

<sup>3</sup>Орлов Г.В. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки. – М.: Горная книга, 2010. – 198 с.

Типы и группы геодезических спутниковых приемников

Таблица 2

Геодезиялық спутниктік қабылдағыштардың түрлері мен топтары

Кесте 2

Table 2

Types and groups of geodetic satellite receivers

Тип приемника	Группа	Число каналов, не менее	Частоты	Точность
Двухсистемные двухчастотные и более	1	24	L1/L2 (GPS)+L1/L2 L1 (ГЛОНАСС)	3 мм + 1 × 10 <sup>-6</sup> D
Односистемные двухчастотные	2	9	L1/L2 (GPS) или L1/L2 (ГЛОНАСС)	(3-5) мм + 1 × 10 <sup>-6</sup> D
Односистемные одночастотные	3	9	L1 (GPS) или L1 (ГЛОНАСС)	10 мм + 1 × 10 <sup>-6</sup> D

требований к системам, регламенту и методике в целом [6].

На исследуемом участке Жезказганского месторождения расположены пункты геодезической сети: Сай, Космопольская, Пирамида 6, Пирамида 55, Тумба А, Амангельды, Красноармейская, ГМБ-13 и профильные линии. Некоторые из указанных геодезических пунктов расположены непосредственно в зоне ведения повторной отработки или в общей зоне влияния подземных горных работ. Тригопункт Сай находится за пределами непосредственного влияния горных работ.

Основным преимуществом геодинимического полигона на территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово является то, что профильные линии проложены практически по всему наблюдаемому участку вдоль основных автомобильных дорог [7]. Наблюдательная станция на территории пос. Жезказган состоит из девяти профильных линий, включающих 137 реперов общей протяженностью 4390 м. Наблюдательная станция на территории пос. ГРП-Лермонтово представлена четырьмя профильными линиями, включающими 53 репера, общая протяженность составляет 2965 м. На рис. 2 представлены основные элементы геодинимического полигона: исследуемая территория поселков Жезказган и ГРП-Лермонтово 1, геодезические тригопункты 2, опорный репер 3, профильные линии 4, заложенные вдоль основных автомобильных дорог, рабочие реперы 5.

При проведении мониторинга в рамках геодинимического полигона предполагается переопределение

координат пунктов геодезической сети и реперов профильных линий, расположенных на территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово от исходного тригопункта Сай (рис. 3).

Принцип использования GPS технологий при мониторинге сдвижения земной поверхности основан на переопределении координат связующих пунктов профильных линий, входящих в геодинимический полигон с помощью GPS приемников и базовой станции. Переопределение координат осуществляется в режиме «Статика», который представляет собой длительное выполнение измерений на каждом из пунктов геодинимического полигона<sup>3</sup>.

**Обсуждение результатов**

Длительность измерений зависит от нескольких факторов, например, от таких, как количество одновременно

наблюдаемых спутников, расстояние между пунктами, технические характеристики используемого оборудования и точность, с которой необходимо определить координаты наблюдаемых пунктов. Производство измерений на каждом пункте составляет не менее одного часа. При производстве измерений в режиме «статика» используются два приемника: один из них (базовая станция) устанавливаются в точке с известными координатами, а второй (ровер) располагают на другом конце базовой линии. Данные записываются обоими приемниками одновременно, с одной и той же частотой или интервалом. Как правило, величина интервала составляет 5 с, 15 с, 30 с или 60 с. Приемники выполняют запись данных в течение некоторого отрезка времени. Длинные линии требуют

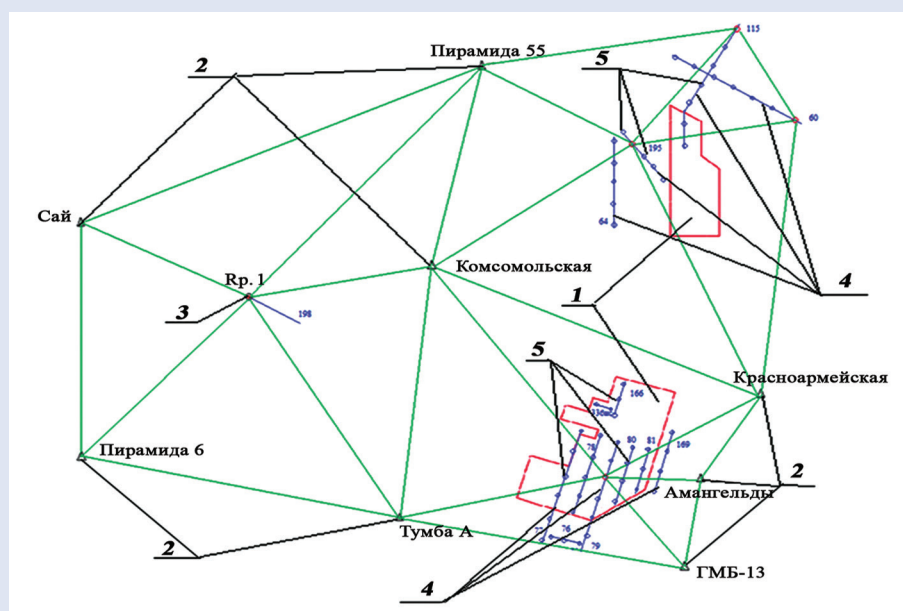


Рис. 2. Схема геодинимического полигона. Сурет 2. Геодинимикалық полигонның схемасы. Figure 2. Geodynamic polygon diagram.

более длительного периода наблюдений. После накопления достаточного количества данных приемники можно выключить. Ровер может перемещаться на следующую определяемую точку для измерения следующей базовой линии. Очень важно произвести избыточные измерения в сети. Например, выполнить измерения на точках, по крайней мере, дважды или измерения дополнительных векторов, чтобы избежать проблем, которые иначе нельзя обнаружить. Производительность осуществляемых измерений можно увеличить за счет добавления количества дополнительных роверов [8, 9].

До недавнего времени существовали только односистемные и одночастотные геодезические приемники (GPS L1), которые должны были подолгу находиться на измеряемом пункте, точность измерений была низкой. С появлением второй частоты L2 точность значительно возросла, а время проведения геодезических измерений существенно уменьшилось. Сравнительная характеристика типов и групп геодезических спутниковых приемников по точности измерений приведена в табл. 2.

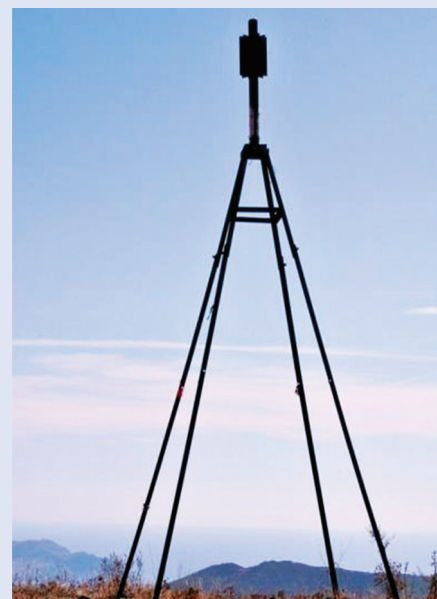
В рамках проведенного обзора было установлено, что основной задачей спутниковых технологий является создание съемочной геодезической основы подрабатываемых

территорий. Однако, применение спутниковых наблюдений нельзя ограничить только определением высотных отметок опорных и рабочих реперов. Отмеченные особенности комплексного мониторинга обуславливают целесообразность сочетания различных способов, основной задачей которых является получение достоверных данных, отвечающих требуемой точности.

При проведении мониторинга в рамках геодезического полигона предполагаются систематические переопределения координат опорных, грунтовых и отдельных связующих реперов с помощью GPS технологий, целью этих измерений является исследование и анализ изменения геодезических параметров. Основной задачей является перспективное исследование трендовых и циклических геодезических движений. Следует отметить, что методы спутниковой геодезии значительным образом изменяют традиционную технологию ведения геодезических работ.

#### Заключение

По результатам очередной серии измерений и сравнения их с результатами предыдущих серий можно судить о процессе деформирования массива горных пород. При этом важным дополнением к инструментальным измерениям служит



**Рис. 3. Тригопункт Сай.**  
**Сурет 3. Сай тригопункті.**  
**Figure 3. Trigopunct Sai.**

визуальный осмотр объектов, подлежащих охране, и земной поверхности, в случаях, когда деформации заметны невооруженным взглядом [6].

В сложных геомеханических условиях отработки Жезказганского месторождения, кроме высокоточных инструментальных наблюдений, используются и другие способы мониторинга: сейсмический контроль, радарная интерферометрия, глобальная спутниковая навигация (GPS), прогнозные методы расчета оседания земной поверхности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергенова А.К. Применение современных технологий при проведении геодезического мониторинга сдвижений земной поверхности. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2020. – №3. – С. 19-23 (на русском языке)
2. Генике А.А., Черненко В.Н. Комплексные исследования на локальных геодезических полигонах. // Геопрофи. – 2003. – №2. – С. 11-16 (на русском языке)
3. Игемберлина М.Б., Сеитұлы Қ., Естаева А.Р. Проведение геодезического мониторинга за сдвижением земной поверхности с GPS. // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях Индустрии 4.0». – Алматы, 2019. – С. 150-154 (на русском языке)
4. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Станкова Х. Создание геодезического полигона для проведения наблюдений за сдвижением земной поверхности. // Труды Международной научно-практической online конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 1184-1186 (на русском языке)
5. Chao Liu, Jingxiang Gao, Jian Wang, Feng Zhou. Некоторые проблемы применения методики GPS RTK для мониторинга просадок горных работ. // Международный журнал горной науки и технологий. – 2012. – №22(2). – С. 223-228 (на английском языке)

6. Панжин А.А., Панжина Н.А. Об особенностях проведения геодинимического мониторинга при разработке месторождений полезных ископаемых Урала с использованием комплексов спутниковой геодезии. // ФТРПИ. – 2012. – №6. – С. 46-55 (на русском языке)
7. Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stanková H., Baturshaeva Zh.M. Анализ смещений земной поверхности под влиянием повторных горных работ в Жезказганском районе. // Журнал горной науки. – 2021. – Т. 57. – Вып. 2. – С. 184-189 (на английском языке)
8. Erdelyi J., Koracik A., Liptak I., Kyrinovic P. Автоматизация обработки облака точек для повышения точности мониторинга деформаций. // Прикладная геоматика. – 2017. – №9. – Вып. 2. – С. 105-113 (на английском языке)
9. Liang B., Yue C., Chen X.H., Wang B., Sun X.K. Исследование деформационного мониторинга на основе технологии трехмерного лазерного сканирования грунта. // Передовые исследования материалов. – 2014. – №1022. – С. 387-391 (на английском языке)

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергеннова А.К. Жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторинг жүргізу кезінде заманауи технологияларды қолдану. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2020. – №3. – Б. 19-23 (орыс тілінде)
2. Генике А.А., Черненко В.Н. Жергілікті геодинимикалық полигондардағы кешенді зерттеулер. // Геопрофи. – 2003. – №2. – Б. 11-16 (орыс тілінде)
3. Игемберлина М.Б., Сейітұлы Қ., Естаева А.Р. GPS көмегімен жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторинг жүргізу. // «4.0 Индустрия жағдайында минералдық және техногендік шикізатты ұтымды пайдалану» ғылыми-практикалық халықаралық конференциясының еңбектер жинағы. – Алматы, 2019. – Б. 150-154 (орыс тілінде)
4. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Станкова Х. Жер бетінің жылжуын бақылау үшін геодинимикалық полигон құру. // Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Ғылым, Білім және өндірісті интеграциялау – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» (№13 Сағынов оқулары): Халықаралық ғылыми-практикалық интернет-конференциясының материалдары. – 2021. – Б. 1184-1186 (орыс тілінде)
5. Chao Liu, Jingxiang Gao, Jian Wang, Feng Zhou. Тау жыныстарының шөгуді бақылау үшін GPS RTK әдісін қолданудың кейбір мәселелері. // Тау-кен ғылымы мен техникасының халықаралық журналы. – 2012. – №22(2) – Б. 223-228 (ағылшын тілінде)
6. Панжин А.А., Панжина Н.А. Спутниктік геодезия кешендерін пайдалана отырып. Оралдың пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде геодинимикалық мониторинг жүргізу ерекшеліктері туралы. // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 2012. – №6. – Б. 46-55 (орыс тілінде)
7. Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stanková H., Baturshaeva Zh.M. Жезқазған ауданындағы қайталама тау-кен жұмыстарының әсерінен жер бетінің жылжуын талдау. // Тау-кен ғылымының журналы. – 2021. – Т. 57. – Шығ. 2. – Б. 184-189 (ағылшын тілінде)
8. Erdelyi J., Koracik A., Liptak I., Kyrinovic P. Деформацияны бақылау дәлдігін арттыру үшін нүктелік бұлтты өңдеуді автоматтандыру. // Қолданбалы геоматика. – 2017. – №9. – Шығ. 2. – Б. 105-113 (ағылшын тілінде)
9. Liang B., Yue C., Chen X.H., Wang B., Sun X.K. Жердегі үш өлшемді лазерлік сканерлеу технологиясы негізінде деформация мониторингін зерттеу. // Жетілдірілген материалдарды зерттеу – 2014. – №1022. – Б. 387-391 (ағылшын тілінде)

REFERENCE

1. Igemberlina M.B., Nizametdinov R.F., Estaeva A.R., Satbergenova A.K. Primenenie sovremennykh texnologij pri provedenii geodezicheskogo monitoringa sdvizhenij zemnoj poverxnosti [Application of modern technologies in Geodetic monitoring of the Earth's surface displacement]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – №3. – P. 19-23 (in Russian)
2. Genike A.A., Chernenko V. N. Kompleksnyye issledovaniya na lokal'nyx geodinamicheskix poligonax [Complex research on local Geodynamic landfills]. // Geoprofi. – 2003. – №2. – P. 11-16 (in Russian)
3. Igemberlina M.B., Seituly K., Estaeva A.R. Provedenie geodezicheskogo monitoringa za sdvizheniem zemnoj poverxnosti s GPS [Conducting geodetic monitoring of the Earth's surface movement with GPS]. // Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii

- «Racional'noe ispol'zovanie mineral'nogo i texnogenogo syr'ya v usloviyax Industrii 4.0» = *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Rational use of mineral and man-made raw materials in the conditions of Industry 4.0»*. – Almaty, 2019. – P.150-154 (in Russian)
4. *Igemberlina M.B., Nizametdinov N.F., Nizametdinov R.F., Stankova H. Sozdanie geodinamicheskogo poligona dlya provedeniya nablyudenij za sdvizheniem zemnoj poverxnosti [Creation of a Geodynamic landfill for monitoring the displacement of the Earth's surface]. // Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj online konferencii «Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizacii Plana nacii» (Saginovskie chteniya №13), posvyashhennoj 30-letiyu Nezavisimosti Respubliki Kazaxstan = Materials of the International Scientific and practical Internet Conference «integration of Science, Education and production-the basis for the implementation of the national plan» (Saginov readings №13), dedicated to the 30th anniversary of independence of the Republic of Kazakhstan. – 2021. – P. 1184-1186 (in Russian)*
  5. *Chao Liu, Jingxiang Gao, Jian Wang, Feng Zhou. Some problems of GPS RTK technique application to mining subsidence monitoring. International Journal of Mining Science and Technology. – 2012. – №22(2). – P. 223-228 (in English)*
  6. *Panjin A.A., Panzhina N.A. Ob osobennostyax provedeniya geodinamicheskogo monitoringa pri razrabotke mestorozhdenij poleznyx iskopaemyx Urala s ispol'zovaniem kompleksov sputnikovoj geodezii [About the peculiarities of geodynamic monitoring during the development of mineral deposits in the Urals using satellite geodesy complexes]. // FTRPI = Physical and Technical Problems of Mineral Development. – 2012. – №6. – P.46-55 (in Russian)*
  7. *Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stanková H., Batyrshaeva Zh.M. Analysis of Ground Surface Displacements under the Influence of Repeated Mining Activities in the Zhezkazgan Area. // Journal of Mining Science. – 2021. – Vol. 57. – Issue 2. – P. 184-189 (in English)*
  8. *Erdelyi J., Kopacik A., Liptak I., Kyrinovic P. Automation of point cloud processing to increase the deformation monitoring accuracy. // Applied Geomatics. – 2017. – №9. Issue 2. – P. 105-113 (in English)*
  9. *Liang B., Yue C., Chen X.H., Wang B., Sun X.K. The study of deformation monitoring based on the ground three-dimensional laser scanning technology. // Advanced Materials Research. – 2014. – №1022. – P. 387-391 (in English)*

#### Сведения об авторах:

**Игемберлина М.Б.**, магистр техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [igemberlina@mail.ru](mailto:igemberlina@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4243-7748>

**Низаметдинов Н.Ф.**, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [leica@geobusiness.kz](mailto:leica@geobusiness.kz); <https://orcid.org/0000-0002-8881-1259>

**Жунусова Г.Е.**, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [lena\\_gulya@mail.ru](mailto:lena_gulya@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5472-4061>

**Рахимов Г.**, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [gelman.rakhimov@mail.ru](mailto:gelman.rakhimov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4930-4075>

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Игемберлина М.Б.**, техника ғылымдарының магистрі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Низаметдинов Н.Ф.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Жунусова Г.Е.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Рахимов Г.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Igemberlina M.B.**, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Nizametdinov N.F.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Zhunussova G.E.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Rakhimov G.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

WWW.CRANE-EXPO.RU



СПТОКРАНЫ

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ



МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СПТОКРАНЫ

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

**5-7 апреля 2023 г.**

ЦВК ЭКСПОЦЕНТР, павильон № 8

Код МРНТИ: 52.31.47:52.01.77

Б. Мұратұлы<sup>1</sup>, Д.Қ. Таханов<sup>2</sup>, Д.Р. Махмудов<sup>3</sup>, \*А.Қ. Матаев<sup>1</sup><sup>1</sup>Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),<sup>2</sup>Товарищество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр «ISM Group» (г. Караганда, Казахстан),<sup>3</sup>Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан)

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ МАССИВА И УТОЧНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ РУДНИКА УШКАТЫН-III

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию прочностных показателей горных пород. Проведены изучение структуры массива и съемки трещиноватости горных пород на контурах горных выработок рудника Ушкатын-III на горизонтах +288 м, +240 м, +192 м, +144 м для определения индекса геологической прочности и рейтинга массива горных пород, а также уточнения физико-механических свойств горных пород с применением программы RocLab. Опыт прошлых лет показывает, что система классификации должна быть нелинейной для слабых пород, так как их прочность быстро ухудшается с выветриванием. Кроме того, увеличение применения компьютерного моделирования создало настоятельную необходимость системы классификации быть настроенной специально для компьютерного моделирования и анализа устойчивости массива горных пород и подземных сооружений.

**Ключевые слова:** рудник, трещина, керн, прочность, горная порода, геология, растяжение, сжатие, массив, рейтинг RMR, шероховатость трещин.

**Ушкатын-III кеніші жағдайында тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін нақтылау және сілем құрылымын зерттеу**

**Андатпа.** Мақала тау жыныстарының беріктік көрсеткіштерін зерттеуге арналған. Геологиялық беріктік индексі және тау жыныстары массивінің рейтингін айқындау бойынша Ушкатын-III кенішінің +288 м, +240 м, +192 м, +144 м деңгейліктердегі тау-кен қазбаларының контурларында сілем құрылымын зерттеу және тау жыныстарының жарықшақтығына түсірілім жүргізілді. Сондай-ақ Roclab бағдарламасын қолдану арқылы тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттеріне нақтылау жүргізілді. Өткен жылдардағы тәжірибе көрсеткендей, жіктеу жүйесі әлсіз жыныстар үшін сызықты емес болуы керек, өйткені олардың беріктігі ауа райының бұзылуымен тез нашарлайды. Сонымен қатар, компьютерлік модельдеуді қолданудың артуы жіктеу жүйесінің тау жыныстары мен жер асты құрылыстарының массивінің тұрақтылығын компьютерлік модельдеу және талдау үшін арнайы конфигурациялануының шұғыл қажеттілігін тудырды.

**Түйінді сөздер:** кеніш, жарықшақтық, керн, беріктік, тау жынысы, геология, созылу, қысу, массив, RMR рейтингі, жарықтардың кедір-бұдырлығы.

**Study of the structure of the massif and refinement of the physical and mechanical properties of rocks in the conditions of the Ushkatyn-III mine**

**Abstract.** The article is devoted to the study of strength indicators of rocks. The study of the structure of the massif and the survey of rock fracturing on the contours of the mining workings of the Ushkatyn-III mine at the horizons of +288 m, +240 m, +192 m, +144 m to determine the index of geological strength and the rating of the rock mass, as well as clarification of the physical and mechanical properties of rocks using the RocLab program. The experience of past years shows that the classification system should be nonlinear for weak rocks, since their strength deteriorates rapidly with weathering. In addition, the increasing use of computer modeling has created an urgent need for a classification system to be configured specifically for computer modeling and analysis of the stability of a rock mass and underground structures.

**Key words:** mine, crack, core, strength, rock, geology, stretching, compression, array, RMR rating, crack roughness.

### Введение

Месторождение Ушкатын-III относится к Атасуйскому рудному району, включающему в себя более десятка аналогичных по генезису крупных месторождений железомарганцевых и барит-полиметаллических руд; обрабатывается комбинированным способом разработки<sup>1</sup>. Комбинированная (открыто-подземная) разработка – это самостоятельный способ извлечения полезных ископаемых из недр в пределах одного месторождения с присущими ему особенностями, достоинствами и недостатками<sup>2</sup>.

Ноек и Brown в 90-х гг. XX века представили геологический индекс прочности *GSI*, который применим как для крепких, так и для слабых горных пород.

Опытные полевые инженеры и геологи предпочитают простые, быстрые, но надежные классификации, основанные на визуальном осмотре геологических условий контура выработок, горизонта и рудника.

Опыт прошлых лет показывает, что система классификации должна быть нелинейной для слабых пород, поскольку их прочность быстро ухудшается в результате выветривания. Кроме того, с все возрастающим распространением компьютерного моделирования появилась острая необходимость создания системы классификации, настроенной специально для компьютерного моделирования и анализа устойчивости массива горных пород и подземных сооружений<sup>3</sup>. Для удовлетворения этих потребностей Ноек и Brown [1, 2] разработали простые диаграммы для оценки *GSI* на основе следующих двух корреляций:

$$GSI = RMR - 5. \quad (1)$$

*RMR* – рейтинг массива горных пород по Беньявскому [3] – определяется следующим образом:

$$RMR = J_{A1} + J_{A2} + J_{A3} + J_{A4} + J_{A5} + J_{BB}. \quad (2)$$

<sup>1</sup>Проект промышленной разработки месторождения «Ушкатын-3» комбинированным способом. – Астана: ТОО «КАЗГенПроект-1», 2013.

<sup>2</sup>Казикаев Д.М. Геомеханика подземной разработки руд: учебник для вузов. – М.: МГГУ, 2009. – 542 с.

<sup>3</sup>Макаров А.Б. Практическая геомеханика. Пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.



Рейтинг массива горных пород *RMR* использует следующие показатели массива:

✓ прочность пород на одноосное сжатие (*рейтинг JA1* в пределах от 0 до 15 баллов в зависимости от прочности пород);

✓ показатель качества массива по выходу керна на геологоразведочных скважинах RQD (Rock Quality Designation); он определяется по отношению суммарной длины всех кусков керна длиной более 10 см к общей его длине (*рейтинг JA2* в пределах от 3 до 20 баллов в зависимости от показателя RQD);

✓ расстояние между трещинами (*рейтинг JA3* в пределах от 5 до 20 баллов);

✓ характеристика трещин (*рейтинг JA4* в пределах от 0 до 30 баллов), включающая:

▪ шероховатость трещин (*рейтинг JA41* в пределах от 0 до 6 баллов);

▪ длина трещин (*рейтинг JA42* от 0 до 6 баллов);

▪ раскрытие трещин (*рейтинг JA43* от 0 до 6 баллов);

▪ заполнение трещин (*рейтинг JA44* от 0 до 6 баллов);

▪ выветрелость стенок трещин (*рейтинг JA45* от 0 до 6 баллов);

рейтинговая оценка геологической характеристики трещиноватости *JA4* определяется суммой рейтингов по отдельным показателям:

$$JA4 = JA41 + JA42 + JA43 + JA44 + JA45;$$

✓ условия обводненности выработки (*рейтинг JA5* в пределах от 0 до 15 баллов);

✓ направление трещин относительно оси выработки и угол их падения (*рейтинг JB* в пределах

Таблица 1

### Определение рейтинговых показателей массива горных пород *RMR*

Кесте 1

### *RMR* тау жыныстары массивінің рейтингтік көрсеткіштерін анықтау

Table 1

#### Determination of the rating indicators of the *RMR* rock mass

Параметр	Интервалы значений						
A1. Прочность породы на одноосное сжатие	> 250 МПа	100-250 МПа	50-100 МПа	25-50 МПа	5-25 МПа	1-5 МПа	< 1 МПа
<i>Рейтинг JA1</i>	15	12	7	4	2	1	0
A2. Качество массива по выходу керна RQD	90-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%		
<i>Рейтинг JA2</i>	20	17	13	8	3		
A3. Расстояния между трещинами	> 2 м	0.6-2м	200-600 мм	60-200мм	< 60 мм		
<i>Рейтинг JA3</i>	20	15	10	8	5		
<i>A4. Характеристики трещин</i>							
A4.1. Шероховатость трещин	Очень шероховатые	Слегка шероховатые	Слегка шероховатые	Гладкие поверхности	Следы скольжения		
<i>Рейтинг JA41</i>	6	5	3	1	0		
A4.2. Длина трещин	< 1 м	1-3 м	3-10 м	10-20 м	> 20 м		
<i>Рейтинг JA42</i>	6	4	2	1	0		
A4.3. Раскрытие трещин	Нет	< 0,1 мм	0,1-1,0 мм	1-5 мм	> 5 мм		
<i>Рейтинг JA43</i>	6	5	4	1	0		
A4.4. Заполнитель трещин	Нет	Твердый заполнитель < 5 мм	Твердый заполнитель > 5 мм	Мягкий заполнитель < 5 мм	Мягкий заполнитель > 5 мм		
<i>Рейтинг JA44</i>	6	4	2	2	0		
A4.5. Выветрелость стенок трещин	Нет	Слегка выветрелые	Средне выветрелые	Сильно выветрелые	Раздробленные		
<i>Рейтинг JA45</i>	6	5	3	1	0		
$JA4 = JA41 + JA42 + JA43 + JA44 + JA45$	30	25	20	10	0		
A5. Обводненность выработки	Полностью сухая	Влажная	Мокрая	Капез	Водоприток		
<i>Рейтинг JA5</i>	15	10	7	4	0		
V. Ориентация трещин	Очень благоприятные	Благоприятные	Средние	Неблагоприятные	Очень неблагоприятные		
<i>Рейтинг JB</i>	0	-2	-5	-10	-12		

Таблица 2

Влияние ориентации трещин на устойчивость выработок

Кесте 2

Жарықтар бағыттарының қазбалардың тұрақтылығына әсері

Table 2

Influence of crack orientation on the stability of workings

Простираие трещин вкрест оси выработки		Простираие трещин параллельно оси выработки	
Проходка выработки ведется по падению трещин с углами падения 45-90°	Проходка выработки ведется по падению трещин с углами падения 20-45°	Углы падения трещин 45-90°	Углы падения трещин 20-45°
Очень благоприятные	Благоприятные	Неблагоприятные	Очень неблагоприятные
Проходка выработки ведется против падения трещин с углами падения 45-90°	Проходка выработки ведется против падения трещин с углами падения 20-45°	Углы падения трещин 0-20° независимо от простирания	
Благоприятные	Неблагоприятные	Неблагоприятные	

от 0 до (-12) баллов; отрицательные значения баллов рейтинга данного показателя при определении итогового рейтинга массива *RMR* вычитаются из суммы баллов других показателей).

Указания по определению значений рейтингов всех показателей в баллах приведены в табл. 1.

Правила, по которым определяется рейтинг *J<sub>B</sub>*, характеризующий влияние на устойчивость выработок направления трещин относительно оси выработки и угла их падения<sup>4</sup>, приведены в табл. 2.

#### Методы исследования

##### Определение показателей рейтинга *RMR*

Показатель качества породы *RQD* (рейтинг *J<sub>A2</sub>*). В 1964 году Д. Диром [4] был введен «индекс качества породы» *RQD* в качестве показателя количественной оценки качества массива. Индекс качества породы *RQD* по Диру приведен в табл. 3. Процедура измерения *RQD* приведена на рис. 1. Возможно, это часто используемый метод, характеризующий степень трещиноватости керна, хотя этот параметр косвенно включает в себя другие особенности горных пород, такие как выветривание. В настоящее время *RQD* является существенным компонентом при подсчете рейтинга горных пород по другим классификациям.

Основные принципы определения *RQD* по керну:

- базовый диаметр керна должен составлять (желательно) не менее 47-50 мм;
- чем больше диаметр керна, тем меньше влияние процесса бурения на его целостность;
- на маленьких кернах могут появиться дополнительные нарушения от бурения;
- *RQD* зависит от ориентации керна относительно структуры массива горных пород;
- показатель *RQD* не чувствителен для условий хорошего или очень хорошего массива.

По значению *RQD* массив горных пород разделяется на следующие классы:

- неповрежденная порода – (*RQD* = 100%);
- большая блочность – (*RQD* = 80-100%);

- средняя блочность – (*RQD* = 50-80%);
- маленькая блочность – (*RQD* < 50%);
- слоистая (анизотропная).

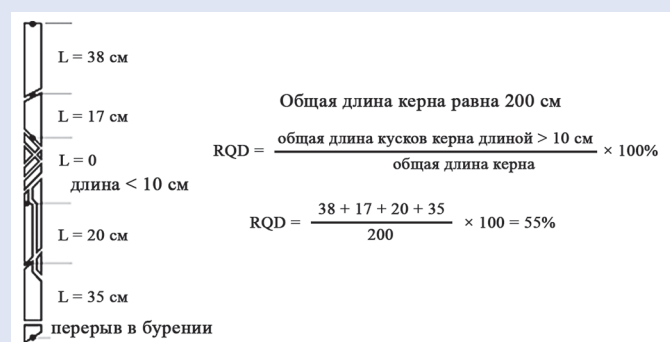
Для определения *RQD* были проведены замеры трещиноватости массива по методике, приведенной на рис. 2. Замеры были организованы на горизонтах +288, +240, +192, +144 м.

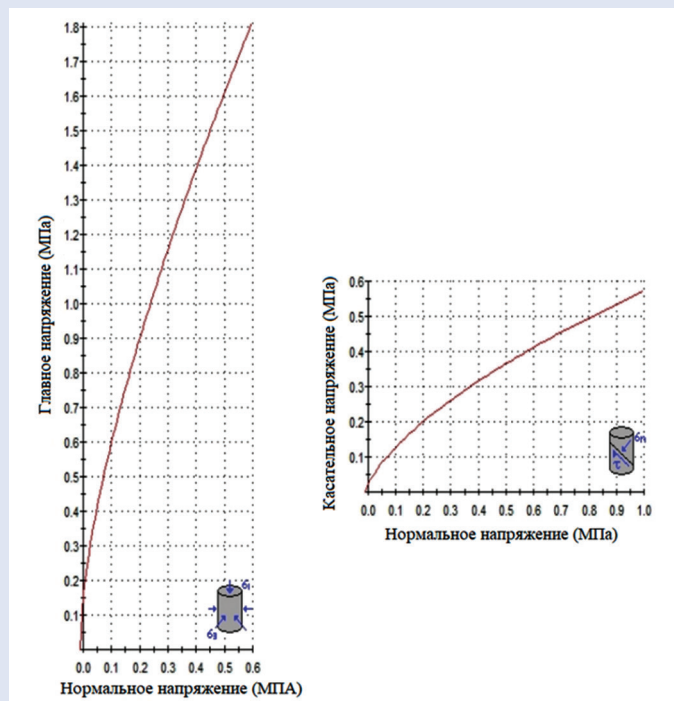
По анализу горно-геологической документации рудника Ушкатын-III средний выход керна по месторождению составляет: по руде – 71%, по вмещающим породам – 76%. По результатам определения *RQD* равен 65-75%, рейтинг *J<sub>A2</sub>* – 13.

Расстояние между трещинами (рейтинг *J<sub>A3</sub>*) замерялось с помощью рулетки на контурах горных выработок горизонтов +288, +240, +192, +144 м [3]. В табл. 4 приведены средние расстояния между трещинами и количество систем трещин.

Характеристики трещин (рейтинг *J<sub>A4</sub>*) для определения рейтинга *RMR* приведены в табл. 5. Здесь показаны усредненные значения по рассматриваемым участкам массива горных пород.

Обводненность выработки (рейтинг *J<sub>A5</sub>*) и ориентация трещин (рейтинг *J<sub>B</sub>*). Подземные горные

Рис. 1. Порядок измерения и расчета *RQD*.Сурет 1. *RQD* өлшеу және есептеу тәртібі.Figure 1. The order of measurement and calculation of *RQD*.



**Рис. 2. Зависимость главных напряжений  $\sigma_1$  от  $\sigma_3$  и касательных напряжений от нормальных напряжений.**

**Сурет 2. Негізгі кернеулердің  $\sigma_1$ -ден  $\sigma_3$ -ке және тангенс кернеулерінің қалыпты кернеулерге тәуелділігі.**

**Figure 2. Dependence of the main stresses  $\sigma_1$  on  $\sigma_3$  and tangential stresses on normal stresses.**

выработки рудника «Ушкатын-III» по обводненности оцениваются как влажные. *Рейтинг JA5* будет равен 10.

*Рейтинг JB* – показатель ориентации трещин – оценивается как средний, т. е. условия проведения горных выработок является благоприятным. *Рейтинг JB* равен (-2). В табл. 6 приведен рейтинг *RMR* (1) и показатель *GSI* (1) по рассматриваемым участкам (табл. 7). Показатель *GSI* является исходным данным для уточнения физико-механических свойств горных пород с помощью программы RocLab.

**Таблица 3**  
**Индекс качества породы RQD**  
**Кесте 3**  
**RQD жыныс сапасының индексі**  
**Table 3**  
**Breed Quality Index RQD**

Значение RQD	Качество горной породы
0-25	Очень слабый
25-50	Слабый
50-75	Средний
75-90	Крепкий
90-100	Очень крепкий

**Таблица 4**  
**Расстояние между трещинами**  
**Кесте 4**  
**Жарықтар арасындағы қашықтық**  
**Table 4**  
**Distance between cracks**

Участки по отметкам	1 система трещин	2 система трещин	3 система трещин	Рейтинг JA3
373-288	0,20	0,53	0,32	10
288-240	0,18	0,58	0,36	8
240-192	0,16	0,38	0,41	8
192-144	0,21	0,43	0,46	10
144-96	0,26	0,47	0,42	10

Среднее расстояние между трещинами 0,2-0,6 м.  
Общий *Рейтинг JA3* – 10

**Уточнение физико-механических свойств с применением программы RocLab**

RocLab – компьютерная программа для определения параметров прочности массива горных пород, разработанная канадской фирмой Rocscience Inc и основанная на обобщенном критерии разрушения Ноек-Brown и Мора-Кулона<sup>4</sup>. Свойства массива горных пород, определяемые RocLab, могут быть использованы как исходные данные для ввода в программы численного анализа [4], такие как Phase2 (конечно-элементный анализ

**Таблица 5**  
**Характеристики трещин по рейтингу Рейтинг JA4**  
**Кесте 5**  
**Жарықшақ сипаттамалары рейтингі бойынша Рейтинг JA4**  
**Table 5**  
**Crack Characteristics by Rating JA4 Rating**

Шероховатость трещин	Длина трещин, м	Раскрытие трещин, мм	Заполнитель трещин	Выветрелость стенок трещин
Слегка шероховатые	от 0,5 до 3	от 0,1 до 3	Твердый заполнитель > 5 мм	Влажная
Рейтинг – 3	Рейтинг – 4	Рейтинг – 3	Рейтинг – 4	Рейтинг – 10

Общий *Рейтинг JA4* – 24

<sup>4</sup>Руководство пользователя RocLab. Анализ прочности массива горных пород на основе критерия разрушения Ноек-Brown и Кулона-Мора. – 2009. – 20 с.

**Таблица 6**  
**Значение рейтинга RMR и показателя GSI**

**Кесте 6**  
**RMR рейтингі мен GSI көрсеткішінің мәні**

**Table 6**  
**The value of the RMR rating and the GSI indicator**

Участки по отметкам	RMR	GSI
373-288	62	57
288-240	60	55
240-192	65	60
192-144	67	62
144-96	67	62

**Таблица 7**  
**Рассматриваемые участки для расчета**

**Есептеуге арналған учаскелер**

**Considered areas for calculation**

Участки по отметкам	Глубина с поверхности, м	Примечание
373-288	85	Зона коры выветривания
288-240	133	Скальный массив
240-192	181	Скальный массив
192-144	229	Скальный массив
144-96	277	Скальный массив

напряжений и расчет крепления при ведении горных работ) или Slide (анализ предельного равновесия при расчете устойчивости откосов).

Следующие задачи могут быть решены с помощью RocLab.

Определение обобщенных параметров прочности Hoek-Brown массива горных пород ( $mb$ ,  $s$ ,  $a$ ) по следующим вводимым значениям [5-7]:

- сопротивление одноосному сжатию ненарушенной породы  $\text{sigci}$ ,
- параметр ненарушенной породы  $mi$ ,
- геологический индекс прочности GSI,
- коэффициент нарушенности  $D$ .

Определение модуля деформации массива горных пород по следующим вводимым значениям [8-10]:

- модуль деформации ненарушенной породы  $Ei$ ;
- $Ei$  может быть опционально вычислен с помощью отношения модулей  $MR$ .

Измеритель напряжений.

Графический замер огибающей Hoek-Brown или Мора-Кулона для определения прочности (координат точек огибающей) при любых выбранных значениях напряжений (главных, нормальных и сдвигающих).

RocLab строит огибающую разрушения массива горных пород:

- в пространстве главных напряжений ( $\sigma_1$  от  $\sigma_3$ );
- в пространстве сдвигающих – нормальных напряжений ( $\tau$  от  $\sigma_n$ ).

**Исходные данные для программы RocLab**

**Rocklab бағдарламасының бастапқы деректері**

**Source data for the Rocklab program**

Участки по отметкам	Sigci, МПа	GSI	$mi$	$D$	$Ei$ (MR)	Глубина, м	Объемный вес, МН/м <sup>3</sup>
373-288	70	57	7	0	1000	85	0,020
288-240	90	55	10	0	700	133	0,027
240-192	100	60	10	0	700	181	0,027
192-144	120	62	10	0	700	229	0,027
144-96	120	62	10	0	700	277	0,027

**Прочностные показатели по критерию Hoek-Brown**

**Hoek-Brown критерийі бойынша беріктік көрсеткіштері**

**Strength indicators according to the Hoek-Brown criterion**

Участки по отметкам	Прочность неповрежденной горной породы, МПа	Параметр $mb$	Параметр $s$	Модуль Юнга, МПа
373 – 288	70	1,507	0,0084	70000
288 – 240	90	2,005	0,0067	63000
240 – 192	100	2,397	0,0117	70000
192 – 144	120	2,574	0,0147	84000
144 - 96	120	2,574	0,0147	84000

Графики соответствуют текущим данным в боковой панели. По умолчанию на экране одновременно отображаются графики как в главных, так и сдвигающих – нормальных напряжений.

В табл. 8 приведены исходные данные для определения прочностных параметров по критерию Нок-Браун.

На рис. 2 приведен график зависимости главных нормальных напряжений  $\sigma_1$  от  $\sigma_3$  и касательных напряжений от нормальных напряжений.

В табл. 9 приведены результаты определения прочностных параметров горных пород месторождения «Ушкатын-3» по критерию Нок-Браун [11].

### Заключение

В результате исследования проведены изучение структуры массива и съемки трещиноватости горных пород на контурах горных выработок рудника Ушкатын-III на горизонтах +288 м, +240 м, +192 м, +144 м по определению индекса геологической прочности  $GSI$  и рейтинга массива горных пород  $RMR$ , а также уточнение физико-механических свойств горных пород с применением программы RocLab. Прочностные параметры по Нок-Браун используются в качестве исходных данных численного моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород при процессе самообрушения охранных целиков.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нок Е., Браун Е.Т. Практические оценки прочности массива горных пород. // *Международный журнал горной механики и горных наук.* – 1997. – Т. 34. – №8. – С. 1165-1186 (на английском языке)
2. Deere D.U. Геологические соображения. // *Механика горных пород в инженерной практике.* / Под ред. R.G. Stagg, D.C. Zienkiewicz. – Нью-Йорк: Wiley, 1968. – С. 1-20 (на английском языке)
3. Имашев А.Ж., Таханов Д.К., Балпанова М.Ж., Муратулы Б. Численное моделирование процесса самообрушения при отработке охранных целиков. // *Международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения).* – Караганда, 2019. – №11. – С. 137-139 (на казахском языке)
4. Имашев А.Ж., Таханов Д.К., Балпанова М.Ж., Муратулы Б. Определение параметров целиков в условиях Жайремского месторождения. // *Горный журнал Казахстана.* – Алматы, 2019. – №6. – С. 37-40 (на казахском языке)
5. Нок Е., Carranza-Torres С.Т., Corkum В. Критерий отказа Хука-Брауна – издание 2002 года. // *Труды Встречи Североамериканского общества механиков горных пород в Торонто в июле 2002 года.* – Торонто, 2002. – №1. – С. 267-273 (на английском языке)
6. Нок Е., Diederichs M.S. Эмпирическая оценка модуля горной массы. // *Международный журнал механики горных пород и горных наук.* – 2006. – №43. – С. 203-215 (на английском языке)
7. Forster K., Milne D., Pop A. Факторы добычи полезных ископаемых и горной массы, влияющие на разжижение подвесных стен. // *Механика горных пород: решение проблем и требований общества.* – 2007. – С. 1361-1366 (на английском языке)
8. Sultanov M.G., Mataev A.K., Kaumetova D.S., Abdrashev R.M., Kuantay A.S., Orynbayev V.M. Разработка выбора типов параметров опор и технологий их возведения на месторождении Восход. // *Уголь.* – 2020. – №10. – С. 17-21 (на английском языке)
9. Arystan I.D., Baizbaev M.B., Mataev A.K., Abdieva L.M., Bogzhanova Zh.K., Abdrashev R.M. Выбор и обоснование технологии крепления подготовительных выработок в неустойчивых массивах на примере шахты «10 лет независимости Казахстана». // *Уголь.* – 2020. – №6. – С. 10-14 (на английском языке)
10. Petlovanıı M., Ruskykh V., Zubko S., Medianuk V. Зависимость качества добываемых руд от геологического строения и свойств нависающих стеновых пород. // *Веб-конференция E3S.* – 2020. – №201. – С. 01027 (на английском языке)
11. Abdellah W.R.E., Hefni M.A., Ahmed H.M. Факторы, влияющие на устойчивость отвесных стенок очистных забоев и разрежение руды в узкожилых месторождениях: Часть 1. // *Геотехника и инженерно-геологическое проектирование.* – 2019. – №38(2). – С. 1451-1470 (на английском языке)

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Нок Е., Браун Е.Т. Тау жыныстарының беріктігін практикалық бағалау. // *Тау-кен механикасы және тау-кен ғылымдарының халықаралық журналы.* – 1997. – Т. 34. – №8. – С. 1165-1186 (ағылшын тілінде)

2. *Deere D.U. Геологиялық ойлар, инженерлік практикадағы тау жыныстарының механикасы. / Өңдеген R.G. Stagg, D.C. Zienkiewicz. – Нью-Йорк: Wiley, 1968. – Б. 1-20 (ағылшын тілінде)*
3. *Имашев А.Ж., Таханов Д.К., Балпанова М.Ж., Мұратұлы Б. Қорғаушы кентіректерді қазып алу кезіндегі өздігінен құлау үрдісін сандық моделдеу // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (Сағынов оқулары). – Қарағанды, 2019. – Б. 137-139 (қазақ тілінде)*
4. *Имашев А.Ж., Таханов Д.К., Балпанова М.Ж., Мұратұлы Б. Жәйрем кенорны жағдайында кентіріректердің параметрлерін анықтау. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2019. – №6. – Б. 37-40 (қазақ тілінде)*
5. *Hoek E., Carranza-Torres C.T., Corkum B. Хук-Браунның сәтсіздік критерийі – 2002 жылғы басылым. // 2002 жылғы шілдеде Торонтодағы Солтүстік Америкалық тау-кен механикасы қоғамының жиналысының материалдары. – Торонто, 2002. – №1. – Б. 267-273 (ағылшын тілінде)*
6. *Hoek E., Diederichs M.S. Тау массасы модулін эмпирикалық бағалау. // Халықаралық тау жыныстары және тау-кен механикасы журналы. – 2006. – №43. – Б. 203-215 (ағылшын тілінде)*
7. *Forster K., Milne D., Pop A. Аспалы қабырғалардың сұйылтылуына әсер ететін тау-кен және тау-кен факторлары. // Тау жыныстарының механикасы: қоғамның проблемалары мен талаптарын шешу. – 2007. – С. 1361-1366 (ағылшын тілінде)*
8. *Sultanov M.G., Mataev A.K., Kaumetova D.S., Abdrashev R.M., Kuantay A.S., Orynbayev V.M. Восход кен орнында тіректер параметрлерінің түрлерін және оларды тұрғызу технологияларын таңдауды әзірлеу. // Көмір. – 2020. – №10. – Б. 17-21 (ағылшын тілінде)*
9. *Arystan I.D., Baizbaev M.B., Mataev A.K., Abdieva L.M., Bogzhanova Zh.K., Abdrashev R.M. «Қазақстан Тәуелсіздігіне 10 жыл» шахтасының мысалында тұрақсыз массивтерде дайындық қазбаларын бекіту технологиясын таңдау және негіздеу. // Көмір. – 2020. – №6. – Б. 10-14 (ағылшын тілінде)*
10. *Petlovanyi M., Ruskykh V., Zubko S., Medianyk V. Өндірілетін кендердің сапасының геологиялық құрылымына және асып түсетін қабырға жыныстарының қасиеттеріне тәуелділігі. // E3S веб-конференциясы. – 2020. – №201. – Б. 01027 (ағылшын тілінде)*
11. *Abdellah W.R.E., Hefni M.A., Ahmed H.M. Тазарту кенжарларының мөлдір қабырғаларының тұрақтылығына және тар кен орындарындағы кендердің сиретілуіне әсер ететін факторлар: Бөлім I. // Геотехника және инженерлік-геологиялық жобалау. – 2019. – №38(2). – Б. 1451-1470 (ағылшын 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. – P. 1165-1186 (in English)*
2. *Deere D.U. Geological Considerations, Rock Mechanics in Engineering Practice. / Ed. R.G. Stagg, D.C. Zienkiewicz. – New York: Wiley, 1968. – P. 1-20 (in English)*
3. *Imashev A.Zh., Takhanov D.K., Balpanova M.Zh., Muratuly B. Chislennoe modelirovanie processa samoobrusheniya pri otrabotke oxrannykh celikov [Numerical simulation of the process of self-destruction during the development of security targets]. // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizacii Plana natsii» (Saginovskie chteniya) = International Scientific and Practical Conference «Integration of science, education and production is the basis for the implementation of the Plan of the Nation» (Saginov Reading). – Karaganda, 2019. – №11. – P. 137-139 (in Kazakh)*
4. *Imashev A.Zh., Takhanov D.K., Balakhanova M.Zh., Muratuly B. Opredelenie parametrov celikov v usloviyax Zhajremskogo mestorozhdeniya [Determination of the parameters of the tselikov in the conditions of the Zhayremskoye field]. // Gornyy zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2019. – №6. – P. 37-40 (in Kazakh)*

5. Hoek E., Carranza-Torres C.T., Corkum B. (2002), *Hoek-Brown failure criterion – 2002 edition. Proceedings of the North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002. – Toronto, 2002. – №1. – P. 267-273 (in English)*
6. Hoek E., Diederichs M.S. *Empirical estimation of rock mass modulus. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2006. – №43. – P. 203-215 (in English)*
7. Forster K., Milne D., Pop A. *Mining and rock mass factors influencing hanging wall dilution. // Rock Mechanics: Meeting Society's Challenges and Demands. – 2007. – P. 1361-1366 (in English)*
8. Sultanov M.G., Mataev A.K., Kaumetova D.S., Abdrashev R.M., Kuantay A.S., Orynbayev B.M. *Development of the choice of types of support parameters and technologies for their construction at the voskhod field. // Coal. – 2020. – №10. – P. 17-21 (in English)*
9. Arystan I.D., Baizbaev M.B., Mataev A.K., Abdieva L.M., Bogzhanova Zh.K., Abdrashev R.M. *Selection and justification of technology for fixing preparatory workings in unstable massifs on the example of the mine 10 years of independence of Kazakhstan. // Coal. – 2020. – №6. – P. 10-14 (in English)*
10. Petlovanyi M., Ruskykh V., Zubko S., Medianyk V. *Dependence of the mined ores quality on the geological structure and properties of the hanging wall rocks. // E3S Web of Conferences. – 2020. – №201. – P. 01027 (in English)*
11. Abdellah W.R.E., Hefni M.A., Ahmed H.M. *Factors influencing stope hanging wall stability and ore dilution in narrow-vein deposits: Part 1. // Geotechnical and Geological Engineering. – 2019. – №38(2). – P. 1451-1470 (in English)*

#### Сведения об авторах:

**Мұратұлы Б.**, докторант кафедры «Разработка месторождения полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [berikbol\\_1993@mail.ru](mailto:berikbol_1993@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-3444-4593>

**Таханов Д.Қ.**, канд. техн. наук, научный сотрудник Товарищества с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр «ISM Group»» (г. Караганда, Казахстан), [takhanov80@mail.ru](mailto:takhanov80@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2360-9156>

**Махмудов Д.Р.**, PhD, доцент, заведующий кафедрой «Геотехнология угольных и пластовых месторождений» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), [dmahmudov@yandex.ru](mailto:dmahmudov@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0003-0801-4311>

**Матаев А.Қ.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [mataev.azamat@mail.ru](mailto:mataev.azamat@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-9033-8002>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Мұратұлы Б.**, Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті», «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Таханов Д.Қ.**, техника ғылымдарының кандидаты, Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі «ISM Group» ғылыми-зерттеу орталығының ғылыми қызметкері (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Махмудов Д.Р.**, PhD докторы, доцент, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университеті, «Көмір және қабат кен орындарының геотехнологиясы» кафедрасының меңгерушісі (Ташкент қ., Өзбекстан)

**Матаев А.Қ.**, PhD, Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті», «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Muratuly B.**, Doctoral Student at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Takhanov D.K.**, Candidate of Technical Sciences, Research Associate of the Limited Liability Partnership «Scientific Research Centre «ISM Group»» (Karaganda, Kazakhstan)

**Makhmudov D.R.**, PhD, Docent, Head at the Department of «Geotechnology of Coal and Reservoir Deposits» of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)

**Matayev A.K.**, PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Код МРНТИ 52.13.23

\*A. Zhumabekova, V. Demin, E. Abeuov, G. Tanekeyeva

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

## MINE WORKINGS SUPPORTING TECHNOLOGIES ON STRESS AND STRAIN STATE CONTROL BASIS

**Abstract.** The development and pilot testing of high-tech resource-saving methods and active means of securing workings and stabilizing the rock mass is still relevant in the coal industry, taking into account the high technical and economic effect and improving the safety of mining operations. To maintain development workings in front of the longwall, accessible domestic technologies are being developed based on the management of the stress-strain state of the near-contour rock mass. This review provides an opportunity to: analysis of the practical use of anchoring and resin fixing compounds in coal mines; study of the parameters of deformation processes in mine workings; establishing the influence of anchoring technology on the operational characteristics of a mine working.

**Key words:** zone of manifestation of increased rock pressure, technological schemes, support, reference pressure, anchor support resistance, roof displacement, mine workings, study of deformation processes, supporting parameters, coal mining.

### Кернеулі-пішіні өзгерген күйде бақылауға негізделген тау-кен қазбаларын бекіту технологиялары

**Анатпа.** Жоғары техникалық-экономикалық тиімділікті және тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін арттыруды ескере отырып, көмір өнеркәсібінде қазбаларды бекітудің және тау сілемін тұрақтандырудың жоғары технологиялық ресурсын үнемдейтін әдістерін және белсенді құралдарын әзірлеу және тәжірибелік сынақтан өткізу өзекті болып табылады. Ұзын қабырға алдында өңдеу жұмыстарын жүргізу үшін контурға жақын тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйін басқару негізінде қолжетімді отандық технологиялар әзірленуде. Бұл шолу мыналарға мүмкіндік береді: көмір шахталарында анкерлік бекіткіш пен шайырлы бекітетін құрамдарды практикалық пайдалануды талдау; тау-кен қазбаларындағы пішінін өзгеру үдерісінің параметрлерін зерттеу; анкерлік бекіту технологиясының тау-кен өндірісінің пайдалану сипаттамасына әсерін анықтау.

**Түйінді сөздер:** тау жыныстары қысымының жоғарылау аймағы, технологиялық сызбалар, бекіткіш, анықтамалық қысым, анкерлік бекіткіш кедергісі, тау жынысы төбесінің жылжуы, тау-кен қазбалары, деформациялық процестерді зерттеу, бекіту параметрлері, көмір өндіру.

### Технологии крепления горных выработок на основе управления напряженно-деформированным состоянием

**Аннотация.** Разработка и опытно-промышленная апробация высокотехнологичных ресурсосберегающих способов и активных средств крепления выработок и стабилизации горного массива является в угольной отрасли до сих пор актуальной с учетом высокого технико-экономического эффекта и повышения безопасности горных работ. Для поддержания подготовительных выработок впереди лавы на основе управления напряженно-деформированным состоянием приконтурного массива горных пород разрабатываются доступные отечественные технологии. Проведенный обзор дает возможность провести: анализ практического использования анкерного крепления и смоляных закрепляющих составов в угольных шахтах; исследование параметров деформационных процессов в горных выработках; установление влияния технологии анкерного крепления на эксплуатационную характеристику горной выработки.

**Ключевые слова:** зона проявления повышенного горного давления, технологические схемы, крепь, опорное давление, сопротивление анкерной крепи, смещения кровли выработки, горные выработки, изучение деформационных процессов, параметры крепления, добыча угля.

### Introduction

Underground mine workings of the mines of the Karaganda coal basin are in an unstable state (displacement of rocks of the roof, soil and sides) and are maintained with great labor intensity of work and material costs, since there are no justifications for the compliance of the supporting parameters with operating conditions in mining and geological, technical and production conditions. In order to make reasonable technological decisions to determine the parameters of the lining and its efficient operation, it becomes necessary to perform a geomechanical predictive assessment of the deformed state of the rocks of the enclosing rock mass around the workings. Accordingly, the introduction of technology and means, taking into account the stress-strain state of the host rocks, makes it possible to reduce material and labor costs and reasonably apply the parameters of mine workings support.

One of the current trends in the coal industry today is the development of high-tech resource-saving methods

and active means of securing workings and stabilizing the rock mass with the achievement of a technical and economic effect and improving the safety of mining.

Underground mine workings of coal mines are the objects of research that are carried out and maintained in various mining and geological and mining technical operating conditions, including complicating factors such as: zones of increased and reference rock pressure, the presence of geological disturbances in various schemes for the development of mining operations, under- and layer processing.

The purpose of this article is to analyze the development of technology for maintaining development workings in front of the lava based on the management of the stress-strain state of the near-contour rock mass.

The use of developments in technologies for conducting mine workings, taking into account the stress-strain state of a coal-rock massif, to establish optimal supporting parameters depending on mining, geological and mining operating conditions, based on

digital modeling of processes in host rocks around a mine working with the interaction of a rigid lining and a near-contour rock mass, is achieved with the successful application of methods and means of metal rods with a helical surface and rope-cable anchors of deep laying, installed in drilled holes in a given order in density, angle and length on fixing chemical compositions, in the zone of stress state (reference rock pressure ahead of the longwall) according to the criterion of rock strength for their fixation (weakened rocks, where inelastic deformations are manifested), which interact with each other and the host rocks, and, if necessary, with contour resin injection, creating a stable beam with a single-level and supporting system – with a two-level supporting (with attachment to stable roof rocks) of the enclosing array around the contour of the working.

When conducting an analysis of the practical use of anchoring and resin fixing compounds in coal mines; study of the parameters of deformation processes in mine workings; assessment of the technological parameters of the



use of rock bolts, depending on the geological and mining conditions of mine workings; study of the stress-strain state of the rock mass around the workings through analytical modeling; establishing the influence of anchor supporting technology on the operational characteristics of a mine working, methods and means of supporting and stabilizing the enclosing rock mass were developed, which will allow controlling geomechanical processes to reduce the intensity of the formation of delamination zones, fracturing and zones of discontinuity, weakened zones and reduce increased deformations of the coal-rock massif in the stope and around the development working, to avoid the formation of zones with excessive stress-strain state of the rock mass to increase stability and reduce the defectiveness of the rock mass.

#### Materials and research methods

During the study, the following methods were used: monitoring the stability of mine workings of the mines of the Karaganda coal basin with the determination of the patterns of manifestations of rock pressure depending on mining and geological factors and mining operating conditions, taking into account computer modeling of geomechanical processes in the enclosing coal-rock massif.

#### Results and discussion

The development of advanced technological solutions for the implementation of the technology of anchoring workings in front of the longwall and strengthening the rocks with resins to strengthen the disturbed (or weakened) rock mass to ensure the efficient and safe operation of coal mine links is of great practical importance and requires the implementation of appropriate types of work:

- development of technology and means of supporting, taking into account the geomechanical state of the massif and schemes for the development of mining operations;

- to form progressive technological solutions, to manufacture a pilot batch of means for contour strengthening of the rock mass and to monitor the technologies being introduced for supporting the contours of workings (testing pilot batches for various purposes);

#### Characteristics of polymer ampoules

#### Полимерлі ампулалардың сипаттамасы

#### Характеристики полимерных ампул

Hard capsule type	Gel time, s	Hardening time, s
Fast	10-18	8-10
Medium	40-55	10-15
Slow	70-200	30-50

- carrying out pilot testing and implementation of the results of research to improve the technological schemes for working with rope and composite anchors in the mines of the Karaganda coal basin;

- to create progressive methods of supporting during workings in the zones of geological disturbances, zones of increased rock pressure

(technological schemes), incl. with synthetic resins.

The study consists in substantiating the qualitative and quantitative parameters of mine workings contour support systems, taking into account the geomechanics of the coal-rock enclosing massif, based on the developed technological approaches to create safe conditions and increase

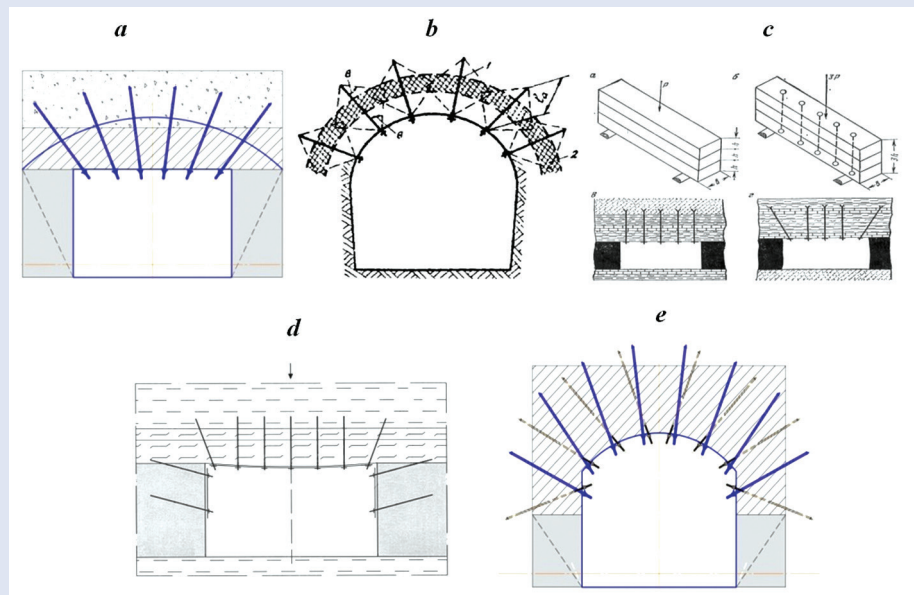


Figure 1. Theories used in the calculation justification of the parameters of the anchor lining.

Сурет 1. Анкерлік қаптаманың параметрлерін негіздеу есебінде қолданылатын теориялар.

Рис. 1. Теории, использованные при расчетном обосновании параметров анкерной крепи.

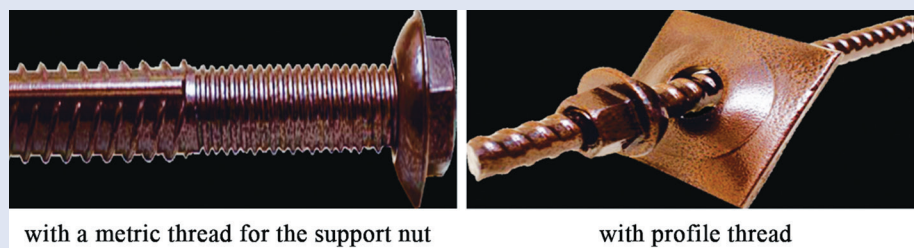


Figure 2. Rigid steel (metal) anchor.

Сурет 2. Қатты болат (металл) якорь.

Рис. 2. Жесткий стальной (металлический) анкер.



**Figure 3. Fiberglass anchor with a solid rigid base plate.**

**Сурет 3. Қатты негіз пластинасы бар шыны талшықты якорь.**

**Рис. 3. Анкер из стеклопластика со сплошной жесткой опорной плитой.**

labor efficiency in high-performance stopes and development faces; as well as the location of the contour support relative to the bedding of rock layers; determining the parameters of a single-level beam anchor supporting; the location of the contour supporting relative to the elements of the working during heaving of soil rocks; creation of a fixing contour beam above the working with the establishment of the influence of the strength of the host rocks on the magnitude of stresses and delaminations of the boundary rocks; in the study of the stress-strain state of the rock mass during the supporting of workings in the zone of support pressure of the stope in front of the longwall; in establishing the influence of technological factors on the conditions for maintaining the contours of mine workings: the angle of inclination of the contour anchors on the stress state of the rock mass.

In this regard, the scientific significance lies in:

- study of the stability of workings fixed with anchor bolting at the mine of the Karaganda coal basin with the determination of the parameters of deformation processes (according to the results of industrial observations);
- establishing patterns of development of the sizes of zones of development of deformations and stresses around the working from geological and technological parameters to the reference rock pressure in front of the lava (analytical modeling), with one- and two-level supporting.

According to the conducted research, the following points should be noted:

- the angle of inclination of the contour rope anchor for workings with a rectangular shape is recommended to be  $75-77^\circ$  at minimum normal stresses, when installed in the zone of influence of mining (cleaning) works in front of the lava;
- load-bearing anchor beam provides a reduction in stresses perpendicular to the layering of rocks with a single-level anchor lining by 10-15% and a smaller spacing on the sides of the working – by 20%; reduction of heaving of the working soil – by up to 5%;
- the integrity of the roof, reinforced with anchors 2.4 m long, is maintained at horizontal stresses up to 15-16 MPa, and at stresses of 16-19 MPa or more, the integrity of the roof is ensured by installing rope anchors; with the growth of vertical stresses, it is carried out by binding the near-contour massif of weak rocks with the overlying rocks using deep anchors, which leads to the suspension of the formed bearing beam of rocks to a stable massif and balancing the load on the working support;
- the influence of the strength of the host rocks on the magnitude of stresses and delaminations of contour rocks: 2.4 m for strong rocks (compressive strength 40-60 MPa); 2.6 m for rocks of medium strength (compressive strength 35-40 MPa); 2.8 m for low-strength rocks (compressive strength less than 35 MPa) and 3.8 m for unstable rocks;
- regularities of the influence of the anchor length, the depth of development and the thickness of an unstable layer (for example, mudstone) on the stability of a rectangular mine working.

As a result of the work described above, recommendations were given on the effective use of the technology of anchoring the workings

during development workings in the zones of tectonic disturbances and smolyanization of the disturbed rock mass at the junctions and in the longwalls of the mining areas of the mines of the Karaganda coal basin.

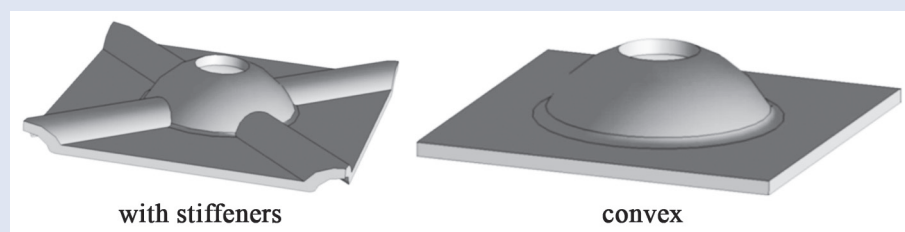
There are five main theories (Figure 1) used in the calculation justification of the parameters of the anchor lining: suspension of the direct roof to stable rocks (*a*); formation of a load-bearing structure – an anchor bridge (*b*); compression of supporting rocks (*c*) – layered beam interaction; joint work of the support and the array (*d*) – with their equal strength; energy theory (*e*), based on the fact that a dangerous state occurs when the specific potential energy of shape change reaches the limit value [1].

The main types of anchor bolting can be divided according to the design of the anchor rod: metal locking; metal lockless (explosive); wooden; reinforced concrete; steel-mineral; steel polymer; plastic; basalt-plastic; friction; injection; self-drilling; rope.

*Metal rigid anchor.* Anchor is a rigid metal rod that is installed in the roof or side wall of a working and is used in combination with a full pour of resin (cement mortar) in a hole (borehole) or other appropriate substance to provide a reinforced roof and the sides of a working (Figure 2).

*Fiberglass anchor* – rod made of fiberglass materials and characterized by high tensile strength. Anchors are fastened in boreholes using polymer ampoules or polymer compounds (Figure 3).

*A support spherical washer (support damping plate)* is used in combination with an anchor and a hemisphere nut and helps to distribute the load, ensuring the correct location regardless of the angle of installation of the anchor, reducing erosion around the mouth of the anchor hole (Figure 4).



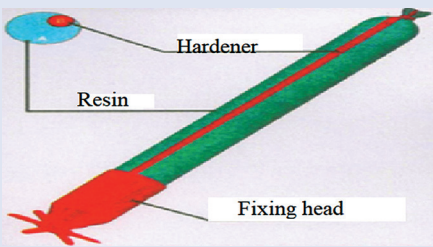
**Figure 4. Steel spherical washer.**

**Сурет 4. Болат сфералық шайба.**

**Рис. 4. Стальная сферическая шайба.**



**Figure 5. Rope injection anchor.**  
**Сурет 5. Арқанды бүрку анкері.**  
**Рис. 5. Канатный инъекционный анкер.**



**Figure 6. Polymeric or mineral anchor fixer in the form of ampoules.**

**Сурет 6. Ампулалар түріндегі полимерлі немесе минералды анкерлік бекіткіш.**

**Рис. 6. Полимерный или минеральный анкерный фиксатор в форме ампул.**

*Hemisphere nut* – must be made of steel or fiberglass, hexagonal and the distance between the faces must be 36 m.

*Strip anchor catch (strip)* – metal strips with holes installed in the roof and sides of the workings, connecting the anchors in rows into a single jointly working system. In the structures of support-anchor supporting, the following are used: lightweight grabs – with an installation density of anchors in the roof of more than 1 piece/m<sup>2</sup>; reinforced grabs – with an anchor density of less than 1 piece/m<sup>2</sup>.

*Rope anchor*<sup>1</sup> is designed for fixing mine workings by deep anchoring of surrounding rocks (5-7 m and more). The rope anchor is fixed using a polymer composition or cement mortar along the entire length of the hole. To control the completeness of filling the hole with a fixing composition, a central air outlet tube was introduced into the anchor design.

*Rope injection anchor.* Designed for fixing unstable rocks at mates

(Figure 5), mine workings by deep anchoring of surrounding rocks. The rope anchor is fixed using a polymer composition or cement mortar along the entire length of the hole. To control the completeness of filling the hole with a fixing composition, a central air outlet tube was introduced into the anchor design. The injection of the bonding composition into the borehole is stopped when resin appears from the air outlet tube [2].

*Chemical resin* is an encapsulated material used to create adhesion between the anchor and the side rocks of the roof and sides (soil) of the working. Capsules (Figure 6) should contain filled polyester resin and catalyst in separate compartments with a fragile shell [3-5].

The gel time and the hardening time of the chemical material after mixing the capsules into the hole for 20 seconds at a temperature of 20-30°C and must comply with Table 1.

*PUR-cartridges* (Figure 7) contain a fast-reacting polyurethane resin in a two-section plastic shell. The holes are drilled at the site of the PUR-cartridge use. The distance between the holes depends on the degree of the coal looseness or the environment and on the expected load. The cartridges are individually placed as deep as possible to the bottom of the hole. A tetrahedral wooden block is partially hammered into the hole and then screwed in until it stops using the rotary drill or the impact drill with an adapter.

To strengthen the coal massif in the development workings there are

drilled holes in the side of the mine working at the intervals of 0.8-1.0 m in two rows; the holes in the bottom row are drilled at the distance of 0.8-1.0 m from the top in the chessboard pattern; the length of the holes is 2.0-2.2 m, the diameter of the hole is 43 mm; PUR cartridges are placed in the hole and sent to the bottom of the hole with a wooden bar; the length of the bar is 2.2-2.5 m, the cross-section of the bar is 30 × 30 mm, one end of the bar is beveled at the angle of 45°; the destruction and mixing of PUR-cartridges is performed by rotating the bar with an electric drill through an adapter within 10...15 s. The quality control of mounting a wooden anchor and the required number of PUR-cartridges per hole is controlled by the exit of the foamed composition from the mouth of the hole [6, 7].

*Basalt plastic anchor.* It is designed for supporting the sides of the workings (Figure 8), especially from the bottom side of the adjacent development workings for the long-wall face passage; it is not subject to corrosion.

*Friction anchor.* It is used for supporting massive unstable rocks in mines (Figure 9) with water being supplied to the internal cavity under high pressure (20 MPa) or by driving a metal spacer rod with the anchor wedging in the hole.

#### **Resin products for stabilization of unstable rock massifs**

*Two-component polyurethane resin BlockPUR* [2]. The technology of using the resin is presented in Figure 10: to stabilize an unstable and disturbed



**Figure 7. PUR cartridge supporting technology.**  
**Сурет 7. PUR картриджді қолдау технологиясы.**  
**Рис. 7. Технология крепления PUR картриджа.**

<sup>1</sup>Demin V.F., Zhurov V.V., Demina T.V. *Geomechanics in rock fixing.* – LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2013. – 185 s. (in Russian)



**Figure 8. Basalt plastic anchor.**  
Сурет 8. Базальт пластикалық якорь.

**Рис. 8. Анкер базальтопластиковый.**

rock massif; to mount anchors with strengthening the surrounding massif; waterproofing rocks and various structures. The types of resin are as follows: BlockPUR C for dry breeds; BlockPUR B for wet rocks; BlockPUR VI for waterproofing.

The operational advantages include a quick response; excellent adhesion; high strength and elasticity; resistance to aggressive effects of acids, alkalis, brines and other organic solvents.

#### Organic mineral resins

*Blockfil* is a two-component phenol foaming resin, the technology of which use is presented in Figure 1.11,a. The scope and conditions of use are as follows: filling out dumps and domes; filling voids to prevent gas accumulation; construction of fire lintels; fire insulation; jumper sealing; gas isolation; stabilization of the destroyed mountain range.

The advantages of its use include the following: a high speed foaming reaction does not require erecting an airtight formwork; a high foaming coefficient allows filling significant volumes of voids with low material consumption; it is a non-combustible material.

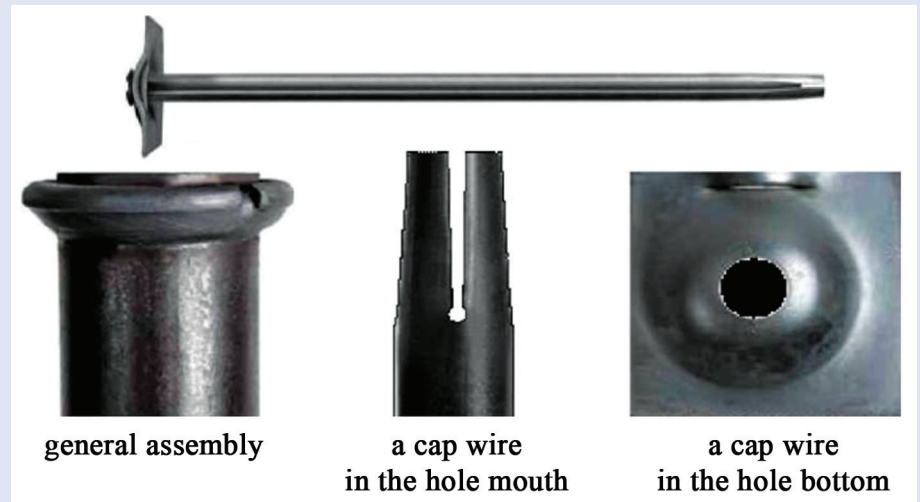
*Blocksil* is a two-component organic mineral resin. The technology of applying the resin is presented in Figure 11,b: to stabilize a weak and severely disturbed rock massif; coal strengthening in tunnel faces and lavas in zones of mining and geological disturbances; anchoring with the foundationless (pile) supporting of equipment and various designs; filling various voids by water displacement.

The advantages of the use are as follows: quick response, excellent adhesion, high strength and elasticity, it does not foam and does not expand even when in contact with water, it is resistant to aggressive effects of acids, alkalis, brines and other organic matters.

#### Discussion

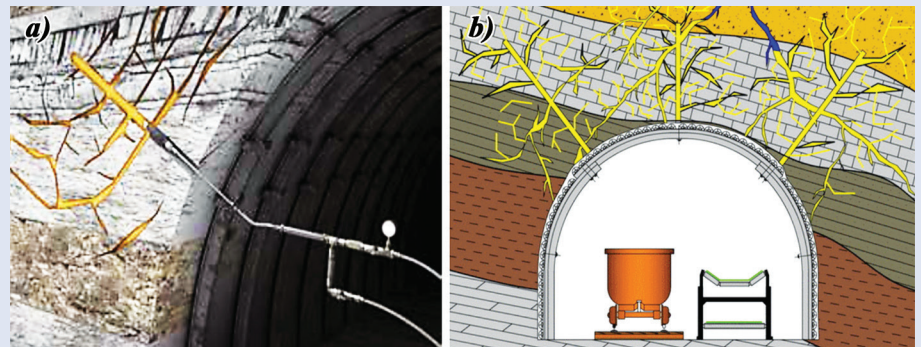
On the development of technological schemes, methods and means of working with supporting based on the establishment of regularities in the manifestations of the stress-strain

state of the coal-rock mass in the host rocks in numerical modeling and full-scale experiments in mine conditions to ensure a stable system of interaction between the supporting and the host rocks of the rock mass around mine



**Figure 9. Friction anchor of the mine version.**

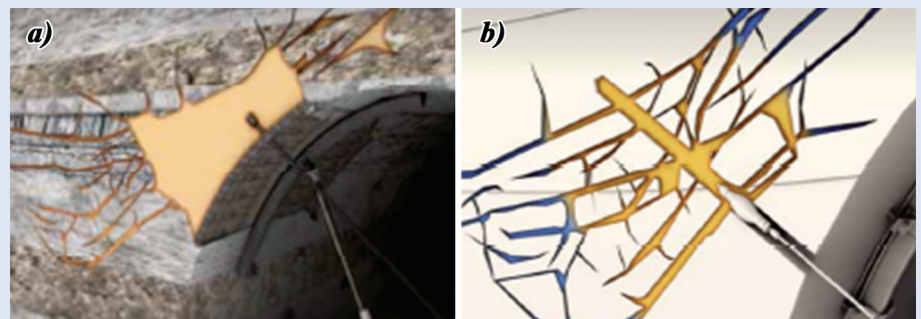
**Сурет 9. Шахта нұсқасының фриക്ഷнды анкері.**  
**Рис. 9. Анкер фриക്ഷонный шахтного исполнения.**



**Figure 10. Technology of using two-component polyurethane resin in the sides (a) and the roof (b) of the working.**

**Сурет 10. Жұмыстың бүйірлерінде (a) және шатырында (б) екі компонентті полиуретанды шайырды қолдану технологиясы.**

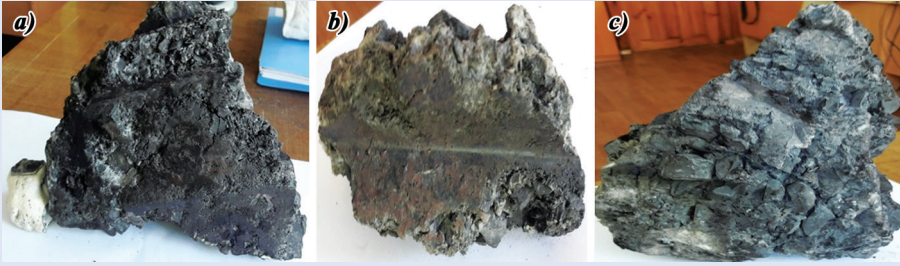
**Рис. 10. Технология применения двухкомпонентной полиуретановой смолы в бортах (a) и своде (б) выработки.**



**Figure 11. Technology of using two-component phenol foaming (a) and organic mineral (b) resins.**

**Сурет 11. Екі компонентті фенол көбіктендіргіш (a) және органикалық минералды (б) шайырларды қолдану технологиясы.**

**Рис. 11. Технология применения двухкомпонентных фенольных пенообразователей (a) и органоминеральных (б) смол.**



**Figure 12. The interaction of large and small fractions of rocks bonded with resin (a) and adhesion to the metal surfaces of arch metal and sheet profiled scrap (b); bonding of small and large fractions of the rock (c).  
Сурет 12. Шайырмен (a) байланыстырылған тау жыныстарының үлкен және кіші фракцияларының өзара әрекеттесуі және арка металдың және қаңылтыр профильді сынықтың металл беттеріне адгезиясы (b); тау жыныстарының кіші және үлкен фракцияларының байланысы (c).**

**Рис. 12. Взаимодействие крупных и мелких фракций пород, связанных смолой (a) и адгезия к металлическим поверхностям арочного металла и листового профилированного лома (b); склеивание мелких и крупных фракций породы (c).**

workings to maintain their contours, an assessment of the problem was made and the existing structures of contour laying systems when fixing mine workings supporting in coal (below) and ore mines [8, 9].

Despite significant increasing in the level of mechanization of production processes, the coal and mining industries remain the most labor-intensive industries not always with a high level of safety of production processes performing.

According to the results of the industrial tests of the polyurethane resin «BlokpurS» at the mine of the Karaganda coal basin, it was found:

- at least not lower but higher strength of the bonded loose rock mass

with the BlockPUR C resin with its lower consumption compared to the Bevedol-Bevedan polyurethane resin;

- excellent interaction between adjacent resin injections through perforated tubes from the drift;

- there is good adhesion to the metal surfaces of the arched metal and sheet profiled tightening;

- good bonding of fine and coarse fractions of the rock is achieved, and resin penetration is achieved in small cracks (0.15-0.2 mm in size), foaming and hardening in gaps and voids (Figure 12).

#### Conclusion

The industrial tests of the BlockPUR S polyurethane resin at the Kazakhstanskaya mine in the

conditions of the 324D6-2-B long wall face passed with a positive assessment of using the resin for fixing damaged, loosened rocks.

The pilot tests carried out allowed adapting and applying the developed technological solutions when using the BlockPUR S two-component polyurethane resin.

It should be noted that the development of rock pressure resulting from the interaction of host rocks with mine workings is decisively influenced by geological, mining and technological factors.

The deformed state of the massifs is a consequence of the interaction of stress fields and the properties of the massif (mostly physical and mechanical). The geomechanical conditions of supporting mining workings in the basin at great depths are characterized by increased complexity due to low strength of the rocks enclosing the coal seams, especially soils that already at low concentrations of rock pressure are prone to intense heaving.

This article presents the results of scientific and applied research on the production processes of the technology for conducting preparatory work in complicated mining and technical conditions for mining coal seams; the development of methods for controlling geomechanical processes during mining operations at the deep levels of coal mines; monitoring of implemented technologies for supporting the contours of mine workings.

#### REFERENCES

1. Rozenbaum M.A., Demekhin D.N. Deformational criteria for the stability of roof rocks and rock bolts. // *Journal of mining science*. – 2014. – Vol. 50. – Issue 2. – P. 260-264 (in English)
2. Baymuldin M.M., Demina T.V., Stefluuk Yu.Yu. Ocenka gorno-texnologicheskix uslovij primeneniya ankernogo krepneniya gornyx vyrabotok na ugol'nyx shaxtax [Assessment of mining and technological conditions for the use of anchor supporting of mine workings in coal mines. // *Izvestiya vuzov. Gornyj zhurnal = News of universities. Mining Journal*. – 2014. – №2. – P. 25-36 (in Russian)
3. Kuzmin S.V., Salvasser I.A., Meshkov S.A. Mechanism of rock heaving developing and it ways to fighting JSC «SUEKKuzbass». // *Mining information and analytical bulletin*. – Moscow: Gornaya kniga, 2014. – №3. – P. 120-126 (in English)
4. Lushnikov V.N., Eremenko V.A., Sandy M.P. et al. Krepnenie gornyx vyrabotok v usloviyax deformiruemyx i udaroopasnyx massivov gornyx porod [Mounting of mine workings in conditions of deformable and impact-prone rock massifs. // *Gornyj zhurnal = Mining Journal*. – 2014. – №4. – P. 37-43 (in Russian)
5. Eremenko V.A., Lushnikov V.N., Sandy M.P., Milkin D.A., Milshin E.A. Obosnovanie i vybor texnologii provedeniya, sposobov krepneniya i podderzhaniya gornyx vyrabotok

*v neustojchivyx gornyx porodax glubokix gorizontov Xolbinskogo rudnika [Substantiation and choice of technology for conducting, methods of fixing and maintaining mine workings in unstable rocks of deep horizons of the Kholbinsky mine. // Gornyi Zhurnal = Mining Journal. – 2013. – №7. – P. 59-67 (in Russian)*

6. *Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2019. – №5. – P. 16-21 (in English)*
7. *Sudarikov A.E., Stefluk Yu.Yu., Mausymbaeva A.D., Demina T.V. Ocenka vliyaniya ankernogo krepleniya geomexanicheskoe sostoyanie massiva vokrug gornoj vyrabotki. [Evaluation of the influence of anchoring on the geomechanical state of the massif around the mine working]. // Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauka i obrazovanie – vedushhie faktory Strategii», Kazaxstan – 2050» (Saginovskie chteniya) = Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Science and Education – the Leading Factors of the Strategy», Kazakhstan-2050» (Saginov Readings). – Karaganda, 2014. – №6. – Part 3. – P. 98-100 (in Russian)*
8. *Demin V.F., Baturkhanova A.T., Tomilov A.N., Zhumabekova A.E., Abekov U.E. Developing technological schemes of driving workings with controlled resistance of contours. // Bulletin of the National State Technical University. – Dnipro, 2019. – №3. – P. 22-28 (in English)*
9. *Nemova N.A., Tahanov D., Hussan B., Zhumabekova A.Ye. Technological solutions development for mining adjacent rock mass and pit reserves taking into account geomechanical assessment of the deposit. // Scientific Bulletin of the National Mining University. – Dnipro, 2020. – №2. – P. 17-24 (in English)*

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Rozenbaum M.A., Demekhin D.N. Шатырлы жыныстар мен тас болттарының тұрақтылығының деформациялық критерийлері. // Тау-кен ғылымының журналы. – 2014. – Көл. 50. – Шығ. 2. – Б. 260-264 (орыс тілінде)*
2. *Баймульдин М.М., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. Көмір шахталарында шахталық қазбаларды анкерлік бекітуді қолданудың тау-кен-технологиялық шарттарын бағалау. // Жоғары оқу орындарының жаңалықтары. // Тау-кен журналы. – 2014. – №2. – Б. 25-36 (орыс тілінде)*
3. *Kuzmin S.V., Salvasser I.A., Meshkov S.A. «СУЭККузбасс» АҚ тау жыныстарының көтерілу механизмі және онымен күресу жолдары. // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетень. – М.: Тау-кен кітабы, 2014. – №S3 – Б. 120-126 (ағылшын тілінде)*
4. *Лушников В.Н., Еременко В.А., Санди М.П. және т.б. Деформацияланатын және соққыға бейім тау жыныстары массивтері жағдайында кен қазбаларын бекіту. // Тау-кен журналы. – 2014. – №4. – Б. 37-43 (орыс тілінде)*
5. *Еременко В.А., Лушников В.Н., Санди М.П., Милкин Д.А., Мильшин Е.А. Холбинский кенішінің терең горизонттарының тұрақсыз тау жыныстарында кен қазбаларын бекіту және күтіп ұстау әдістерін, жүргізу технологиясын негіздеу және таңдау. // Тау-кен журналы. – 2013. – №7. – Б. 59-67 (орыс тілінде)*
6. *Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. Көмір қабаттарының тектоникалық бұзылыстарының тау-кен қазбаларын қарнақпен бекіту параметрлеріне әсерін зерттеу. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – 2019. – №5. – Б. 16-21 (ағылшын тілінде)*
7. *Судариков А.Е., Стефлюк Ю.Ю., Маусымбаева А.Д., Демина Т.В. Кеніштің айналасындағы массивтің геомеханикалық жағдайына якорьдің әсерін бағалау. // «Ғылым және білім – стратегияның жетекші факторлары»: Қазақстан-2050 халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары (Сағынов оқулары). – Қарағанды, 2014. – №6. – Бөл. 3. – Б. 98-100 (орыс тілінде)*
8. *Demin V.F., Baturkhanova A.T., Tomilov A.N., Zhumabekova A.E., Abekov U.E. Контурлардың реттелетін кедергісі бар жұмыстарды жүргізудің технологиялық схемаларын әзірлеу. // Ұлттық мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. – Днепр, 2019. – №3. – Б. 22-28 (ағылшын тілінде)*
9. *Nemova N.A., Tahanov D., Hussan B., Zhumabekova A.Ye. Кен орнын геомеханикалық бағалауды ескере отырып, іргелес тау-кен массасын және карьер қорларын өндіруге арналған технологиялық шешімдерді әзірлеу. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – Днепр, 2020. – №2. – Б. 17-24 (ағылшын тілінде)*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rozenbaum M.A., Detekhin D.N. Деформационные критерии устойчивости пород кровли и анкеро́в. // Журнал горной науки. – 2014. – Т. 50. – Вып. 2. – С. 260-264 (на английском языке)
2. Баймульдин М.М., Демина Т.В., Стефлюк Ю.Ю. Оценка горно-технологических условий применения анкерного крепления горных выработок на угольных шахтах. // Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – №2. – С. 25-36 (на русском языке)
3. Kuzmin S.V., Salvasser I.A., Meshkov S.A. Механизм развития горных пород и способы борьбы с ним ОАО «СУЭККузбасс». // ГИАБ. – М.: Горная книга, 2014. – №S3. – С. 120-126 (на английском языке)
4. Лушников В.Н., Еременко В.А., Сэнди М.П. и др. Крепление горных выработок в условиях деформируемых и удароопасных массивов горных пород. // Горный журнал. – 2014. – №4. – С. 37-43 (на русском языке)
5. Еременко В.А., Лушников В.Н., Сэнди М.П., Милкин Д.А., Мильшин Е.А. Обоснование и выбор технологии проведения, способов крепления и поддержания горных выработок в неустойчивых горных породах глубоких горизонтов Холбинского рудника. // Горный журнал. – 2013. – №7. – С. 59-67 (на русском языке)
6. Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. Изучение влияния тектонических нарушений залегания угольных пластов на параметры крепления горных выработок анкерным креплением. // Научный вестник Национального горного университета. – 2019. – №5. – С. 16-21 (на английском языке)
7. Судариков А.Е., Стефлюк Ю.Ю., Маусымбаева А.Д., Демина Т.В. Оценка влияния анкерного крепления на геомеханическое состояние массива вокруг горной выработки. // Труды Международной научно-практической конференции «Наука и образование – ведущие факторы стратегии «Казахстан – 2050» (Сагиновские чтения). – Караганда, 2014. – №6. – Ч. 3. – С. 98-100 (на русском языке)
8. Demin V.F., Baturkhanova A.T., Tomilov A.N., Zhumabekova A.E., Abekov U.E. Разработка технологических схем проходки выработок с регулируемым сопротивлением контуров. // Вестник Национального государственного технического университета. – Днепр, 2019. – №3. – С. 22-28 (на английском языке)
9. Netova N.A., Tahanov D., Hussan B., Zhumabekova A.Ye. Разработка технологических решений по отработке прилегающей горной массы и карьерных запасов с учетом геомеханической оценки месторождения. // Вестник Национального государственного технического университета. – Днепр, 2020. – №2. – С. 17-24 (на английском языке)

## Information about the authors:

**Zhumabekova A.**, PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), [aila1980@mail.ru](mailto:aila1980@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1501-5382>

**Demin V.**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), [vladfdemin@mail.ru](mailto:vladfdemin@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1718-856X>

**Abekov E.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), [erkebulan69@mail.ru](mailto:erkebulan69@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6420-565X>

**Tanekeyeva G.**, PhD Student at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), [tanekeeva77@mail.ru](mailto:tanekeeva77@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6741-1582>

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Жұмабекова А.**, PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Демин В.**, техника ғылымдарының докторы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Әбеуов Е.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Танекеева Г.**, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

## Сведения об авторах:

**Жумабекова А.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

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

**Абеуов Е.**, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

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

*This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP13268841)*

Код МРНТИ 52.13.15

Е.Т. Сердалиев<sup>1</sup>, \*Е.Е. Искаков<sup>1</sup>, Б.А. Бахрамов<sup>2</sup>, Д.Б. Аманжолов<sup>3</sup><sup>1</sup>Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),<sup>2</sup>Акционерное общество «АК Алтыналмас» (г. Алматы, Казахстан),<sup>3</sup>Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан)

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ КРОВЛИ КАМЕР ОТРАБАТЫВАЕМЫХ МАЛОМОЩНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ КАНАТНЫМИ АНКЕРАМИ

**Аннотация.** В статье предложена эффективная методика определения основных параметров крепления кровли камер канатными анкерами при отработке маломощных наклонных залежей системой с доставкой руды силой взрыва, которая обеспечивает устойчивость массива вмещающих пород, тем самым снижая разубоживание руды, возникающего из-за обрушений кровли камер. Предложенная методика расчета параметров крепления обосновывается на исследовании геомеханических процессов, протекающих в массиве вмещающих горных пород на границе отрабатываемой залежи, и обосновании прогнозной высоты возможной зоны обрушения. Для решения поставленной задачи предложен комплексный метод, включающий в себя теоретическое обоснование, проведение промышленных маркшейдерских замеров и съемок, создание пространственной или численной модели массива.

**Ключевые слова:** руда, добыча, мощность залежи, массив, крепление, канатный анкер, обрушение, камера, кровля, поддержание.

### Игерілетін жұқа кен шоғырлары камерасының төбе тұсын арқанды анкерлермен бекіту параметрлерін негіздеу

**Аңдатпа.** Мақалада жұқа еңіс орналасқан кен шоғырларын жарылыс күшімен жеткізу жүйесін пайдаланып игеру кезінде кенді айнала қоршап орналасқан таужынысы массивінің орнықтылығын қамтамасыз етіп, камераның төбе тұсының опырылып құлауынан пайда болатын кеннің құнарсыздануын төмендететін, массивті арқанды анкерлермен бекітудің негізгі параметрлерін анықтау үшін тиімді әдістеме ұсынылған. Бекіту параметрлерін есептеудің ұсынылып отырған әдістемесі игерілетін кен шоғырының шекарасындағы қоршаған таужынысы массивінде болатын геомеханикалық процестерді зерттеуге және болжамды опырылым аймағының мүмкін болатын биіктігін анықтауға негізделген. Мәселені шешу үшін теориялық зерттеуді, өнеркәсіптік маркшейдерлік өлшемдерді және түсіруді, массивтің кеңістіктіктегі немесе сандық моделін құруды қамтитын кешенді әдіс ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** кен, игеру, шоғыр қалыңдығы, массив, бекіту, арқанды анкер, опырылу, камера, төбе тұсы, бекітін ұстау.

### Justification of fastening parameters of the roof of the chambers of mined thin deposits with rope anchors

**Abstract.** The article proposes an effective method for determining the main parameters of fastening the roof of the chambers with cable anchors when mining thin inclined deposits through a system with the delivery of ore by explosive force, which ensures the stability of the massif of the host rocks, thereby reducing the impoverishment of the ore that occurs due to the collapse of the roof of the chambers. The proposed method for calculating the anchoring parameters is based on the study of geomechanical processes occurring in the enclosing rock mass at the boundary of the mined deposit and substantiation of the predicted height of the possible collapse zone. To solve the problem, a complex method is proposed, which includes a theoretical study, industrial surveying measurements and surveys, and the creation of a spatial or numerical model of the massif.

**Key words:** ore, power mining, deposits, array, fastening, rope anchor, caving, chamber, roof, fixture.

### Введение

Жильные месторождения, рудные тела которых характеризуются малыми мощностями (в среднем 0,7-1,0 м), в горнорудной промышленности страны занимают видное место. Таким месторождениям свойственна сложная горно-геологическая характеристика – малая мощность, изменчивые элементы залегания, неровная гипсометрия, сложная морфология рудных тел, ветвление основного рудного тела, наличие апофиз и прожилков, разная степень устойчивости массива и разнообразие физико-механических свойств руды и вмещающих пород, частые тектонические нарушения. Малая мощность рудных залежей и сложные условия их залегания создают предпосылки для высокого разубоживания руды при ее добыче. На ряде рудников страны (Жолымбет, Бестобе, Акбакай и т. д.) количество пустых пород, примешиваемых к жильной массе, превышает 60%.

Одна из основных причин разубоживания руды – это примешивание к рудной массе пустых пород за счет возможных обрушений кровли камер при отбойке

наклонных рудных залежей из поэтажных штреков глубокими скважинными зарядами, применяемыми также для одновременной доставки руды силой взрыва. Высокое разубоживание оказывает большое влияние не только на показатели отбойки руды, но и на характеристики всех последующих операций добычи и переработки, нанося значительный ущерб рудникам и обогачительным фабрикам. Кроме того, малая ширина очистного пространства, получаемая при выемке маломощных залежей, сильно усложняет технологию отбойки, доставки, выпуска руды из блока и особенно поддержания массива вмещающих горных пород, являясь причиной низкой интенсивности очистной выемки, высоких трудовых затрат и увеличенных потерь металла при добыче<sup>1</sup>.

В связи с этим на ряде отечественных и зарубежных рудников при отработке маломощных наклонных рудных залежей для поддержания массива со стороны кровли камер на границах с выработанным пространством применяют канатные анкеры<sup>2</sup> [1], так как массив вмещающих пород на таких участках подвергается

<sup>1</sup>Ляхов А.И. Извлечение и потери полезных ископаемых в процессе добычи. – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – 67 с.

<sup>2</sup>Разработка структурной модели и технико-технологических способов поддержания геосистемы «массив – технология – подземное сооружение» при подземной разработке золоторудных месторождений (Акбакай, Бакырчик, Майкаин) и комплексной механизации ведения горных работ при освоении групп месторождений золота (Акбакай). // Отчет о НИР (заключительный) под рук. Бегалинова А. – Алматы, 2014. – с.р. №0112PK02709. – 158 с.



более интенсивным деформациям, вследствие того, что их кровля размещается в зоне сдвижений и сейсмических волн взрыва. Интенсивность деформаций в зонах активного сдвижения и сейсмических волн взрыва по-разному влияет на смещения кровли в зависимости от степени устойчивости и трещиноватости массива и искусственной связанности структур кровли камеры крепящими материалами. Однако применение канатных анкеров в таких условиях до сих пор мало изучено, недостаточно исследованы их деформационные и технологические параметры, зависящие от способа крепления, крепящего материала и параметров отслоения массива, поэтому исследования по обоснованию параметров крепления канатными анкерами кровли камер на границах с выработанным пространством представляются весьма актуальной задачей.

#### Методы исследования и исходные положения

При проведении исследований использовался комплексный метод, включающий сбор и анализ данных о работе действующих предприятий, разрабатывающих сильно нарушенные рудные месторождения, аналитические исследования с проверкой результатов в производственных условиях.

Как было отмечено, разработка маломощных рудных залежей сопровождается высоким разубоживанием руды. Это объясняется тем, что при выемке руды для получения нормальной ширины очистного пространства вместе с рудной массой необходимо отбивать и значительное количество вмещающих пород. Кроме того, при отработке рудных тел в неустойчивых сильно трещиноватых массивах показатель разубоживания еще больше увеличивается за счет возможных обрушений кровли камер при отбойке рудной массы (рис. 1).

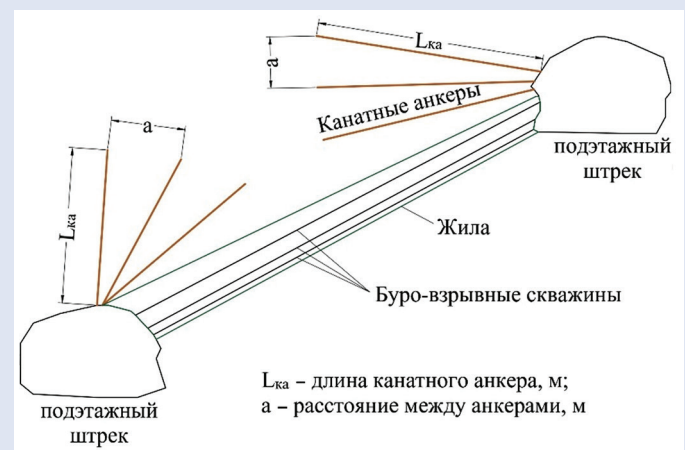
Промышленные наблюдения за процессами отработки маломощных залежей показывают, что определяющими в устойчивости массива рудного тела на контуре с вмещающими породами являются крупные трещины, зоны разлинзования и окисления. В некоторых тонкослоистых пачках рудного тела мелкие трещины в сочетании со слоистостью образуют весьма мелкие отдельности и это приводит часто к обрушению массива со стороны кровли при отбойке. Одним из рациональных решений этого вопроса является крепление вмещающих пород со стороны кровли камеры. Анализ практики зарубежных и отечественных горнодобывающих предприятий показывает, что в сложных условиях для поддержания массива успешно применяют канатные анкеры, характеризующиеся высокой несущей способностью (рис. 2). Крепление горных выработок небольших размеров канатными анкерами не представляет особой сложности. Поддержание же массива вмещающих пород кровли камеры связано с большими трудностями как в технологии исполнения, так и в выборе оптимальных параметров канатных анкеров с горнотехнической точки зрения.

Исследованиями по обоснованию параметров анкерной крепи занимались многие ученые<sup>3, 4</sup> [2], но,

тем не менее, до сих пор отсутствуют конкретные инструкции по определению параметров крепи из канатных анкеров. Расчет параметров канатных анкеров в основном регламентируется «Инструкцией по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах», согласно которой расчет параметров анкерной крепи производится в зависимости от значения горного давления, определяемого с учетом размеров и глубины расположения выработок, физико-механических свойств массива горных пород. В качестве



**Рис. 1. Форма обрушения массива со стороны кровли при отработке маломощных залежей.**  
**Сурет 1. Жұқа кен шоғырларын игеру кезіндегі массивтің төбе тұсының опырылуының пішіні.**  
**Figure 1. The form of massif collapse from the side of the roof during the development of thin deposits.**



**Рис. 2. Схема крепления вмещающих пород кровли камеры канатными анкерами.**

**Сурет 2. Камераның төбе тұсындағы таужыныстарын арқанды анкерлермен бекіту сұлбасы.**

**Figure 2. Fastening scheme of the enclosing rocks from the roof of the chamber with rope anchors.**

<sup>3</sup>Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей: учебник для вузов. – М.: Студент, 2012. – 543 с.

<sup>4</sup>Мельников Н.И. Анкерная крепь. – М.: Недра, 1980. – 252 с.

критерия интенсивности горного давления для расчета крепи рекомендуют принимать расчетные смещения кровли с анкерной крепью. В выработках, проводимых в массиве, поддерживаемых в зоне влияния очистных работ, для определения величины расчетных смещений кровли ( $U_u$ ) предлагается следующая формула:

$$U_u = U_m + \Delta U_u \times K_a \times K_m \times K_a \times K_c \times K_k, \text{ мм}, \quad (1)$$

где  $U_m$  – величина расчетных смещений кровли в выработках, проводимых в массиве вне влияния очистных работ, мм;

$\Delta U_u$  – расчетные смещения кровли в период охраны целиков шириной  $0,1H > l_u > 15$  м, мм;

$K_a$  – коэффициент, учитывающий расположение выработок;

$K_m$  – коэффициент, учитывающий расчетную ширину выработок;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий степень связывания и упрочнения пород различными конструкциями анкеров;

$K_e$  – коэффициент, учитывающий влияние других смежных выработок;

$K_k$  – коэффициент, учитывающий обрушаемость основной кровли.

Несмотря на универсальность данного метода, обоснование параметров анкерной крепи за счет определения смещений кровли не учитывает всей элементной базы крепи и не обеспечивает безопасности и эффективности поддержания массива вмещающих горных пород со стороны кровли при отработке маломощных залежей.

### Результаты

По практическим результатам опыта применения и определения основных параметров канатных анкеров в ведущих горнорудных предприятиях страны можно сделать вывод о том, что крепи из канатных анкеров при эксплуатации выполняют две роли: роль сшивки и роль подвески массива, но основной функцией на стадии долгосрочного поддержания кровли камер канатными анкерами является подвеска неустойчивой части массива к устойчивой.

Параметры, радиус подвески определяются высотой возможного сводообрушения, т. е. контуром неустойчивой части массива, значение которого зависит от устойчивости массива без крепления и показателей горного давления. В связи с этим расчет основных параметров канатных анкеров целесообразно вести на основе прогнозной высоты возможного сводообрушения [3-5].

Определение прогнозной высоты возможных вывалов пород со стороны кровли камер можно осуществить с помощью дистанционной тахеометрической съемки и прогнозированием геомеханического процесса массива после взрыва [6]. Данный показатель зависит от ширины камеры, смещений кровли и аппроксимируется следующим выражением:

$$b = (aB^2 + cB + qU)P, \quad (2)$$

где  $a, c, q$  – эмпирические коэффициенты, получаемые в результате исследований геомеханического процесса массива;

$B$  – ширина выработки, м;

$U$  – величина смещения кровли, мм;

$P$  – поврежденность пород кровли;

$$P = [\beta \times (k \times k_1 \times n \times r_{жк}) / (B \times m) + \Delta P] / k_2, \quad (3)$$

где  $\beta$  – эмпирический коэффициент;

$k$  – коэффициент, учитывающий максимальную боковую концентрацию напряжения;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий влияние формы камеры на величину напряжения;

$n$  – количество слоев пород кровли камеры на интервале глубины  $B$ ;

$r_{жк}$  – эквивалентный радиус камеры, м;

$B$  – ширина камеры, м;

$m$  – высота камеры, м;

$\Delta P$  – условная, прогнозная поврежденность пород кровли;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий зависимость опорного давления от ширины целика.

На основе прогнозной высоты возможных вывалов пород со стороны кровли камер активную длину канатного анкера можно определить следующим выражением:

$$l_a = 1 / (\cos \alpha_m) [\Delta B + (C \times \operatorname{tg} \varphi_i - \Delta B \times \operatorname{tg} \alpha_m) / (\operatorname{tg} \alpha_m + \operatorname{tg} \varphi_i)], \text{ мм}, \quad (4)$$

где  $C$  – ширина зоны отжима, мм;

$\Delta B$  – расстояние от груди забоя до устья шпура, мм;

$\alpha_m$  – угол наклона шпура к поверхности кровли, град.;

$\varphi_i$  – углы давления со стороны кровли, град.

### Обсуждение результатов

Параметры анкерного крепления при отработке маломощных рудных залежей, длину анкера, расстояния между анкерами, схему расположения анкеров рекомендуется, прежде всего, определять с учетом геомеханических процессов, протекающих в массиве вмещающих горных пород со стороны кровли, т. е. на основе определения прогнозной высоты возможного сводообрушения.

Определение прогнозной высоты возможных вывалов пород со стороны кровли камер рекомендуется производить в зависимости от ширины камеры и величины смещения массива со стороны висячего бока рудного тела. При этом рекомендуется учитывать величину возможной зоны повреждения массива горных пород кровли от воздействия внешних сил (взрыва).

При определении активной длины канатного анкера предлагается учитывать ширину зоны отжима, расстояние от груди забоя до устья шпура, угол наклона шпура к поверхности кровли и угла давления со стороны кровли.

### Заключение

Выполненный в статье анализ практики отработки маломощных рудных залежей в неустойчивых сильнотрещиноватых массивах, теоретические и производственные данные позволяют сделать следующие выводы:

- разубоживание при отработке маломощных рудных залежей обусловлено подрывкой вмещающих пород и обрушением кровли со стороны висячего бока;

- для снижения показателя разубоживания, возникающего в результате обрушения массива вмещающих пород со стороны кровли, рекомендуется технология отработки с опережающим креплением кровли канатными анкерами;

- параметры крепления кровли камер на границе с выработанным пространством предлагается осуществлять из расчета выполнения функции подвески канатного анкера в части приконтурного массива, не подвергающегося сдвигению;

- предварительное крепление кровли отработываемого рудного тела из подэтажных штреков канатными анкерами снижает разубоживание руды в среднем на 5%. Канатный анкер в комбинации с минеральной композицией обеспечивает восприятие нагрузки до 20 т в зоне сдвижений массива.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бегалинов А.Б., Сердалиев Е.Т., Искаков Е.Е. Совершенствование отработки золотосодержащих руд Акбакайского рудного поля. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2012. – №12. – С. 4-7 (на русском языке)
2. Шевелев Ю.А., Ремезов А.В., Зубарев В.П., Харитонов В.Г. Перспективы развития анкерного крепления на шахтах Ленинского рудника. // Уголь. – 2000. – №7. – С. 31-33 (на русском языке)
3. Serdaliyev Y., Iskakov Y., Bakhratov B., Amanzholov D. Исследование влияния элементов залегания маломощного рудного тела и параметров камер на величину потерь и разубоживания. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2022. – №16(4). – С. 56-64 (на английском языке)
4. Matayev A., Abdiev A., Kydrashov A., Musin A., Khvatina N., Kaumetova D. Исследование технологии крепления горных выработок в условиях неустойчивых массивов. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2021. – №15(3). – С. 78-86 (на английском языке)
5. Zhang K., Jiang Y., Zhang Z., Zhang Y., Pang X., Zeng X. Определение оптимальной ширины узкого входа в выработку при разработке больших целиков. // Журнал горного дела и техника безопасности. – 2014. – №31. – С. 255-262 (на английском языке)
6. Duncan J.M. Современное состояние: предельное равновесие и конечно-элементный анализ уклонов. // Журнал геотехнической инженерии. – 1996. – №122(7). – С. 577-596 (на английском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бегалинов А.Б., Сердалиев Е.Т., Искаков Е.Е., т.б. Ақбақай кенорнының алтын кендерін игеруді жақсарту // Қазақстанның кен журналы. – Алматы, 2012. – №12. – Б. 4-7 (орыс тілінде)
2. Шевелев Ю.А., Ремезов А.В., Зубарев В.П., Харитонов В.Г. Ленинск кенішінің шахталарында анкер бекітпесін дамытудың болашағы. // Көмір. – 2000. – №7. – Б. 31-33 (орыс тілінде)
3. Serdaliyev Y., Iskakov Y., Bakhratov B., Amanzholov D. Кеннің жоғалымы мен құнарсыздану шамасына жұқа кен шоғырларының орналасу элементтері мен камера параметрлерінің әсерін зерттеу. // Пайдалы қазбалы кенорындарын игеру. – 2022. – №16(4). – Б. 56-64 (ағылшын тілінде)
4. Matayev A., Abdiev A., Kydrashov A., Musin A., Khvatina N., Kaumetova D. Орнықсыз массив шарттарында тау-кен қазбаларын бекіту технологиясын зерттеу. // Пайдалы қазбалы кенорындарын игеру. – 2021. – №15(3). – Б. 78-86 (ағылшын тілінде)
5. Zhang K., Jiang Y., Zhang Z., Zhang Y., Pang X., Zeng X. Үлкен кентіректерді игеру кезінде қазбаға кіретін тар кіреберістің тиімді енін анықтау. // Тау-кен ісі және қауіпсіздік техникасы журналы. – 2014. – №31. – Б. 255-262 (ағылшын тілінде)
6. Duncan J.M. Қазіргі шарттар: еңістердің шектік тепе-теңдіктері және оларды шектік элементтермен талдау. // Геотехникалық инженерия журналы. – 1996. – №122 (7). – Б. 577-596 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Begalinov A.B., Serdaliyev Y.T., Iskakov Y.Y. etc. Sovershenstvovanie otrabotki zolotosoderzhashhix rud Akbakajskogo rudnogo polya [Improvement of mining of gold-bearing ores of the Akbakay ore field]. // Gornyj zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2012. – №12. – P. 4-7 (in Russian)
2. Shevelev Yu.A., Remezov A.V., Zubarev V.P., Kharitonov V.G. Perspektivy razvitiya ankernogo krepleniya na shaxtax Leninskogo rudnika [Development prospects of anchoring in the mines of the Leninsky mine]. // Ugol' = Coal. – 2000. – №7. – P. 31-33 (in Russian)
3. Serdaliyev Y., Iskakov Y., Bakhratov B., Amanzholov D. Research into the influence of the thin ore body occurrence elements and stope parameters on loss and dilution values. // Mining of Mineral Deposits. – 2022. – №16(4). – P. 56-64 (in English)

4. *Matayev A., Abdiev A., Kydrashov A., Musin A., Khvatina N., Kaumetova D. Research into technology of fastening the mine workings in the conditions of unstable masses. // Mining of Mineral Deposits. – 2021. – №15(3). – P. 78-86 (in English)*
5. *Zhang K., Jiang Y., Zhang Z., Zhang Y., Pang X., Zeng X. Determining the reasonable width of narrow pillar of entry in gob entry driving in the large pillar. // Journal of Mining and Safety Engineering. – 2014. – №31. – P. 255-262 (in English)*
6. *Duncan J.M. State of the art: limit equilibrium and finite-element analysis of slopes. // Journal of Geotechnical Engineering. – 1996. – №122(7). – P. 577-596 (in English)*

#### Сведения об авторах:

**Сердалиев Е.Т.**, канд. техн. наук, доцент, ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [serdaliyev.yerdulla@gmail.com](mailto:serdaliyev.yerdulla@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-5779-8218>

**Искаков Е.Е.**, PhD, ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [iskakov.yerkin@gmail.com](mailto:iskakov.yerkin@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-5269-9018>

**Бахрамов Б.А.**, магистр техн. наук, управляющий директор по производству Акционерного общества «АК Алтыналмас» (г. Алматы, Казахстан), [bagdat.baxramov@bk.ru](mailto:bagdat.baxramov@bk.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8822-6941>

**Аманжолов Д.Б.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Промышленное, гражданское и транспортное строительство» факультета инженерии Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан), [amanzholovdikh@gmail.com](mailto:amanzholovdikh@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-5666-9649>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Сердалиев Е.Т.**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Искаков Е.Е.**, PhD, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Бахрамов Б.А.**, техника және технология магистрі, «АК Алтыналмас» Акционерлік қоғамының өндіріс бойынша басқарма директоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Аманжолов Д.Б.**, PhD, Toraighyrov University, Инженерия факультетінің, «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы (Павлодар қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Serdaliyev Ye.T.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the «Mining» Department of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Iskakov Ye.Ye.**, PhD, Associate Professor at the «Mining» Department of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Bakhrarov B.A.**, Master of Technical Science, Managing Director for Production of the Joint-Stock Company «АК Altynalmas» (Almaty, Kazakhstan)

**Amanzholov D.B.**, PhD, Senior Lecturer of the Department «Industrial, Civil and Transport Construction» of the Faculty of Engineering of the Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan)

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



18 | 19 | 20  
апреля 2023

6-я Международная  
специализированная выставка

# Дорожного строительства, спецтехники и комплектующих

+996 (775) 00-00-05    info@biexpo.kg





## РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ОТ ОБВОДНЕНИЯ И ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ

### СЕКТОР

#### «Инженерный центр проектирования»



- ✓ Рабочая документация системы осушения на месторождении алмазов им. Ломоносова. Осушение карьера.
- ✓ Проектная документация. ОАО «Лафарж цемент». Осушение карьера.
- ✓ Рабочая документация защиты объектов от подтопления Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС).
- ✓ Инженерная защита промплощадки ПАО «Ашинский металлургический завод». Проектная документация.
- ✓ Проектная и рабочая документация системы осушения Качарского карьера и другие.

### СЕКТОР

#### «Цифровые технологии и моделирование»



- ✓ Разработка постоянно действующей геофильтрационной модели Старооскольского рудного узла (КМА).
- ✓ Разработка геофильтрационной модели и проектной документации систем осушения разрезов Богатырь и Восточный (Экибастуз) с применением горизонтальных дрен (УДБ-8).
- ✓ Разработка гидродинамической модели карьера «Железный».
- ✓ Разработка численной геофильтрационной модели Талнахского рудного месторождения.
- ✓ Геофильтрационная модель карьера АО «Качары Руда» и другие.

**ОАО ВСЕРОССИЙСКИЙ Научно-исследовательский институт «В И О Г Е М»**

308007, Россия, г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 86

Тел.: (4722) 73-25-15

<http://www.viogem-sp.ru>

[info@viogem-sp.ru](mailto:info@viogem-sp.ru)

Контактная информация: Отдел гидрогеологии. Зав. отделом Волков Юрий Иванович. [volkov@viogem-sp.ru](mailto:volkov@viogem-sp.ru)

Код МРНТИ 52.13.31:38.61.25

\*М.В. Ряжских<sup>1</sup>, В.И. Титов<sup>1</sup>, М.С. Ступакова<sup>2</sup>, Д.А. Менгель<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных сооружений от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу» (г. Белгород, Россия),

<sup>2</sup>Акционерное общество «Качары руда» (Республика Казахстан)

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОПРИТОКОВ В КАРЬЕР КАЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ ОСУШЕНИЯ

**Аннотация.** На железорудном карьере в последние годы актуальной стала проблема оползневых процессов на верхних горизонтах отработки. Задачами исследований являлись оценка сложившейся гидродинамической обстановки в результате добычи полезного ископаемого, выявление причин оползневых процессов и дальнейшее прогнозирование водопритоков в выработанное пространство. Цель работы – обеспечение устойчивости откосов бортов на карьере, разработка технических решений по развитию системы осушения и уменьшение обводненности пород на участках ведения горных работ. Было выполнено гидрогеологическое и тепловизионное обследование карьера. Анализ условий формирования и распределения притока подземных вод в карьере, обоснование и разработка системы осушения выполнялись на базе современной универсальной комплексной программы.

**Ключевые слова:** железорудное месторождение, карьер, гидрогеологические условия, численное моделирование, водопритоки, система осушения, дренажные сооружения, горизонтальная дренажная скважина.

**Қашар темір рудасы кен орнының карьеріне су ағындарының қалыптасу шарттарын талдау және дренаждық жүйені дамытудың техникалық шешімдерін әзірлеу**

**Аңдатпа.** Соңғы жылдары тау-кен өндірісінің жоғарғы горизонттарында көшкін процестерінің проблемасы темір рудалы карьерде өзекті болып отыр. Зерттеудің міндеттері тау-кен жұмыстарын жүргізу нәтижесінде қалыптасқан гидродинамикалық жағдайды бағалау, көшкін процестерінің себептерін анықтау және судың құймаққа түсуін одан әрі болжау болды. Жұмыстың мақсаты карьердегі бүйірлік беткейлердің тұрақтылығын қамтамасыз ету, дренаждық жүйені дамыту бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу және тау-кен аймақтарындағы тау жыныстарында кесілген суды азайту болды. Карьерге гидрогеологиялық және тепловизор түсіру жұмыстары жүргізілді. Жер асты суларының карьерге түсуін қалыптастыру және бөлу шарттарын талдау, дренаждық жүйені негіздеу және дамыту заманауи әмбебап біріктірілген бағдарлама негізінде жүргізілді.

**Түйінді сөздер:** темір кен орны, карьер, гидрогеологиялық жағдайлар, сандық модельдеу, су ағындары, дренаж жүйесі, дренаждық құрылыстар, қолденең дренаждық ұңғыма.

**Analysis of the conditions for the formation of water inflows into the quarry of the Kachar iron ore deposit and the development of technical solutions for the development of a drainage system**

**Abstract.** In recent years, the problem of landslide processes on the upper horizons of mining has become topical in the iron ore open pit. The objectives of the research were to assess the current hydrodynamic situation as a result of mining, identify the causes of landslide processes and further forecast water inflows into the goaf. The purpose of the work was to ensure the stability of the slopes of the sides in the quarry, the development of technical solutions for the development of a drainage system and the reduction of water cut in the rocks in the mining areas. A hydrogeological and thermal imaging survey of the quarry was carried out. The analysis of the conditions for the formation and distribution of groundwater inflow into the quarry, the justification and development of the drainage system were carried out on the basis of a modern universal integrated program.

**Key words:** iron ore deposit, quarry, hydrogeological conditions, numerical modeling, water inflows, drainage system, drainage facilities, horizontal drainage well, sustainability, landslide processes.

### Введение

Качарское железорудное месторождение находится на территории п. Качар Федоровского района в 45 км севернее г. Рудный; входит в сферу деятельности АО «Качары руда» и обрабатывается открытым способом. В настоящее время площадь карьера около 8,33 км<sup>2</sup> (ширина 2,92 км и длина 3,58 км), глубина карьера составляет около 480 м. Рудник работает с 1987 г.

В пределах горного отвода находятся четыре отвала вскрышных пород №7, №4, №3 и №8.

Для защиты карьера от поверхностного стока и организованного отвода воды имеется копань «Качар» и система нагорных канав.

По нагорным канавам в копань также сбрасывается часть грунтовых, па- водковых и дождевых вод из карьера.

Гидрогеологические условия района и месторождения сложные и предопределены особенностями их геологического строения и физико-географической обстановкой. Сверху вниз выделяются: грунто- вые поровые воды четвертичных отложений, пластово-поровые, слабо напорные в палеогеновых и меловых породах, напорные трещин- ные и трещинно-карстовые воды, приуроченные к изверженным, ме- таморфическим и осадочным обра- зованиям палеозоя.

До отработки месторождения естественный поток подземных вод

был направлен с запада на восток к р. Тобол, которая является на иссле- дуемой территории региональным базисом эрозии. При строительстве карьера были вскрыты все водонос- ные горизонты региона. В процессе осушения горной выработки в водо- носных горизонтах сформировалась депрессионная воронка, которая по результатам наблюдений за подзем- ными водами в последние годы ста- билизовалась и распространяется в радиусе порядка 7 км.

Система осушения состоит из подземного дренажного комплек- са и внутрикарьерных дренажных устройств. Средний водоприток в карьер в 2020 г. составил 237,6 м<sup>3</sup>/ч, в том числе за счет подземных вод

198 м<sup>3</sup>/ч и атмосферных осадков 39,6 м<sup>3</sup>/ч. Однако, несмотря на незначительный приток, за последнее время отмечается ухудшение условий для ведения горных работ. В верхних горизонтах, представленных глинистыми песками олигоцен-четвертичного возраста и глинами чеганской свиты, стали формироваться оползневые процессы<sup>1</sup>.

Задачами исследований являлись оценка сложившейся гидродинамической обстановки в результате добычи полезного ископаемого, анализ структуры подземного потока и прогноз водопритоков в выработанное пространство, разработка технических решений по развитию системы осушения и повышение устойчивости уступов бортов карьера<sup>2,3</sup>.

### Методы исследования

Анализ и оценка сложившейся гидродинамической обстановки проводились в 2 этапа.

На первом этапе специалистами ОАО «ВИОГЕМ» были проведены полевые работы по обследованию всех бортов карьера и отвалов АО «Качары руда». В ходе исследований была выполнена гидрогеологическая съемка по выявлению источников водопоявлений, которые влияют на обводнение участков ведения горных работ. Дополнительно для обнаружения скрытых источников обводнения была произведена тепловизионная съемка прибортового массива карьера и отвалов пород. По результатам маршрутного обследования зафиксированы выходы воды на северном, южном, западном и восточном бортах карьера. Установлена эффективность работы водоотводных канав, закартированы оползневые деформации на участках северного и южного бортов карьера.

Анализ результатов обследования участков расположения отвалов показал, что бессточный равнинный характер рельефа местности совместно с геолого-гидрогеологическими условиями залегания слабопроницаемых глинистых пород

в основании отвалов способствуют формированию техногенных водоносных горизонтов типа верховодки с близким к поверхности или выходящим на поверхность уровнем воды, что является дополнительным источником питания потока подземных вод, направленного в карьер<sup>1</sup>.

На втором этапе для более глубокого анализа формирования водопритоков в карьер Качарского железорудного месторождения, получения количественных показателей прогноза водопритоков и разработки технических решений по развитию системы осушения были использованы методы цифровых технологий. Для оценки водопритоков при отработке железорудного карьера на начальном этапе исследований создавалась компьютерная региональная геофильтрационная модель района Качарского месторождения и, в дальнейшем, на ее основе строилась более детальная локальная модель<sup>1</sup>.

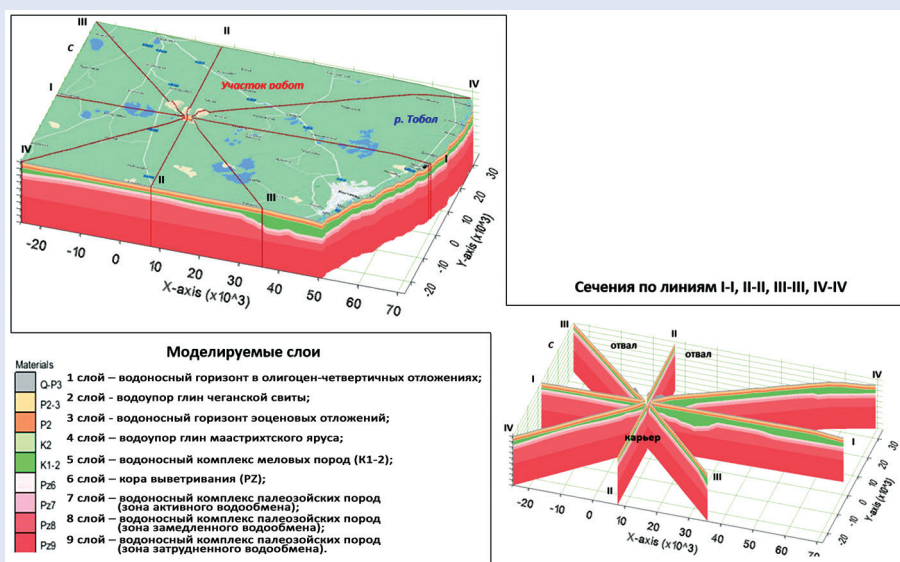
Разработка геофильтрационной модели Качарского карьера основывалась на материалах по геолого-гидрогеологическим условиям, гидрологическим данным, количеству атмосферных осадков, уровням подземных вод, фильтрационным

параметрам, инфильтрации и водопритока к карьеру, а также на полученных результатах ОАО «ВИОГЕМ» при гидрогеологической и тепловизионной съемках карьера и отвалов пород<sup>1</sup>.

Методика создания модели включала следующие этапы:

- схематизация природных и техногенных условий в районе исследований;
- подготовка и обработка исходной информации, разработка геологической и концептуальной моделей;
- переход от концептуальной модели к региональной геофильтрационной модели железорудного района и ее калибровка;
- на базе региональной модели создание локальной модели и ее калибровка для разработки технических решений по развитию системы осушения карьера.

Генерирование региональной численной модели стало возможным, благодаря использованию универсального программного обеспечения GMS (Groundwater Modeling System, USA), которое позволяет разрабатывать реалистичные объемные гидрогеологические модели для решения широкого класса задач: обоснование систем



**Рис. 1. Схема геофильтрационной модели в аксонометрии.**  
**Сурет 1. Аксонометриядағы геофильтрация моделінің схемасы.**  
**Figure 1. Scheme of the geofiltration model in axonometry.**

<sup>1</sup>Анализ условий формирования водопритоков в карьер и отвалы Качарского железорудного месторождения АО «Качары руда»; разработка технических решений по развитию системы осушения и водоотведения по объекту «Реконструкция Качарского карьера» [в 6 кн.] – Белгород: ОАО «ВИОГЕМ», 2022.

<sup>2</sup>Справочник по осушению горных пород. / Под ред. Станченко И.К. – М.: Недра, 1984. – 572 с.

<sup>3</sup>Мироненко А.А., Шестаков В.М. Основы гидрогеомеханики. – М.: Недра, 1974. – 296 с.



осушения месторождений, сравнение эффективности разных вариантов осушения и выбор оптимального; определение притоков к отдельным дренажным устройствам и дренажной системе защищаемого объекта на каждый период его обработки; прогноз влияния горно-осушительных работ на режим подземных вод прилегающей территории и решение задач по рациональному использованию водных ресурсов<sup>4,5</sup> [1].

Поток подземных вод на участке моделирования схематизируется как плано-пространственный. Основным базисом эрозии для исследуемой территории является р. Тобол, которая задана в качестве внешней границы модели на востоке уровнем и сопротивлением ложа реки. Остальные рубежи модели реализованы как граничные условия первого рода и совпадают с границами ненарушенного режима подземных вод.

Область регионального моделирования исследуемой территории представляет собой прямоугольник размерами 60 км × 100 км и общей площадью 6000 км<sup>2</sup>. Для моделирования выбрана прямоугольная конечно-разностная сетка с постоянным шагом по плановым пространственным координатам, равным 250 м.

Исходя из характера залегания и фильтрационных свойств пород, сверху вниз расчетная схема представлена девятью слоями (рис. 1):

1 слой – водоносный горизонт в олигоцен-четвертичных отложениях (Q-P<sub>3</sub>);

2 слой – водоупор глин чеганской свиты (P<sub>2,3</sub>);

3 слой – водоносный горизонт эоценовых отложений (P<sub>2</sub>);

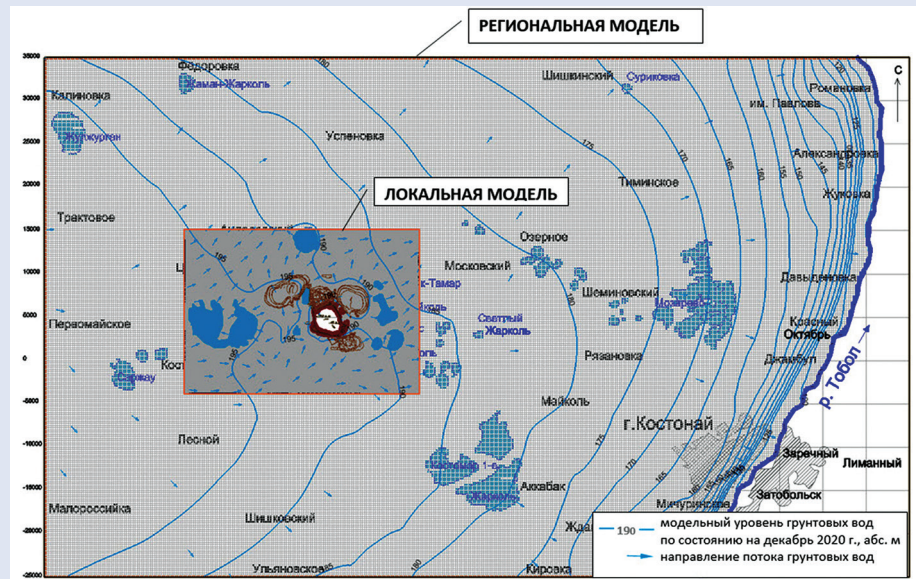
4 слой – водоупор глин маастрихтского яруса (K<sub>2</sub>);

5 слой – водоносный комплекс меловых пород (K<sub>1,2</sub>);

6 слой – кора выветривания (PZ);

7 слой – водоносный комплекс палеозойских пород (зона активно водообмена, PZ);

8 слой – водоносный комплекс палеозойских пород (зона замедленного водообмена, PZ);



**Рис. 2. Решение обратной задачи на локальной модели на 2020 г. в сочетании с региональной моделью.**

**Сурет 2. 2020 жылға арналған жергілікті модель бойынша аймақтық модельмен біріктірілген кері есептің шешімі.**

**Figure 2. Solution of the inverse problem on the local model for 2020 in combination with the regional model.**

9 слой – водоносный комплекс палеозойских пород (зона затрудненного водообмена, PZ).

В результате, исследуемая область фильтрации на участке Качарского железорудного месторождения, соответственно, по осям X, Y и Z была разбита на 400 × 240 × 9 ячеек. Всего на модели было реализовано 864000 расчетных блоков.

Для формирования реалистичной трехмерной гидродинамической модели в программу была введена вся необходимая исходная информация, характеризующая геолого-гидрогеологические условия района работ, а также дополнительные количественные и качественные данные о природной среде и техногенной нагрузке.

Калибровка численной гидродинамической модели района Качарского месторождения и прилегающей территории производилась в две стадии:

- решение в стационарных условиях с получением модельных ненарушенных уровней воды;
- решение с максимальным приближением модельных и фактических уровней и водопритоков к карьере на декабрь 2020 г.

Многочисленным перебором различных вариантов обратной задачи было достигнуто соответствие в установленном диапазоне модельных и натуральных значений напоров и уровней водоносных горизонтов и комплексов на моделируемой территории, при этом суммарный модельный водоприток в карьер за счет подземных вод составил 203,6 м<sup>3</sup>/ч (фактический 198 м<sup>3</sup>/ч). Разница между суммарным фактическим и модельным водопритоками составила незначительную величину в 2,8%. Разработанная региональная геофильтрационная модель была использована для создания локальной модели и прогноза изменения гидродинамической обстановки при развитии карьера и сооружении дренажных устройств.

Расчеты прогнозных водопритоков в карьер производились в 2 стадии. На 1 стадии на разработанной региональной модели были определены предварительные прогнозные водопритоки в карьер. Прогноз водопритоков затем был уточнен по трем основным этапам развития карьера: 2022 г., 2030 г. и конец отработки на локальных моделях.

<sup>4</sup>Кинцельбах В. Моделирование массопереноса и фильтрации подземных вод на основе компьютерных технологий. – Белгород: ВИОГЕМ, 2009.

<sup>5</sup>Groundwater Modeling System. / Tutorials, version 10.3. AQUAVEO. – 2018. – 1404 p.

Таблица 1

Распределение водопритока по участкам карьера (север и юг, региональная модель)

Кесте 1

Су ағынын карьер учаскелері бойынша бөлу (солтүстік және оңтүстік, аймақтық үлгі)

Table 1

Distribution of water inflow by quarry sections (north and south, regional model)

Водоносные горизонты, комплексы	Водопритоки подземных вод в карьер			
	Северный участок (абс. отм. отработки – 282 м)		Южный участок (абс. отм. отработки – 45 м)	
	м <sup>3</sup> /сут.	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /сут.	м <sup>3</sup> /ч
<b>Осадочная толща</b>				
Водоносный горизонт олигоцен-четвертичных отложений	108,0	4,5	177,6	7,4
Водоносный горизонт эоценовых отложений	24,0	1,0	9,6	0,4
Водоносный комплекс меловых пород	624,0	26,0	264,0	11,0
Суммарный водоприток	732,0	31,5	451,2	18,8
<b>Коренные породы</b>				
Водоносный комплекс палеозойских пород	1550,4	64,6	2128,8	88,7
Общий водоприток	2306,4	96,1	2580,0	107,5

Для более детального моделирования и оценки параметров потока подземных вод, учета уровней воды в наблюдательных скважинах на модели и технических показателей горизонтов отработки карьера Качарского месторождения создавалась локальная «дочерняя» модель, охватывающая непосредственно область существующей системы мониторинга в районе карьера.

Локальная модель была получена из региональной с использованием принципа «дочернего» моделирования. GMS 10.3 включает версию MODFLOW-LGR, позволяющую делать сгущение сетки на требуемых участках в процессе решения геофильтрационных задач. MODFLOW-LGR может использоваться для создания моделей, содержащих локально улучшенные регионы в областях, где задаются ячейки малых размеров. Эти регионы признаются «дочерними» сетками региональной («родительской») модели с исходной сеткой. В MODFLOW-LGR баланс рассчитывается относительно напоров и потоков «дочерней» и исходных сеток с использованием итерационного метода при сохранении согласованности в граничных условиях вдоль границ «дочерней» и «родительской» (исходной) моделей<sup>5</sup>.

Для локального моделирования была определена площадь, охватывающая территорию вокруг Качарского

карьера, равную 520,065 км<sup>2</sup>, которая представляет собой прямоугольник размерами 27,3 км × 19,05 км. Для локальной модели принята разбивка 50,0×50,0 м. При этом на модели по осям X, Y и Z, соответственно, было реализовано 546 × 381 × 9 ячеек, что составило 1872234 расчетных блоков (рис. 2).

Расчетами при многовариантном моделировании определены:

- распределение водопритока по водоносным горизонтам и комплексам;
- прогнозные притоки подземных вод в карьер по трем основным периодам его отработки;
- необходимое количество дренажных скважин в системе, их производительность и расстояние между ними;
- понижение уровня подземных вод в результате работы дренажных устройств.

#### Результаты исследования

В результате моделирования поставленных задач был проведен анализ формирования водопритоков из водоносных горизонтов и комплексов.

Основной приток подземных вод в карьер формируется из водоносного комплекса палеозойских пород и составляет на модели 153,3 м<sup>3</sup>/ч. Водоприток из водоносного комплекса меловых пород рассчитан на модели в объеме 37,0 м<sup>3</sup>/ч. Наиболее осушенными являются водоносные

горизонты в олигоцен-четвертичных отложениях, приток из которых на модели не превысил 11,9 м<sup>3</sup>/ч и в эоценовых отложениях – 1,4 м<sup>3</sup>/ч. Распределение водопритока по участкам карьера представлено в табл. 1.

Анализ условий распределения притока подземных вод в карьер на модели показал<sup>1</sup>, что для осадочных пород основной водоприток формируется со стороны севера, северо-востока (31,5 м<sup>3</sup>/ч), по сравнению с южным бортом (18,8 м<sup>3</sup>/ч), а для палеозойских пород значительная часть притока приходится на южный участок (за счет карстующихся пород), приток к которому составил 88,7 м<sup>3</sup>/ч, по сравнению с северным (64,6 м<sup>3</sup>/ч), несмотря на то, что северный участок был отработан в 2020 г. до отметки –282 м, а южный до отметки –45 м.

Прогнозные водопритоки с учетом поступления поверхностных вод в карьер без дренажных мероприятий на модели составили:

- на 2022 г. – 271,1 м<sup>3</sup>/ч;
- на 2030 г. – 306,8 м<sup>3</sup>/ч;
- на конец отработки – 369 м<sup>3</sup>/ч.

#### Обсуждение результатов

На верхних горизонтах карьера происходит интенсивное питание за счет инфильтрации со стороны отвалов, техногенных водоемов и нагорных канав. В процессе дополнительного питания развивается замачивание пород в слабопроницаемых грунтах, что приводит к оползневым процессам на верхних горизонтах

и создает неблагоприятную обстановку для ведения горных работ<sup>3</sup>.

Для исключения деформаций верхних горизонтов олигоцен-четвертичных пород и глин чеганской свиты на локальной геофильтрационной модели на все периоды отработки были разработаны технические решения по развитию системы осушения. Система защиты карьера от подземных вод должна:

- обеспечить максимально возможный перехват потока подземных вод до их поступления на откосы уступов;
- сформировать в приоткосном массиве депрессионные поверхности, снижающие поровое давление и предотвращающие фильтрационные деформации уступов;
- обеспечить общую устойчивость бортов карьера как при длительном их стоянии, так и при постоянном продвижении [2-5].

В процессе моделирования технических решений были выбраны наиболее оптимальные варианты

дренажных мероприятий. Для Качарского месторождения на 2023-2030 гг. и 2031 г. – конец отработки карьера основным был рекомендован специальный способ осушения, при котором в качестве дренажных устройств используются горизонтальные дренажные скважины (ГДС). Специальный способ осушения с применением ГДС является наиболее приемлемым с экономической точки зрения и простым в исполнении, а также является мобильным и обеспечивает при незначительных притоках подземных вод отодвигание депрессионной воронки в рыхлых породах в глубь массива, что приводит к повышению устойчивости уступов [6-8].

В результате моделирования были определены параметры дренажных устройств и их дебит. Горизонтальные дренажные скважины бурят в борт карьера для осушения олигоцен-четвертичных пород. Они имеют протяженность (глубину) 80 м, сооружаются по 3 скважины

в кусте из каждого дренажного узла веером с углом между скважинами 40-65° с таким расчетом, чтобы охватить максимальную площадь осушения. Система осушения карьера на 2030 г. состоит из 23 дренажных узлов горизонтальных скважин (рис. 3).

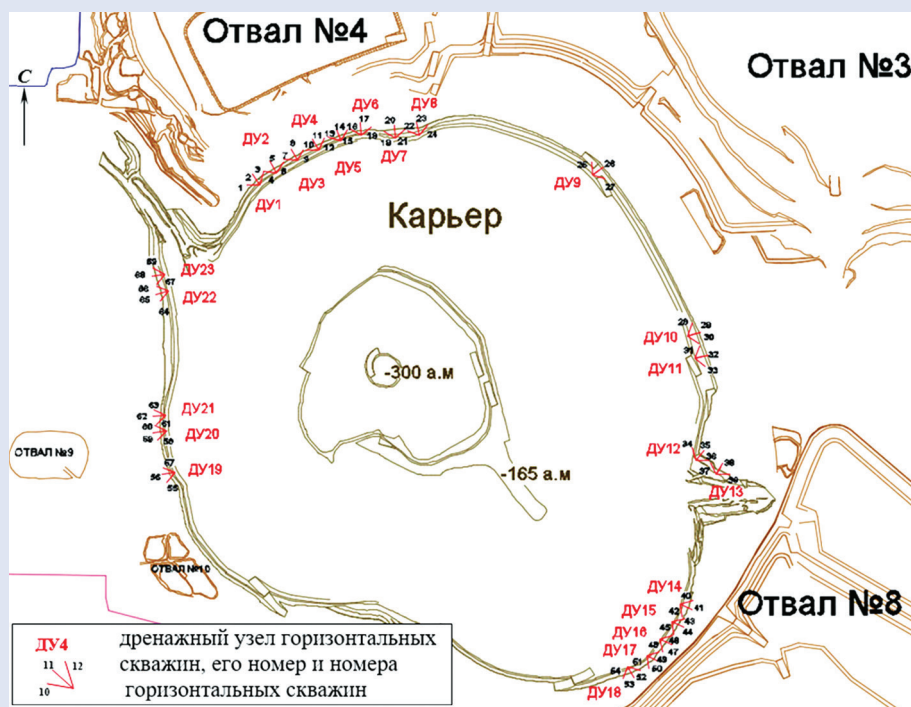
Первые 2 дренажных узла (ДУ1 и ДУ2) сооружаются в ближайший год на северном борту карьера с наиболее неблагоприятными условиями обводнения и деформациями пород. Прогнозный суммарный дебит 23 дренажных узлов горизонтальных скважин на 2030 г. составил 322,0 м<sup>3</sup>/сут. (13,42 м<sup>3</sup>/ч), прогнозный дебит одной скважины на отдельных участках достигает 30 м<sup>3</sup>/сут., при этом уровень грунтовых вод снижается на 0,5-7,0 м и происходит отодвигание депрессионной воронки в глубь массива, что приводит к уменьшению порового давления.

На конец отработки в работе остается 20 дренажных узлов горизонтальных скважин; также для дополнительного осушения меловых пород со стороны их максимального развития было предложено соорудить 6 водопонижающих скважин. Приток к дренажным узлам горизонтальных скважин составил 297,6 м<sup>3</sup>/сут. (12,4 м<sup>3</sup>/ч), к водопонижающим скважинам – 691,2 м<sup>3</sup>/сут. (28,8 м<sup>3</sup>/ч) при понижении уровней грунтовых вод на 0,5-14,0 м, что уменьшает вероятность возникновения деформационных процессов на верхних горизонтах карьера.

Разработанные технические решения по развитию системы осушения обеспечивают опережающий перехват потока подземных вод до поступления его в открытые горные выработки и позволяют бороться с фильтрационными деформациями на верхних уступах карьера, повышают геомеханическую устойчивость олигоцен-четвертичных пород, что существенно улучшает условия отработки добычных горизонтов<sup>6</sup>.

**Заключение**

Разработаны региональная и локальная геофильтрационные модели в программном комплексе GMS.



**Рис. 3. Схема размещения дренажных узлов горизонтальных скважин (2030 г.).**

**Сурет 3. Көлденең ұңғымалардың дренаждық қондырғыларын орналастыру схемасы (2030 ж.).**

**Figure 3. Scheme of placement of drainage units of horizontal wells (2030).**

<sup>6</sup>Геолого-структурное картирование уступов южного и юго-восточного бортов карьера «Восточный» и оценка их устойчивости. Гидрогеологическое обоснование, разработка локальной геофильтрационной модели и технических решений по снижению обводненности бортов карьера «Восточный». – Белгород: ОАО «ВНОГЕМ», 2017.

На моделях выполнены всесторонние исследования сложившейся гидродинамической обстановки при ведении добычных работ на Качарском железорудном месторождении. Получена актуальная структура потока подземных вод с учетом размеров карьера, технологии ведения вскрышных и добычных работ, сформированных отвалов, искусственных водоемов и водотоков, технологии защиты

карьера от отрицательного влияния поверхностных и подземных вод.

Анализ результатов моделирования и условий формирования водопритоков в карьер позволил разработать технические решения по развитию системы осушения с целью уменьшения отрицательного воздействия подземных вод на устойчивость уступов бортов карьера, снижению порового давления в породах прибортового

массива и обеспечению наиболее благоприятных условий для ведения горных работ на горизонтах отработки. Выполнена многовариантная оценка различных комбинаций дренажных устройств (горизонтальные и вертикальные скважины, их комбинации, узкотраншейные дрены, площадной дренаж) и предложены наиболее оптимальные структура и технология осушения карьера и основания отвалов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jay Krishna Takir. Гидрогеологическое моделирование для совершенствования систем и мониторинга подземных вод. // Прикладная наука о воде. – 2017. – Т. 7. – С. 3223-3240 (на английском языке)
2. Титов В.И., Забусов Н.И., Ряжских М.В., Лукьяненко Н.И. Изучение гидрогеологической обстановки для выработки проектных решений по снижению обводненности бортов карьеров. // Горный журнал. – 2019. – №10(2267). – С. 15-18 (на русском языке)
3. Агарков Н.Б., Еремица В.Г., Маликов А.М., Шконда В.Н. Научно-технические исследования и проектирование систем осушения. // Горный журнал. – 2019. – №10(2267). – С. 22-24 (на русском языке)
4. Воронин А.А., Волков Ю.И., Жданова Т.В., Вершинина О.О. Обоснование и разработка современных способов защиты горных выработок от подземных вод. // Горный журнал. – 2019. – №10(2267). – С. 18-21 (на русском языке)
5. Агарков Н.Б., Волков Ю.И. Технология проектирования систем осушения и гидрогеологические исследования. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2020. – №2. – С. 18-22 (на русском языке)
6. Чучелин Л.Д., Кузькин В.С., Малацковский Ф.С. и др. // Осушение бортов карьеров с помощью горизонтальных дренажных скважин. // Горный журнал. – 1981. – №12. – С. 16-18 (на русском языке)
7. Müller M., Jolas P., Mansel H., Struzina M., Drebenstedt C. Осушение многоводных карьеров с рыхлой горной породой – альтернативные решения с помощью горизонтальных скважин. // Шахтные воды и окружающая среда. – 2011. – Т. 30. – Вып. 2. – С. 90-104 (на английском языке)
8. Mansel H., Drebenstedt C., Jolas P., Blankenburg R. Осушение карьеров горизонтальными скважинами. // Международная ассоциация шахтных вод. – 2012. – С. 574А-574І (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Jay Krishna Takir. Жер асты суларының жүйелерін жақсарту үшін гидрогеологиялық модельдеу және мониторинг. // Қолданбалы су туралы ғылым. – 2017. – Т. 7. – Б. 3223-3240 (ағылшын тілінде)
2. Титов В.И., Забусов Н.И., Ряжских М.В., Лукьяненко Н.И. Ашық карьерлердің жақтарын суаруды азайту бойынша жобалық шешімдерді әзірлеу мақсатында гидрогеологиялық жағдайды зерттеу. // Тау-кен журналы. – 2019. – №10(2267). – Б. 15-18 (орыс тілінде)
3. Агарков Н.Б., Еремица В.Г., Маликов А.М., Шконда В.Н. Дренаждық жүйелерді ғылыми-техникалық зерттеу және жобалау. // Тау-кен журналы. – 2019. – №10(2267). – Б. 22-24 (орыс тілінде)
4. Воронин А.А., Волков Ю.И., Жданова Т.В., Вершинина О.О. Кен қазбаларын жер асты суларынан қорғаудың заманауи әдістерін негіздеу және дамыту. // Тау-кен журналы. – 2019. – №10(2267). – Б. 18-21 (орыс тілінде)
5. Агарков Н.Б., Волков Ю.И. Дренаждық жүйелерді жобалау технологиясы және гидрогеологиялық зерттеулер. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2020. – №2. – Б. 18-22 (орыс тілінде)
6. Чучелин Л.Д., Кузькин В.С., Малацковский Ф.С. және т.б. // Көлденең дренажды ұңғымаларды пайдалана отырып, карьер қабырғаларын дренаждау. // Тау-кен журналы. – 1981. – №12. – Б. 16-18 (орыс тілінде)

7. Müller M., Jolas P., Mansel H., Struzina M., Drebenstedt C. Көп сулы горизонтты шоғырландырылмаған тау жыныстарының ашық кеніштерін сусыздандыру – көлденең ұңғымалармен балама шешімдер. // Шахта суы және қоршаған орта. – 2011. – Т. 30. – Шығ. 2. – Б. 90-104 (ағылшын тілінде)
8. Mansel H., Drebenstedt C., Jolas P., Blankenburg R. Көлденең ұңғымаларды пайдалана отырып, ашық шахталарды сусыздандыру. // Тау-кен суларының халықаралық қауымдастығы. – 2012. – Б. 574A-574I (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Jay Krishna Takur. Hydrogeological modeling to improve groundwater systems and monitoring. // Applied Water Science. – 2017. – Т. 7. – P. 3223-3240 (in English)
2. Titov V.I., Zabusov N.I., Ryazhskikh M.V., Luk'yanenko N.I. Izuchenie gidrogeologicheskoy obstanovki dlya vyrabotki proektnyx reshenij po snizheniyu obvodnennosti bortov kar'erov [Study of the hydrogeological situation to develop design solutions to reduce the watering of the sides of open pits]. // Gornyj zhurnal = Mining journal. – 2019. – №10(2267). – P. 15-18 (in Russian)
3. Agarkov N.B., Eremica V.G., Malikov A.M., Shkonda V.N. Nauchno-texnicheskie issledovaniya i proektirovanie sistem osusheniya [Scientific and technical research and design of drainage systems]. // Gornyj zhurnal = Mining journal. – 2019. – №10(2267). – P. 22-24 (in Russian)
4. Voronin A.A., Volkov Yu.I., Zhdanova T.V., Vershinina O.O. Obosnovanie i razrabotka sovremennykh sposobov zashhity gornyx vyrabotok ot podzemnykh vod [Substantiation and development of modern methods of protection of mine workings from underground waters]. // Gornyj zhurnal = Mining journal. – 2019. – №10(2267). – P. 18-21 (in Russian)
5. Agarkov N.B., Volkov Yu.I. Tekhnologiya proektirovaniya sistem osusheniya i gidrogeologicheskije issledovaniya [Technology for designing drainage systems and hydrogeological studies]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – №2. – P. 18-22 (in Russian)
6. Chuchelin L.D., Kuz'kin B.C., Malackovskij F.S. i dr. // Osushenie bortov kar'erov s pomoshh'yu gorizontal'nykh drenazhnykh skvazhin [Drainage of open pit walls using horizontal drainage wells]. // Gornyj zhurnal = Mining journal. – 1981. – №12. – P. 16-18 (in Russian)
7. Müller M., Jolas P., Mansel H., Struzina M., Drebenstedt C. Dewatering of Multi-aquifer Unconsolidated Rock Opencast Mines – Alternative Solutions with Horizontal Wells. // Mine Water and the Environment. – Jun2011. – Vol. 30 Issue 2. – p. 90-104 (in English)
8. Mansel H., Drebenstedt C., Jolas P., Blankenburg R. Dewatering of opencast mines using horizontal wells. // International Mine Water Association. – 2012. – P. 574A-574I (in English)

Сведения об авторах:

**Ряжских М.В.**, старший научный сотрудник гидрогеологического отдела Открытого акционерного общества «ВИОГЕМ» (г. Белгород, Россия), [Rjazhskikh\\_MV@viogem-sp.ru](mailto:Rjazhskikh_MV@viogem-sp.ru); <https://orcid.org/0000-0002-8283-0360>

**Титов В.И.**, главный специалист гидрогеологического отдела Открытого акционерного общества «ВИОГЕМ» (г. Белгород, Россия), [Titov\\_VI@viogem-sp.ru](mailto:Titov_VI@viogem-sp.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6166-6215>

**Ступакова М.С.**, гидрогеолог Акционерного общества «Качары руда» (г. Рудный, Казахстан), [Info.kacharyruda@erg.kz](mailto:Info.kacharyruda@erg.kz); <https://orcid.org/0000-0003-2287-0878>

**Менгель Д.А.**, главный геотехник Акционерного общества «Качары руда» (г. Рудный, Казахстан), [Info.kacharyruda@erg.kz](mailto:Info.kacharyruda@erg.kz); <https://orcid.org/0000-0002-2613-5689>

Авторлар туралы мәліметтер:

**Ряжских М.В.**, «ВИОГЕМ» Ашық акционерлік қоғамының гидрогеология бөлімінің аға ғылыми қызметкері (Белгород қ., Ресей)

**Титов В.И.**, «ВИОГЕМ» Ашық акционерлік қоғамының гидрогеология бөлімінің бас маманы (Белгород қ., Ресей)

**Ступакова М.С.**, «Кашары руда» Акционерлік қоғамының гидрогеологы (Рудный қ., Қазақстан)

**Менгель Д.А.**, «Кашары руда» Акционерлік қоғамының бас геотехнигі (Рудный қ., Қазақстан)

Information about the authors:

**Ryazhskikh M.V.**, Senior Researcher at the Hydrogeological Department of the Open Joint Stock Company «VIOGEM» (Belgorod, Russia)

**Titov V.I.**, Chief Specialist at the the Hydrogeological Department of the Open Joint Stock Company «VIOGEM» (Belgorod, Russia)

**Stupakova M.S.**, Hydrogeologist of the Joint Stock Company «Kachary ruda» (Rudny, Kazakhstan)

**Mengel D.A.**, Chief Geotechnician of the Joint Stock Company «Kachary ruda» (Rudny, Kazakhstan)



# OGU

Oil&Gas Uzbekistan

# Oil & Gas Uzbekistan

## 25

Юбилейная Международная  
Выставка и Конференция

## 17 | 18 | 19 Мая 2023

Узэкспоцентр • Ташкент • Узбекистан

OGU - ключевое  
нефтегазовое  
событие Узбекистана

Организаторы



Iteca Exhibitions

Тел.: +99871 205 18 18

E-mail: oilgas@iteca.uz

www.oilgas.uz

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

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

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

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

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

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

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

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

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ** составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. Список приводится на казахском, русском и английском языках.

### 4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении 8 (восьми) 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.

На 90-м году жизни скончался видный горный инженер, организатор производства, ветеран Ачисайского полиметаллического комбината, человек, оставивший яркий след в его истории Абдыхан Ермаханович Бегимбетов.

А.Е. Бегимбетов родился в селе Жана-Корган Кызыл-Ордынской области в семье крестьянина и закончил там же среднюю школу в 1950 г. В том же году он стал студентом горного факультета Казахского горно-металлургического института.

После окончания института в 1955 г. трудовая деятельность началась на руднике Ачисай, как практически у всех выпускников, с должности горного мастера. Знания и действительность Абдыхан Ермаханович сумел творчески совместить на рабочем месте, и этот факт сыграл в его дальнейшей судьбе ведущую роль. Творческий склад ума и природная любознательность, трудолюбие и присущее ему желание быть в первых рядах среди лучших создали ему авторитет и уважение с первых дней его трудовой деятельности.

Эти его качества особенно достойно отразились на его биографии в период работы начальником рудника Абдалкадер в Алжирской Республике с 1976 г. по 1979 г. Перед командировкой в Алжир и после возвращения оттуда он работал на одном из сложных по горно-геологическим и особенно по гидрогеологическим факторам рудников мира – Миргалимсайском, достигнув к 1979 г. должности главного инженера.

Звездный час его биографии как инженера и как организатора связан с месторождением Шалкия, которое является самым крупным свинцово-цинковым месторождением в Казахстане, и с началом его деятельности по добыче и производству концентратов этих металлов. Решение, принятое по инициативе



**Абдыхан Ермаханович  
Бегимбетов**  
(21.12.1933 – 08.01.2023)

директора Ачисайского полиметаллического комбината С.М. Мауленкулова и поддержанное Д.А. Кунаевым и П.Ф. Ломако, поручено было реализовать А.Е. Бегимбетову. Он блестяще с этой ответственной задачей справился, построив в бескрайних просторах новый поселок Шалкия с всей современной инфраструктурой и заложив основы будущего рудника в течение 1980-1987 гг.

Проработав с 1983 г. по 1995 г. на реорганизованном, перешедшем в частные руки, Ачисайском полиметаллическом комбинате, Абдыхан Ермаханович стал пенсионером. Но оставленное после его кончины наследие поражает воображение своим многообразием и целенаправленностью.

Его песни остаются жемчужинами исторической летописи его родного комбината, которому он посвятил более 17 песен, в том числе звучащий как гимн труду и мужеству людей города Кентау «Вальс горняков».

Почетные звания «Заслуженный ветеран комбината «Ачполиметалл»», «Почетный гражданин города Кентау», «Участник трудового фронта», орден «Дружба Народов», многочисленные медали достойно украшали его грудь, наглядно представляя нам его активность и добросовестность.

Абдыхан Ермаханович – родоначальник династии горных инженеров. Дети на примере самоотверженного труда отца во благо народа выбрали жизненный путь в горном производстве: дочь Бибисара – горный инженер-маркшейдер, работала главным маркшейдером Лисаковского ГОК, Почетный геолог РК; сын – Бауржан – горный инженер-технолог; сын – Галымжан – горный инженер-маркшейдер; сын – Рахымжан – инженер-обогадитель; сын – Кадыржан – горный инженер-электромеханик, магистр экологии.

*Прощаясь с нашим коллегой, мы говорим: «Спи спокойно – ты заслужил тех благодарностей, которые были высказаны при проводах тебя в последний путь! Пусть Земля будет пухом твоему праху, душа твоя покоится в небесах!»*