



# Геомембрана **GEOCHRON HDPE**

Лучшее решение для гарантированного результата

Геомембрана Geochron - это идеальное решение при создании объектов для тяжёлой промышленности - хвостохранилищ, золошлакоотвалов, полигонов ТБО и других, с сохранением целостности окружающей среды. Изготовлена из 100% первичного сырья HDPE.

## **Геомембрану Geochron отличают следующие характеристики:**

- Обладает высокой устойчивостью к химическим веществам, кислотам и нефтепродуктам
- Имеет стойкость к УФ излучению, что позволяет быть нашей Геомембране прочным изолирующим барьером
- Показывает наилучшие физико-математические показатели, которые подтверждены лабораторными испытаниями
- Продукт ECO FRIENDLY

*Более подробную информацию по поводу характеристик, методов применения, установки или доставки, Вы можете узнать на нашем сайте или связавшись с нашим менеджером.*

**WARTER**  
polymers

WARTER POLYMERS Sp. z o.o.  
ул. Коралова 60  
02-967 Варшава  
www.warterpolymers.pl

Производство:  
ул. Згленицкого 5, 09-411, Плоцк  
тел: +48 785 897 134  
e: h.malyszek@warterpolymer.pl

WARTER  
polymers

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

Издается с января 2003 г.

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

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

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

**Адрес редакции:**  
050026, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,  
+7 (747) 343-15-02  
[minmag.kz](mailto: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 **30.11.2023 г.**

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

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



**INTERRIN**

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

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

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

**Ответственный редактор**  
**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

**Ш.В. Каримов** (Узбекистан), PhD

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

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

**У.Ф. Насиров** (Узбекистан), д-р техн. наук, профессор

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

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

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

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

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

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

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

**П.Г. Тамбиев**, канд. техн. наук

**Ш.Н. Туробов** (Узбекистан), PhD

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


**Р.А. Хамидов** (Узбекистан), PhD

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

**Т.А. Чепуштанова**, PhD

® – статья на правах рекламы

Ⓜ – информационное сообщение

 – статья публикуется в авторской редакции

- 4** Колонка главного редактора  
Геология
- 5** *Р.Т. Баратов, В.Н. Келюхов, Д.О. Даутбеков, \*М.А. Маширапова*  
Перспективы литиенности приповерхностных вод солончаков Чу-Сарысуйской впадины  
Геология
- 14** *А. Шарпатов, \*А. Садуов, Н. Асирбек*  
Сравнительный анализ возможностей алгоритмов машинного и глубокого обучения в геологии  
Геология
- 21** *А.Б. Байбатиша, \*М.К. Кембаев, С.Е. Раис, Е.Т. Биякышев*  
О геолого-структурных особенностях и геодинамике Шу-Илеской металлогенической зоны  
Геодезия
- 27** *\*М. Amirkhanov, Y. Zhakypbek, A. Aben, N. Mussakhan*  
Monitoring of glaciation and melting in the East Kazakhstan region  
Геомеханика
- 33** *Д.К. Таханов, \*А.Б. Жиенбаев, М.Ж. Балпанова, Р.А. Мусин*  
Массивтің табиғи кернеулі күйіндегі физикалық процесстердің таралу аясын бағалаудың әдісі  
Бурение скважин
- 39** *\*Ф.У. Аширов*  
Разработка технологии получения местного бурового реагента путем обработки нитракриловой кислотой  
Бурение скважин
- 47** *Ж.С. Сарқұлова, \*А.С. Қуанышева, Н.Б. Қаржаубай, А.Т. Қазыбек*  
Бұрғылаудағы инновациялар және ұңғымаларды тазартудың заманауи технологиялары  
Охрана труда и безопасность в горной промышленности
- 53** *\*Б.Т. Уахитова, Б.Г. Алматова, Т.С. Кайменова, Д.Д. Султанова*  
Пуассонның ықтимал таралуын қолдану арқылы, жарақат алу ықтималдығын анықтау  
Юбилей
- 58** Леонид Андреевич Крупник (к 85-летию со дня рождения)
- 64** Требования к оформлению и условия предоставления статей

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат  
Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

*Уважаемые коллеги!  
Дорогие читатели!*

Свое обращение к вам начинаю с выражения чувств соболезнования семьям трагически и безвременно ушедших из жизни наших товарищей по профессии – шахтеры Караганды, трудившихся в АО «Арселор Миттал Темиртау». Каждый из нас, будучи вовлеченными по своему желанию в орбиту добычи полезных ископаемых и связанных с ней горных работ, на себе испытал все тяготы и опасности нашей, тем не менее избранной нами и любимой профессии. Опасности, связанные с исполнением наших повседневных обязанностей и на открытых, и на подземных горных работах, существуют, потому что они предопределены природой и созданными человеком технологиями. Зная о них, специалисты-руководители, инженерно-технический персонал и рабочие – создали и постоянно совершенствуют технические и организационные меры по их опережающему предупреждению, по исключению малых долей вероятности их проявления, контролируют состояние окружающего массива, процессы, происходящие внутри него, состояние и безопасность обслуживания технического оснащения, соблюдение правил безопасности.

И как бы горько не было, какая бы боль и негодование нами не руководили, приводя доводы в пользу отказа от сотрудничества и дальнейшего участия компании-собственника «Миттал Стил», нам следует критически оценить причины не только происшедшей странной трагедии, но и всей жизнедеятельности угольных шахт нынешней Караганды.

Завтра полностью мы прервем взаимоотношения с нынешним собственником, настанет время, когда мы сами должны организовать безопасный труд наших коллег, потому что коксующийся уголь нужен каждый день металлургам.

Объектные показатели добычи угля при неизменном объеме производства чугуна останутся те же самые, что и сейчас. И мы, помня, какой ценой он нам достался во все годы со времен прихода иностранного собственника, должны доказать безаварийной работой и сохраненными жизнями, что наши требования его изгнать были абсолютно верными.

Но пока в решениях, публикуемых на страницах СМИ, конкретных технических мер на инженерном и научном уровне не видно. Начать надо было хотя бы со статистики состояния техники безопасности на подземных угольных шахтах, взрывоопасных по газу и пыли в мировом масштабе в 15-20-летнем формате анализа: уровень опасности, источники опасности, глубины горных работ, горно-технические параметры, мощность по добыче, характеристика угля и вмещающих пород, количество несчастных случаев, в т.ч. летальных.

Ведь сразу в глаза бросается факт, сколько выплавляется чугуна и добывается коксующегося угля, производится кокса в Китае, Индии, США, РФ, в т.ч. компанией Миттал Стил и другими ведущими компаниями мира. Не покидает ощущение, как будто в Казахстане специально и создают такие условия, когда постоянно гибнут люди. Статистики нет. Научно-исследовательские работы специализированным институтом и Карагандинским государственным техническим университетом не проводятся. Опыт Кузбасса, Донбасса, угольных шахт Китая, Индии, США и других стран с подземной добычей угля не изучается. Ученые и производственники Казахстана из Караганды в научно-производственные командировки не ездят, к себе гостей не приглашают. Я уже не говорю о том, что кто-то ведь «догадался», что надзор и горно-спасательные работы должны осуществляться частными компаниями. То есть на виду у всего государственного аппарата была создана кормушка для недобросовестных людей, которые жизнь человеческую оценивали в деньгах.

Случившееся, ставшее в Караганде устоявшейся системой – это плевок в сторону нашего Правительства, и оно должно быть с корнем вырвано из обыденности нашей жизни. Только так можно исправить положение, иначе через некоторое время, не дай бог, придется искать новых виновных. Мы должны раз и навсегда запомнить: «Кровь людская – не водичка!» Мы все живем и трудимся, чтобы жизнь становилась благополучней и безопасней!

Код МРНТИ 38.49.17

Р.Т. Баратов, В.Н. Келюхов, Д.О. Даутбеков, \*М.А. Машрапова  
 ТОО «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ЛИТИЕНОСТИ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СОЛОНЧАКОВ ЧУ-САРЫСУЙСКОЙ ВПАДИНЫ

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования литиевой минерализации в солончаках Чу-Сарысуийской депрессии. В статье описана методика проводимых исследований, которая основана на выделении территорий распространения солончаков с помощью визуального дешифрирования материалов ДЗЗ (дистанционное зондирование земли), полевых работах и лабораторно-аналитических исследованиях. Дается информация о результатах аналитических исследований, проведенных с использованием спектроскопии и рентгеновской дифракции проб рапы, отобранных в полевой сезон 2022 года. Полученные результаты показали повышенное содержание лития в пробах, что имеет важное значение для разворота поисково-оценочных работ с целью выявления в стране нового геолого-промышленного типа (ГПТ) литиевого сырья, являющегося на современном этапе очень востребованным в производстве батарей для мобильных устройств и электромобилей. Это исследование является первым шагом в оценке ресурсного потенциала Чу-Сарысуийской депрессии и открывает новые перспективы для дальнейшего изучения этой проблемы в эпиплатформенных областях Казахстана, в частности на территории впадины Чу-Сарысу.

**Ключевые слова:** литиеносность, гидроминеральное сырье, рапа, солончаки, низовья бессточных рек.

### Шу-Сарысу ойпаты сорларындағы жер бетіне жақын суларының литийге перспективасы

**Аннотация.** Мақалада Шу-Сарысу ойпатының тұзды батпақтарындағы литий минералдануын зерттеу нәтижелері келтірілген. Мақалада қашықтықтан зондтау материалдарын визуалды интерпретациялау, далалық жұмыстар мен зертханалық-аналитикалық зерттеулер көмегімен сортаңдардың таралу аймақтарын бөлуге негізделген ағымдағы зерттеулердің әдістемесі сипатталған. 2022 жылғы дала маусымында алынған тұзды ерітінділердің үлгілерінің спектроскопиясы мен рентгендік дифракциясын қолдану арқылы жүргізілген аналитикалық зерттеулердің нәтижелері туралы ақпарат берілген. Алынған нәтижелер сынама-лардағы литий мөлшерінің жоғары екенін көрсетті, бұл елде қазіргі уақытта литий шикізатының жаңа геологиялық-өнеркәсіптік түрін анықтау мақсатында іздестіру және бағалау жұмыстарын дамыту үшін маңызды болуы мүмкін. Бұл қазіргі кезеңде мобильді құрылғылар мен электромобильдерге арналған аккумуляторлар өндірісінде өте сұранысқа ие. Бұл зерттеу Шу-Сарысу ойпатының ресурстық әлеуетін бағалаудың алғашқы қадамы болып табылады және Қазақстанның эпиплатформалық аймақтарында, атап айтқанда, Шу-Сарысу ойпатының аумағында осы мәселені одан әрі зерттеудің жаңа перспективаларын ашады.

**Түйінді сөздер:** литий, гидроминеральды шикізат, тұзды ерітінділер, сортаңдар, ағынсыз өзендердің төменгі ағысы.

### Perspectives of lithienosity of superficial waters of the saline lakes of the Chu-Sarysu depression

**Abstract.** The article presents the results of a study on lithium mineralization in the salt marshes of the Chu-Sarysu depression. The article describes the methodology of the conducted research, which is based on the identification of territories of salt marsh distribution using visual interpretation of remote sensing materials, field work, and laboratory-analytical studies. Information is given about the results of analytical studies conducted using spectroscopy and X-ray diffraction of samples taken during the field season of 2022. The obtained results showed an elevated lithium content in the samples, which may have important implications for the development of prospecting and assessment works aimed at identifying a new geological-industrial type (GIT) of lithium raw materials in the country, which is currently in high demand in the production of batteries for mobile devices and electric vehicles. This study is the first step in assessing the resource potential of the Chu-Sarysu depression and opens up new prospects for further studying this issue in the epiplatform areas of Kazakhstan, particularly in the territory of the Chu-Sarysu depression.

**Key words:** lithium content, hydro-mineral raw materials, rapa, salt flats, floodplains of non-flowing rivers.

### Введение

На современном этапе развития энергетики литий (*Li*) является наиболее важным элементом отрасли. Растущий спрос на литий определяется все возрастающей востребованностью литий-ионных аккумуляторов, которые имеют высокую удельную мощность и относительно низкую стоимость, что делает их оптимальными для накопления энергии в портативных электронных устройствах, для электрической энергии энергосистем и для быстро растущих парков гибридных и электрических транспортных средств.

Основными производителями лития на современном этапе являются страны Латинской Америки, в частности Чили, а также Австралия и Китай [1, 2]. Если в Австралии основным источником лития остаются месторождения пегматитового типа, то прорыв стран Латинской Америки и Китая в ведущие производители лития произошел за счет вовлечения в эксплуатацию месторождений гидроминерального сырья (Salar de Atacama, Chile; Salar de Uyuni, Bolivia; Salar del Hombre Muerto, Argentina; серия литий-содержащих соев в Qinghai – Tibet plateau, China) [2-5].

Анализ условий формирования саларов Южной Америки, Тибета и соленых озер Монголии позволяет сделать следующий вывод. Содержание  $Li_2O$  в водах конечных водоемов стока, представляющих собой естественные геоморфологические и структурные ловушки, в которых идет аккумуляция легкоподвижных и легкорастворимых компонентов, включая *Li* [2], определяется литиеносностью

питающих наземных и подземных вод, степенью минерализации рассолов, тектоно-вулканической активностью районов и климатическим режимом, который мог приводить к неоднократной садке легкорастворимых солей и, соответственно, обогащению литием остаточной рапы.

Приведенная информация явилась идеей о выявлении возможных промышленных месторождениях *Li* из рапы, солончаков низовий бессточных рек. Благоприятной для поисков месторождений лития нового типа для Казахстана, прежде всего, является Прикаспийская впадина, в которой издавна разрабатывались месторождения соли для добычи галита, сильвина, гипса, бора, магнетита. Широко развито подобное гидроминеральное сырье также в районе высыхающего Аральского моря, Чу-Сарысуийских солончаков, и возможно, соленых озер Павлодарского Прииртышья.

Учитывая несомненную актуальность оценки перспектив литиеносности солончаков Казахстана, авторами была подана заявка на грантовый проект в Комитет науки МОН РК на выполнение темы «Выявление литиеносности солончаков низовий бессточных рек Чу и Сарысу и оценка их промышленных перспектив», который был одобрен. Целью грантового проекта является выявление литиеносности минерализованных солончаков низовий бессточных рек Чу и Сарысу и прогнозная оценка их промышленных перспектив. В статье излагаются результаты первого этапа исследований по данному направлению в Казахстане.

### Методы исследования

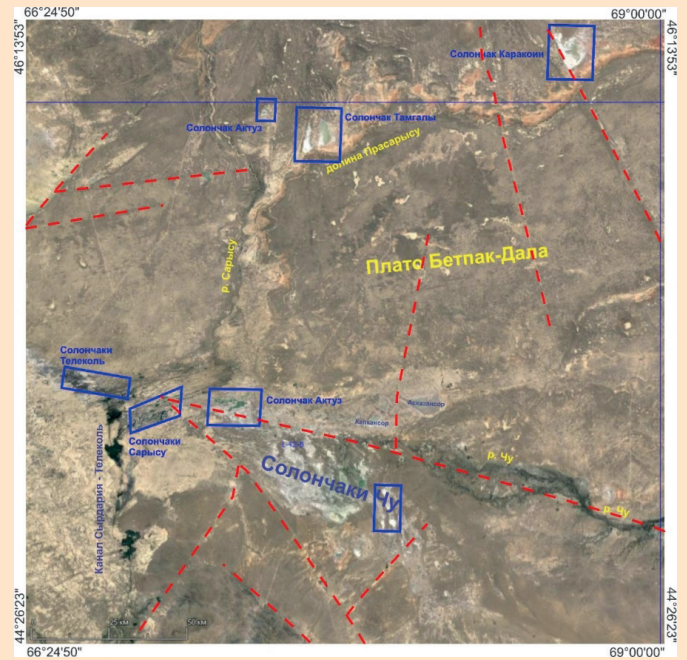
Литий добывают из трех типов месторождений: «твердых» пегматитов, континентальных рассолов в «саларах» и гидротермально измененных глин. Залежи рассола содержат около 75% запасов лития в мире из-за более низких затрат на добычу [1-3]. Рассолы, богатые *Li*, встречаются преимущественно в бассейнах внутреннего дренажа или саларов, которые в основном расположены в Андах в странах Литиевого треугольника. Это бессточные бассейны, а это означает, что единственный выход для втекающей воды – испарение. Это означает, что вода, богатая литием, поступает в салары, а затем испаряется, концентрируя рассолы высокой плотности, содержащими экономически выгодные концентрации лития, которые затем откачиваются. В то время как добыча из горных пород требует гидрометаллургического процесса (дробление и нагрев), добыча из рассолов, т. е. соленых водоносных горизонтов, включает в себя откачку из неглубоких недр и набор солнечных испарительных бассейнов. В этом процессе другие компоненты удаляются либо осаждением, либо химическими реакциями путем введения реагентов. Это необходимо, поскольку литий сосуществует в соляных растворах с другими элементами, такими как магний, которые неэкономичны. Следует отметить, что процесс испарения/осаждения является медленным и занимает от одного до двух лет от перекачки воды до обработки концентрированного рассола на обогатительной фабрике, где используется дальнейшая обработка для получения карбоната лития.

В целом, исполнители проекта при исследовании соров Чу-Сарысу впадины придерживались классического комплекса региональных поисковых методов, которые обычно делятся на камеральные и полевые периоды. В камеральный в преполевой период авторы дешифровали материалы ДЗЗ (дистанционное зондирование земли) для изучения геоморфологических, гидрогеологических, ландшафтно-геохимических характеристик исследуемого района.

Из сайта были предварительно скачаны доступные космические снимки (мультиспектральные и радиолокационные) со спутников Landsat-8, Maxar, Sentinel и RADARSAT-1. Проведено дешифрирование космических снимков с целью оценки обводненности, солёности, предварительного состава и геоморфологии солончаков низовий бессточных рек Чу и Сарысу, а также крупных солончаков Каракоин и Тамгалы. Дешифрирование показало информативность в плане обводненности солончаков на снимках со спутника Sentinel, а геоморфологические характеристики исследуемого региона хорошо дешифрировались совмещением снимков Landsat+RADARSAT-1 (рис. 1).

Основным методом полевых исследований являлось лито- и гидрохимическое опробование (геохимическая съемка) соляных озер и солончаков. Цель геохимической съемки – выявление наиболее минерализованных на литий соляных озер, солончаков (соров) и соляных куполов, выходящих на поверхность.

Гидрогеохимическая съемка проводится для анализа состава поверхностных вод с целью обнаружения гидрогеохимических аномалий, фиксирующих концентрацию лития в приповерхностных водах и рассолах.



**Рис. 1. Космический снимок со схематическим расположением изученных солончаков Чу-Сарысу впадины в полевой сезон 2022 (синие контуры).**

**Сурет 1. 2022 жылғы егістік маусымындағы Шу-Сарысу ойпатының зерттелген сортаңдарының ғарыштық суреті мен сұлбасы (көк сызықтар).**

**Figure 1. Scape image and scheme of the studied salt flats of the Shu-Sarysu depression in the field season 2022 (blue outlines).**

Опробованию подлежали соленые озера, обводненные солончаки (соры), самоизливающие скважины. Для отбора проб вскрывался слой галит-новосадка, галит-старосадка, мощность которых не превышала 10-15 см. Далее ручным буром пробуривалась небольшая скважина диаметром 150 мм, глубиной 1 метр до ила. В течение 5 минут рапа в скважине отстаивалась, после чего отбиралась проба рапы и с забоя скважины отбирался ил. В случае отбора пробы с такыров отбиралась глина. Пробы рапы отбирались в ПЭТ (полиэтилентерефталата) бутылки объемом в 0,5 литра, пробы ила и глины массой 200 грамм в пластиковые пакеты (рис. 2).

Литохимическая и гидрохимическая съемка проводятся одновременно с приблизительным шагом 1000 x 1000 м, в зависимости от условий местностей, подлежащих опробованию. Геохимическая съемка проводится в сухой летний период, так как в этот период минерализация поверхностных вод и соляных озер не разубожена сезонными дождями.

Основными задачами камеральных работ являются обработка и анализ результатов, полученных лабораторно-аналитическими исследованиями. Как сказано выше, первый этап исследований включал изучение солончаков и соляных озер Северной и Западной территории междуречья Чу и Сарысу. Полевые работы с отбором проб проведены на солончаках низовий реки Сарысу и Южной части солончаков низовья реки Чу, на крупных соляных озерах Каракоин, Тамгалы и Актуз



**Рис. 2. Гидрохимическое опробование.**  
**Сурет 2. Гидрохимиялық сынама алу.**  
**Figure 2. Hydrochemical sampling.**

(см. рис. 3) с лито- и гидрогеохимическим опробованием и изучением литологического состава солончаков и их гидрогеологических условий. В результате полевых работ была отработана методика отбора проб рапы с применением ручного бура, описаны геологические условия мест отбора проб и отобрано 160 рядовых проб рапы, 8 контрольных, 47 – из донного ила и 6 проб рапы объемом 1 литр для сокращенного химического анализа. Все отобранные пробы в полевой сезон 2022 года из перечисленных солончаков Чу-Сарысуйской впадины были проанализированы на количественное определение лития в рядовых и контрольных пробах рапы в химической лаборатории «Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» методом атомной эмиссии (ISP-AES) (табл. 1). Контроль результатов лабораторных исследований (30 проб) рапы был осуществлен методом атомной эмиссии (ISP-AES) в лаборатории химических методов ТОО «Научный аналитический центр». Также были проанализированы на определение *Li* почвенные пробы из тех же сорев.

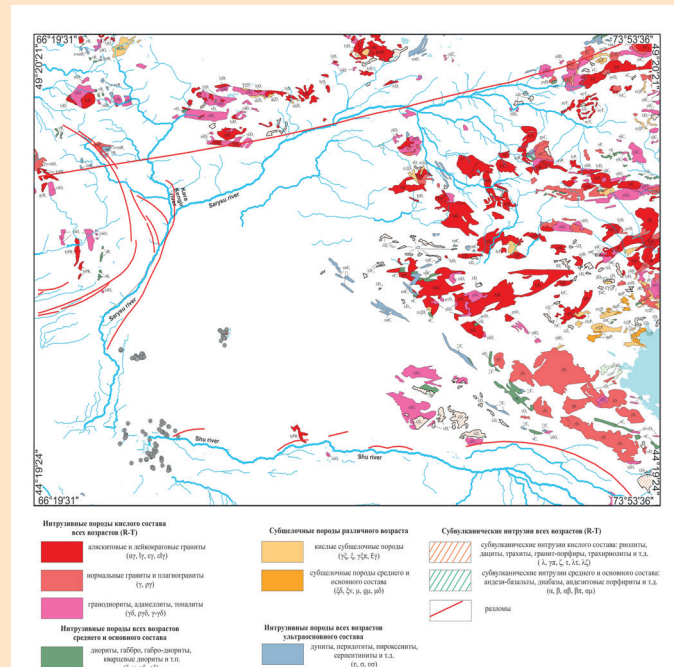
Для контроля результатов лабораторных исследований 30 проб рапы с изученных солончаков были направлены в Химическую лабораторию Научного аналитического центра г. Алматы. Отмеченные пробы были проанализированы методом ISP-Ms. Содержание лития в пробах из рапы, проанализированные методом ISP-Ms, оказались в 3,5 выше результатов, проанализированных методом «Атомной эмиссии» Института гидрогеологии. Возможно, это связано с чувствительностью методов. Такие же различия при сравнении результатов аналитических исследований были отмечены в предыдущих работах [4]. При анализе большого количества публикаций, в которых дается количественная оценка содержания лития в рапе или же в рассолах солончаков [1-3, 9-11 и др.], выявляется, что ни в одной из них не дается характеристика или наименование метода лабораторно-аналитических исследований.

Авторы попытались также изучить общую минерализацию в отобранных пробах рапы, по данным сокращенного химического анализа в рассолах отмечается в основном натровый тип минерализации, а общая минерализация рассолов варьирует в пределах 300-400 г/л (табл. 3) и в целом совпадает с минерализацией рассолов известных промышленных месторождений в Андах, Тибете, Монголии и других.

Согласно данным полевых наблюдений оказалось, что поверхность соленых озер Каракоин, Тамгалы и Актуз представлена коркой галита мощностью около 1 метра, с межсолоевой рапой, а поверхность группы солончаков низовья Сарысу представлена маломощной коркой галита, сильвинита и затакырными участками. Крупный солончак Ащыколь (рис. 3) низовья ручья Боктыкарын оказался полностью сухим. Во время полевых работ также проводилась заверка дешифрованных признаков солончаков и засолонцованных участков.

**Результаты исследования и обсуждение**

Исследуемые солончаки приурочены к тектонической Чу-Сарысуйской депрессии типа описанного выше, с бессточными довольно протяженными реками Чу и Сарысу. Под Чу-Сарысуйской депрессией или впадиной некоторыми исследователями понимается регион, ограниченный с востока Чу-Илийскими горами, с Севера плато Бетпак-Дала и с Юго-Запада горами Каратау, в котором расположены исследуемые соры (рис. 3).



**Рис. 3. Гидрографическая сеть бессточных рек Чу и Сарысу.**

**Сурет 3. Шу және Сарысу тұйық өзендерінің гидрографиялық желісі.**

**Figure 3. Hydrographic network of the closed rivers Shu and Sarysu.**

Регион исследования охватывает более 1500 км<sup>2</sup> по площади и расположен в Казахстане в пределах административных границ Туркестанской и Кызылординской областей. В геоморфологическом отношении изучаемый район имеет в общем довольно слабо расчлененный рельеф, где невысокие пологие возвышенности чередуются с большими плоскими низинами, занятыми огромными такырами и солончаками, длина которых достигает 30-40 км.

Территория Чу-Сарысу́йской депрессии вследствие малого годового количества осадков и большой сухости климата принадлежит к полупустынным и пустынным районам. Поэтому здесь полностью отсутствует гидрографическая сеть, если не считать реки Чу и Сарысу. Количество солнечных дней в году в изучаемом регионе превышает 3000 часов и количество выпадаемых осадков менее 100 мм в год.

Долина Чу и Сарысу представляет собой слегка волнистую равнину шириной до 40 км. На поверхности ее встречаются отдельные участки эоловых песков, многочисленные солончаки, озера и сухие русла временных водотоков. В половодье вода в реках слабосоленоватая; летом, сохраняясь в плесах, имеет минерализацию более 10 г/л. Аллювиальная равнина сложена разнородными песками с гравием и галькой, супесями, в низовье – суглинками, мелкозернистыми песками, глинами и озерными фациями, зачастую покрытыми корками солей. Мощность отложений изменяется от нескольких до 40 м и более. Обводненная часть составляет 2-15 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод колеблется от 1 до 5-9 м; амплитуда – 0,6-1 м. Дебиты водопунктов изменяются от 2 до 86 м<sup>3</sup>/сутки, иногда достигают 172 м<sup>3</sup>/сутки (2 л/сек) при понижении уровня воды на 1-3 л. В пойменной части реки воды преимущественно соленые и только на отдельных участках слабосоленоватые. На террасах и в устье минерализация воды достигает 10-50 г/л и более [7].

Наиболее распространенный химический состав грунтовых вод сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный натриевый. Питаются подземные воды за счет фильтрации речных вод Чу и Сарысу и атмосферных осадков. Разгружаются они путем транспирации растительностью и испарения, которое во много раз превосходит годовую сумму осадков.

В современном чехле изучаемой территории выделяются среднечетвертичные, нерасчлененные средне-верхнечетвертичные, верхнечетвертичные-современные и современные аллювиальные и делювиально-пролювиальные отложения. Кроме того, выделяются нерасчлененные среднечетвертичные-современные эоловые образования [8, 9].

Выбор территории Чу-Сарысу́йской депрессии как перспективной на экзогенную литиевую минерализацию прежде всего обусловлен тем, что бессточные реки Чу и Сарысу являются довольно протяженными, которые протекают через крупные пояса вулканоплутонических образований и вымывают из них легко растворимые компоненты типа щелочных металлов (*Li, K, Na, Ca* и др.). Река Сарысу имеет длину около 800 км, образовывается слиянием небольших речек Жаман Сарысу, Жаксы Сарысу, Атасу, Талдисай, Курманака, Талдыманака, Кумдиеспе и Каракенгир. Основное течение ее проходит по вулканоплутоническим формациям средне-кислого состава, иногда с повышенной щелочностью окраинно-континентального Девонского вулканоплутонического пояса (рис. 3). Река Чу берет свое начало в горах Тянь-Шанской горной системы, протекает по западному борту Чу-Илийских гор. Продукты механического разрушения и в

особенности химического выветривания на путях следования рек аккумулируются в Чу-Сарысу́йской впадине в крупных сорах (рис. 3).

Анализы, полученные в химических лабораториях, представлены в таблице 1 (количественные определения *Li* в пробах рапы и таблице 2 – почвенные пробы).

Учитывая, что низовья рек Чу и Сарысу представлены глинисто-песчаными аллювиальными отложениями, которые могут быть перспективными на россыпное золото, почвенные пробы были проанализированы также на золото атомно-абсорбционным методом. Полученные данные требуют контрольных определений.

Анализ аналитических данных таблицы 1 показал крайне неравномерное содержание *Li* в опробованных семи солончаках. В солончаках Тамгалы, Актуз, Телеколь и Ащисор не выявлено ни одной пробы с содержанием *Li* равным или большим количеством относительно минимальных промышленных значений, известных месторождений – 5 мг/л. В то же время в солончаках Караконин, группе соров низовой реки Сарысу и ЮВ части низовья реки Чу количество проб с промышленными содержаниями *Li* составляют 23% – 51,5% – 11,8% соответственно из общего количества проб, отобранных в этих солончаках. Из названных трех солончаков с пробами равными и выше промышленных содержаниями *Li* наиболее интересными представляются солончак Караконин и группа соров низовой реки Сарысу. Среди проб с промышленными содержаниями *Li* в этих солончаках встречаются значения и 10 мг/л, и 20 – 30 – 40 – 50 – 60 до 97,24 мг/л. При отсутствии проб с промышленными содержаниями в первых 4-х сорах обращает на себя внимание отсутствие пустых проб, поэтому среднее содержание *Li* в исследованных сорах составляют: солонец Караконин – 5,24 мг/л, Тамгалы – 1,7 мг/л, Актуз – 0,66 мг/л, Телеколь – 0,91 мг/л, группа солончаков низовой реки Сарысу – 14,1 мг/л, Ащисор – 2,9 мг/л и низовой р. Чу – 2,6 мг/л. Согласно определению *Li* в рапе исследованных солончаков, несомненно, обращают на себя внимание высокие содержания его в пробах соров низовой р. Сарысу. В тоже время определения *Li* в почвенных пробах опробованных солончаков (табл. 2) указывают на большое количество проб с промышленными содержаниями в соре Караконин – 77,7%, Ащисор – 55,5% и только потом в группе соров низовой р. Сарысу – 37,5%. В целом же содержание *Li* в почвенных пробах оказалось более низкими, чем в пробах рапы. Отсутствие корреляции в содержании *Li* в рапе и почвенных пробах требует своего объяснения, что и ставится в качестве одной из задач в полевой сезон 2023 года.

Корреляции элементов между собой в минерализованных водах солончаков наблюдается на диаграмме (рис. 4). По данным обработки результатов аналитических исследований получается, что прямой корреляции содержаний лития от содержания других элементов не устанавливается. При внимательном анализе данных таблицы 3 более четко просматривается корреляция между содержанием *Li* со значениями общей минерализации рассола, что можно использовать в качестве относительного поискового критерия [12].



**Таблица 1**  
**Результаты количественного определения лития в пробах рапы исследованных солончаков в полевой сезон 2022 года**  
**Кесте 1**

**2022 жылғы егістік маусымында зерттелетін сортаңдардың тұзды ерітінділеріндегі литийді сандық анықтау нәтижелері**

**Table 1**

**Results of quantitative determination of lithium in brine samples of the studied salt marshes in the field season of 2022**

Название лаб.	Институт гидрогеологии				Научный аналитический Центр			
Название солончака	Кол-во проб	Содерж. Li <sub>min</sub> , г/м	Содерж. Li <sub>max</sub> , г/м; Li, г/м	Содерж. Li <sub>сред</sub> , г/м; Li, г/м	Кол-во проб	Содерж. Li <sub>min</sub> , г/м	Содерж. Li <sub>max</sub> , г/м; Li, г/м	Содерж. Li <sub>сред</sub> , г/м; Li, г/м
Каракоин	19	1,05	14,48	5,24	3	38	53	45
Тамгалы	26	0,73	4,5	1,7				
Актуз	5	0,28	0,96	0,66				
Телеколь	3	0,06	3,39	1,18				
Группа солончаков низовья р. Сарысу	67	0,1	97,24	13,9	28	25	286	82
Ащысор	18	0,91	4,76	2,9				
Солончаки ЮВ Чу	17	0,12	5,52	2,6				

**Таблица 2**

**Результаты количественного определения лития в почвенных пробах полевого сезона 2022 года**  
**(Научный аналитический центр)**

**Кесте 2**

**2022 жылғы егістік маусымындағы топырақ үлгілеріндегі литийдің сандық анықтау нәтижелері**  
**(Ғылыми талдау орталығы)**

**Table 2**

**The results of the quantitative determination of lithium in soil samples of the 2022 field season**  
**(Scientific Analytical Center)**

Пп № проб	Назв. солончака	Li, мг/кг	Пром. содер. Li, %	Пп № проб	Назв. солончака	Li, мг/кг	Пром. содер. Li, %	Пп № проб	Назв. солончака	Li, мг/кг	Пром. содер. Li, %
2	1	3	4	6	5	7	8	10	9	11	12
1	Каракоин	6,6	77,7 %	8	Тамгалы	5,2	0%	12	Сарысу	6,38	45,5%
2		7,4		9		8,51		13		7,56	
3		5,72		10		5,84		14		7,88	
4		3,14		1	0,85	15		4,61			
5		9,76		2	1,1	16		3,76			
6		3,22		1	1,95	1		4,51			
7		9,46		2	2,16	2		4,05			
8		8,56		3	0,66	3					
9		11,02		4	1,94	4		4,49			
1		Тамгалы		1,49	30%	5		Сарысу		3,1	
2	3,16		6	0,28		6	6,25				
3	0,93		7	0,6		7	3,77				
4	1,47		8	15,47		8	5,37				
5	1,42		9	4,32		9	1,97				
6	2,17		10	5,72		10	8,1				
7	1,02		11	10,18		11	8,22				
								1	Шу – 164	1,59	0%

Таблица 3

Таблица химического состава рассолов Северной и Западной частей Чу-Сарысу́йской впадины

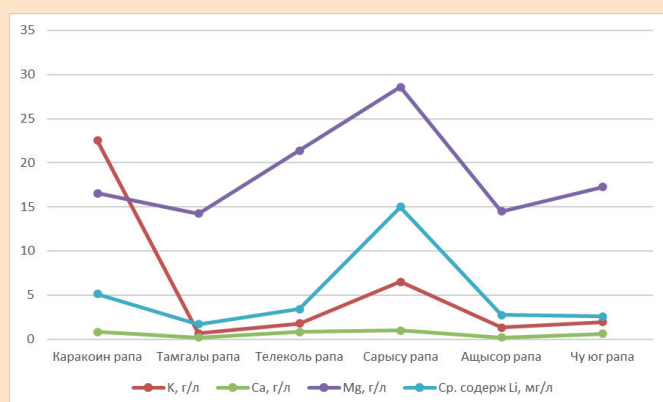
Кесте 3

Шу-Сарысу ойпатының солтүстік және батыс бөліктеріндегі тұзды ерітінділердің химиялық құрамының кестесі

Table 3

Table of the chemical composition of brines in the northern and western parts of the Shu-Sarysu depression

Участок	Минер. г/л	Na, г/л	K, г/л	Ca, г/л	Mg, г/л	Хлориды, г/л	Сульфаты, г/л	Бромиды, мг/л	Ср. содерж. Li, мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Каракоин	372	108,4	22,5	0,8016	16,5	145,373	115,998		5,13
Тамгалы	322	118,4	0,64	0,2004	14,2	166,648	50,215		1,7
Телеколь	356	111,1	1,8	0,802	21,4	148,919	105,205		3,39
Сарысу	360	98,5	6,5	1,002	28,5	163,202	98,043	256	15
Ащысор	362	119,7	1,3	0,2004	14,47	184,376	76,146		2,75
Чу юг	306	104,1	1,96	0,6012	17,2	170,193	43,629		2,57



**Рис. 4. Вариационные кривые содержания калия, кальция, магния и лития и средних значений минерализации рассолов в сорах исследуемой территории.**

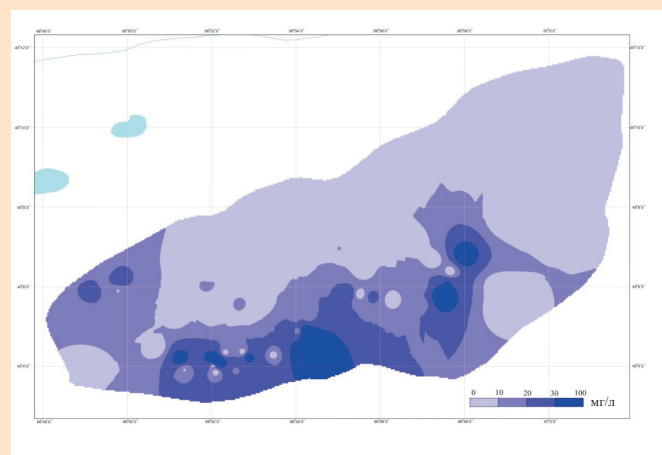
**Сурет 4. Зерттелетін аймақтың сорларындағы калий, кальций, магний және литий мөлшері мен тұзды минералданудың орташа мөндерінің вариациялық қисықтары.**

**Figure 4. Variation curves for the contents of potassium, calcium, magnesium and lithium and the average values of brine mineralization in the sors of the study area.**

#### Выводы

Приведенные результаты первого этапа исследований солончаков низовий бессточных рек Чу и Сарысу по данным лабораторно-аналитических исследований однозначно показывают, что наиболее перспективной для локализации литиевой минерализации в близповерхностной рапе (рассолах) является группа солончаков низовья реки Сарысу. Данный факт подтверждает идею миграции растворенных щелочных металлов по реке Сарысу и осаждение их в его низовьях, где образованы обширные по площади и многочисленные солончаки. Также на этой территории идет дополнительная подпитка близповерхностных вод пластовыми подземными водами по разломам, которая еще более увеличивает минерализацию. Возможными горизонтами распространения литиевых рассолов являются неоген-четвертичные отложения, мощность которых варьи-

рует в пределах 15-30 метров. О несомненной перспективности соров низовья р. Сарысу наглядно можно судить по схеме геохимических ореолов лития солончаков низовья р. Сарысу (рис. 5). На схеме четко видно, что в соответствии с изученностью в настоящее время наиболее перспективными являются сора западной и южной частей исследуемой территории. На аномальных участках требуется дополнительное опробование для заверки высоких содержаний *Li* на них. Участки с низкими содержаниями *Li* требуют дополнительного опробования по более плотной сети.



**Рис. 5. Схема геохимических ореолов лития солончаков Сарысу по данным анализов проб полевого сезона 2022 года.**

**Сурет 5. Сарысу сортандарындағы литийдің геохимиялық ореолдарының сызбасы 2022 жылғы егістік маусымының үлгілерін талдау.**

**Figure 5. Scheme of geochemical halos of lithium in the Sarysu salt flats according to the analysis of samples from the field season of 2022.**

Работы первого этапа исследования в целом показывают перспективность Чу-Сарысу́йской депрессии на возможность обнаружения литиевых месторождений экзогенного типа. Авторы продолжают исследования Восточной части

впадины, включающей солончаки низовья реки Чу и группу солончаков Чу, Капкансор и Асказансор. Если содержания лития в близповерхностных рассолах солончаков Чу также будет в пределах промышленных ( $>10$  мг/л), то площадь продуктивная на литиевые рассолы будет охватывать  $\sim 1800$  км<sup>2</sup>.

Приведенные данные позволяют авторам считать Чу-Сарысуйскую провинцию в целом перспективной для выявления литиеносных солончаков, а высокие и ровные содержания **Li** в пробах солонцов низовья р. Сарысу рекомендовать для постановки поисковых работ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каренов Р.С. Проблемы формирования рынка редких и редкоземельных металлов в Казахстане. // Ж. Вестник КарГУ. – 2007. – №3. – С. 37-42 (на русском языке)
2. Cristian Rossi, Luke Bateson, Maral Bayaraa, Andrew Butcher, Jonathan Ford, Andrew Hughes. Основы дистанционного зондирования и моделирования формирования литиево-рассольных месторождений. // Дистанционное зондирование. – 2022. – Вып. 14. – №1383 (на английском языке)
3. Муртазин Е.Ж., Кан С.М., Курмангалиева Ш.Г., Вялов В.Д., Калугин О.А. Отчет по теме: «Оценка перспектив освоения попутных пластовых рассолов месторождений нефти и газа Казахстана в качестве гидроминерального сырья» (2015-2017 гг.). НЦ НТИ РК. – Алматы, 2015. – С. 48 (на русском языке)
4. Зейлик Б.С., Сейтмуратова Э.Ю., Баратов Р.Т., Даутбеков Д.О., Сейтжанов Ш.А. Отчет по проекту: «Выявление литиеносности солонцов и соров низовий рек Талас и Чу и золото-платиноносности соляных куполов Шалкар и Индер». ТОО «Казфосфат». – Алматы, 2016. – С. 27 (на русском языке)
5. Сейтмуратова Э.Ю., Баратов Р.Т., Аршамов Я.К., Даутбеков Д.О., Сейтжанов Ш.А. Содержание лития и золота в соляных куполах и солончаках западного и южного Казахстана. // Научный вестник Национального городского университета – 2023. – С. 10-19 (на английском языке)
6. Абсаматов М.К., Касымбеков Д.А., Муртазин Е.Ж. Перспективы освоения гидрогеотермальных и гидрогеоминеральных ресурсов Казахстана. // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2014. – Т. 325. – №1. – С. 110-116 (на русском языке)
7. Джакелов А.К. Формирование подземных вод Чу-Сарысуйского артезианского бассейна, их ресурсы перспективы использования. // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. – Алма-Ата, 1982. – С. 386 (на русском языке)
8. Venson Thomas R., Matthew A. Coble, James J. Rytuba, Gail A. Mahood. Обогащение литием внутриконтинентальных риолитовых магм приводит к образованию месторождений лития в кальдерных бассейнах. // Nature Communications. – 2017. – №8. – С. 270 (на английском языке)
9. Ellis B.S., Szymanowski D., Harris C., Tollan P.M.E., Neukampf J., Guillong M., Cortes-Calderon E.A., Vachmann O. Оценка потенциала риолитового стекла как источника лития для соляных месторождений. // Общество экономических геологов, Экономическая геология. – 2022. – Вып. 117. – №1. – С. 91-105 (на английском языке)
10. Коцупало Н.П. Перспективы получения соединений лития из природных хлоридных рассолов. // Химия в интересах устойчивого развития. – Новосибирск, 2001. – №9. – С. 243-253 (на русском языке)
11. Садуакасова А.Т., Самойлов В.И. Гидротермальное литийсодержащее сырье. // Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикпаева. – Усть-Каменогорск, 2015. – С. 21-31 (на русском языке)
12. Торикова М.В., Михеева Е.Д. Прогнозно-поисковые критерии литиеносных рассолов. // Московское отделение ИМГРЭ. – 2007. – С. 151-154 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Каренов Р.С. Қазақстанда сирек және сирек жер металдар нарығының қалыптасу мәселелері. // Ж. ҚарМУ хабаршысы. – 2007. – №3. – Б.37-42 (орыс тілінде)
2. Кристиан Росси, Люк Бейтсон, Марал Баяраа, Эндрю Батчер, Джонатан Форд, Эндрю Хьюз. Литий-тұзды шөгінділердің түзілуін қашықтан зондау және модельдеу шеңбері. // Қашықтан зондылау. – 2022. – Шығ.14(6). – №1383 (ағылшын тілінде)
3. Муртазин Е.Ж., Кан С.М., Құрмангалиева Ш.Г., Вялов В.Д., Калугин О.А. Тақырып бойынша баяндама: «Гидроминералды шикізат ретінде Қазақстандағы мұнай және газ кен орындарының ілесіне қабат тұзды суларын игеру перспективаларын бағалау» (2015-2017 ж.). ҚР ҰТИ НТ. – Алматы, 2015. – Б. 48 (орыс тілінде)
4. Зейлік Б.С., Сейтмуратова Э.Ю., Баратов Р.Т., Дауытбеков Д.О., Сейтжанов Ш.А. Жоба бойынша баяндама: «Талас және Шу өзендерінің төменгі ағысы сортаңдары мен сорларының

литий құрамын және Шалқар мен Индер тұзды күмбездерінің алтын-платина құрамын анықтау». «Казфосфат» ЖШС. – Алматы, 2016. – Б. 27 (орыс тілінде)

5. Сейтмұратова Э.Ю., Баратов Р.Т., Аршамов Я.Қ., Дауытбеков Д.О., Сейтжанов Ш.А. Батыс және оңтүстік Қазақстан тұзды күмбездері мен сортаң жерлеріндегі литий мен алтынның мөлшері. // Ұлттық қалалық университетінің ғылыми хабаршысы. – 2023. – Б. 10-19 (ағылшын тілінде)
6. Әбсаметов М.Қ., Қасымбеков Д.А., Мұртазин Е.Ж. Қазақстанның гидрогеотермальды және гидрогеоминералды ресурстарын дамыту перспективалары. // Томск политехникалық университетінің еңбектері. – Томск, 2014. – Т. 325. – №1. – Б. 110-116 (орыс тілінде)
7. Жәкелов Ә.Қ. Шу-Сарысу артезиан алабының жер асты суларының қалыптасуы, олардың ресурстары, пайдалану перспективалары. // Геология-минералогия ғылымдарының докторы ғылыми дәрежесін алу үшін диссертация. – Алма-Ата. – 1982. – Б. 386 (орыс тілінде)
8. Бенсон Томас Р., Мэттью А. Кобл, Джеймс Дж. Рутуба, Гейл А. Махуд. Құрлықішілік риолит магмаларында литийді байыту кальдера бассейндеріндегі Li шөгінділеріне әкеледі. // Табиғат коммуникациялары. – 2017. – №8. – Б. 270 (ағылшын тілінде)
9. Эллис Б.С., Шимановски Д., Харрис С., Толлан П.М.Е., Нойкамф Дж., Гийонг М., Кортес-Кальдерон Э.А., Бахманн О. Риолиттік шыны әлеуетін тұзды ерітінділер үшін литий көзі ретінде бағалау. // Экономикалық геологтар қоғамы, Экономикалық геология. – 2022. – Бөл. 117. – №1. – Б. 91-105 (ағылшын тілінде)
10. Коцупало Н.П. Табиғи хлоридті тұзды ерітінділерден литий қосылыстарын алу перспективалары. // Тұрақты даму үшін химия. – Новосибирск, 2001. – №9. – Б. 243-253 (орыс тілінде)
11. Сәдуақасова А.Т., Самойлов В.И. Құрамында литий бар гидротермиялық шикізат. // Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті. Д.Серікпаева. – Өскемен, 2015. – Б. 21-3 (орыс тілінде)
12. Торикова М.В., Михеева Е.Д. Құрамында литий бар тұзды ерітінділерді болжау-іздеу критерийлері. // IMGRE Мәскеу филиалы. – 2007. – Б. 151-154 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Karenov R.S. Problemy formirovaniya rynka redkih i redkozemel'nyh metallov v Kazahstane [Problems of formation of the market of rare and rare earth metals in Kazakhstan]. // Zh. Vestnik KarGU = J. Bulletin of KarSU. – 2007. – №3. – P. 37-42 (in Russian)
2. Cristian Rossi, Luke Bateson, Maral Bayaraa, Andrew Butcher, Jonathan Ford, Andrew Hughes. Framework for Remote Sensing and Modelling of Lithium-Brine Deposit Formation. // Remote Sens. – 2022. – Vol. 14(6). – №1383 (in English)
3. Murtazin E.Zh., Kan SM., Kurmangaliyev Sh.G., Vyalov V.D., Kalugin O.A. «Ocenka perspektiv osvoeniya poputnyh plastovyh rassolov mestorozhdenij nefti i gaza Kazahstana v kachestve gidromineral'nogo syr'ya» (2015-2017 gg.) [Report on the topic: «Assessment of the prospects for the development of associated reservoir brines of oil and gas fields in Kazakhstan as hydromineral raw materials» (2015-2017)]. NT NTI RK. = Scientific and technical information of the Republic of Kazakhstan. – Almaty, 2015. – P. 48 (in Russian)
4. Zeylik B.S., Seitmuratova E.Yu., Baratov R.T., Dautbekov D.O., Seitghanov Sh.A. Otchet po proektu: «Vyavlenie litienosnosti soloncov i sorov nizovij rek Talas i CHu i zoloto-platinonosnosti solyanyh kupolov SHalkar i Inder» [Report on the project: «Identification of the lithium content of solonchets and sors of the lower reaches of the Talas and Chu rivers and the gold-platinum content of the salt domes of Shalkar and Inder»]. Kazfوسفат. = Kazphosphate LLP. – Almaty, 2016. – P. 27 (in Russian)
5. Seitmuratova E., Baratov R.T., Arshamov Ya.K., Dautbekov D.O., Seytghanov Sh.A. Lithium and gold content in salt domes and saline lands of western and southern Kazakhstan. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2023. – P. 10-19 (in English)
6. Absametov M.K., Kasymbekov D.A., Murtazin E.Zh. Perspektivy osvoeniya gidrogeotermal'nyh i gidrogeomineral'nyh resursov Kazahstana [Prospects for the development of hydrogeothermal and hydrogeomineral resources of Kazakhstan]. // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. – Tomsk, 2014. – Т. 325. – №1. – P. 110-116 (in Russian)
7. Dzhakelov A.K. Formirovanie podzemnyh vod Chu-Sarysujskogo artezianskogo bassejna, ih resursy perspektivy ispol'zovaniya [Formation of underground waters of the Chu-Sarysu artesian basin, their resources, prospects for use]. // Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk = Dissertation for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences. – Alma-Ata. – 1982. – P. 386 (in Russian)

8. Benson Thomas R., Matthew A. Coble, James J. Rytuba, Gail A. Mahood. Lithium enrichment in intracontinental rhyolite magmas leads to Li deposits in caldera basins. // *Nature Communications*. – 2017. – №8. – P. 270 (in English)
9. Ellis B. S., Szymanowski D., Harris C., Tollan P.M.E., Neukampf J., Guillong M., Cortes-Calderon E. A., Bachmann O. Evaluating the Potential of Rhyolitic Glass as a Lithium Source for Brine Deposits. // *Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology*. – 2022. – Vol. 117. – №1. – P. 91-105 (in English)
10. Kotsupalo N.P. Perspektivy polucheniya soedinenij litiya iz prirodnyh hlорidnyh rassolov [Prospects for obtaining lithium compounds from natural chloride brines]. // *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya = Chemistry for sustainable development*. – Novosibirsk, 2001. – №9. – P. 243-253 (in Russian)
11. Saduakasova A.T., Samoilov V.I. Gidrotermal'noe litijsoderzhashchee syr'yo [Hydrothermal lithium-containing raw materials]. // *Vostochno-Kazakhstanskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. D. Serikpaeva = East-Kazakhstan State Technical University. D. Serikpaeva*. – Ust-Kamenogorsk, 2015. – P. 21-31 (in Russian)
12. Torikova M.V., Mikheeva E.D. Prognoznno-poiskovye kriterii litienosnyh rassolov [Predictive-search criteria for lithium-bearing brines]. // *Moskovskoe otdelenie IMGRE = Moscow branch Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements*. – 2007. – P. 151-154 (in Russian)

**Сведения об авторах:**

**Баратов Р.Т.**, доктор PhD, старший научный сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), [refa\\_88@mail.ru](mailto:refa_88@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-0627-1536>

**Келюхов В.Н.**, инженер-геолог, младший научный сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), [slava\\_1989@mail.ru](mailto:slava_1989@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-9651-4396>

**Даутбеков Д.О.**, доктор PhD, старший научный сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), [dautbekov\\_diyas@mail.ru](mailto:dautbekov_diyas@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-8220-5450>

**Маурапова М.А.**, доктор PhD, младший научный сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), [moldir\\_m\\_m@mail.ru](mailto:moldir_m_m@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6009-9730>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Баратов Р.Т.**, PhD докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Келюхов В.Н.**, инженер-геолог, Қ.И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Даутбеков Д.О.**, PhD докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Маурапова М.А.**, PhD докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Baratov R. T.**, Doctor PhD, Senior Researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)

**Kelyukhov V.N.**, engineer geologist, junior researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)

**Dautbekov D.O.**, Doctor PhD, Senior Researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)

**Mashrapova M.A.**, Doctor PhD, junior researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satbayev (Almaty, Kazakhstan)

МРНТИ 38.27.23:50.53.17

А. Шарапатов, \*А. Садуов, Н. Асирбек  
КазННТУ им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ГЕОЛОГИИ

**Аннотация.** Внедрение методов искусственного интеллекта – машинного и глубокого обучения, в решение задач геологии представляет собой существенный прорыв в технологии решения геопрогнозных задач. Анализ и сравнение эффективности различных алгоритмов машинного и глубокого обучения позволяет дать оценку их способностям адаптироваться к разным геологическим сценариям/заданиям, определить возможности технологии в интерпретации геологических данных и оптимизации объемов работ. В качестве объектов анализа и элементов изучения привлечены различные типы геоданных, алгоритмов машинного и глубокого обучения, геологических задач. Проведен сравнительный анализ производительности, точности алгоритмов в разных геологических контекстах. В анализе и обобщении возможностей алгоритмов искусственного интеллекта использован метод сравнения. Результаты показали актуальность их использования в обработке и интерпретации геоданных.

**Ключевые слова:** машинное и глубокое обучение, сверточные и рекуррентные нейронные сети, обработка естественного языка, прогнозирование геологических событий, интеграция данных, автоматизация геологической интерпретации, точность анализа.

### Геологиядағы машиналық және терең оқыту алгоритмдерінің мүмкіндіктерін салыстырмалы талдау

**Андатпа.** Геология мәселелерін шешуге жасанды интеллект әдістерін – машиналық және терең оқытуды енгізу, геоболжау тапсырмаларын орындау технологиясындағы елеулі серпіліс болып табылады. Машиналық және терең оқытудың әртүрлі алгоритмдерінің тиімділігін талдау және салыстыру олардың әртүрлі геологиялық сценарийлерге/тапсырмаларға бейімделу мүмкіндіктерін бағалауға, геологиялық деректерді түсіндіруде және жұмыс көлемін онтайландыруда технологияның ықпалын анықтауға мүмкіндік береді. Талдау объектілері және зерттеу элементтері ретінде геодеректердің түрлері, машиналық және терең оқыту алгоритмдері, геологиялық тапсырмалар қамтылды. Әртүрлі геологиялық контексттердегі алгоритмдердің өнімділігі мен дәлдігіне салыстырмалы талдау жүргізілді. Жасанды интеллект алгоритмдерінің мүмкіндіктерін сараптау мен топтамалауда салыстыру әдісі қолданылды. Нәтижелер оларды геодеректерді өңдеу мен түсіндіруде қолданудың өзектілігін көрсетті.

**Түйінді сөздер:** машиналық және терең оқыту, конволюциялық және қайталанатын нейрондық желілер, табиғи тілді өңдеу, геологиялық оқиғаларды болжау, деректерді біріктіру, геологиялық интерпретацияның автоматтандыру, сараптау дәлдігі.

### Comparative analysis of the capabilities of machine learning and deep learning algorithms in geology

**Abstract.** The implementation of artificial intelligence methods – machine and deep learning – in solving geological tasks represents a significant breakthrough in the technology of solving geopredictive problems. Analysis and comparison of the effectiveness of various machine and deep learning algorithms allow us to assess their ability to adapt to different geological scenarios/tasks, determine the potential of technology in the interpretation of geological data, and optimize the volume of work. Various types of geodata, algorithms of machine and deep learning, and geological tasks were used as objects of analysis and elements of study. A comparative analysis of the performance and accuracy of algorithms in different geological contexts was conducted. In the analysis and generalization of the capabilities of artificial intelligence algorithms, the comparison method was used. The results showed the relevance of their use in processing and interpreting geodata.

**Key words:** machine and deep learning, convolutional and recurrent neural networks, natural language processing, geological event forecasting, data integration, automation of geological interpretation, accuracy of analysis results.

### Введение

Системное и повсеместное изучение земной коры, анализ ее структурных особенностей, поиск полезных ископаемых – основы геологических исследований, призванных не только обогатить наше понимание природы, но и обеспечить устойчивое развитие общества. С появлением искусственного интеллекта (ИИ – *Artificial intelligence, AI*) – алгоритмов машинного и глубокого обучения, специалисты геонаук обрели мощный инструмент для анализа и интерпретации сложных данных о Земле. Алгоритмы, основанные на искусственных нейронных сетях и статистических методах, демонстрируют потенциал перевернуть традиционный способ анализа. Они ускоряют и углубляют понимание процессов, происходящих в недрах Земли.

Сложность геологических явлений, их нелинейность и многопараметричность часто ограничивают возможности классических методов исследования и процессы изучения объектов становятся трудоемкими. Алгоритмы машинного и глубокого обучения предоставляют возможность автоматизированной обработки огромных массивов данных и выявления невидимых на первый взгляд закономерностей. Применение таких алгоритмов в геонауках может значительно ускорить процесс обнаружения месторождений полезных ископаемых, точнее определить риски геологических катастроф и так далее; в целом – оптимизировать объем работ и повысить эффективность исследований объектов и явлений [1].

Цель данного обзора заключается в систематизации применения алгоритмов машинного и глубокого обучения в геологии. Основные задачи включают в себя анализ различных типов геологических данных, исследование их применимости к разнообразным геологическим задачам, оценку эффективности используемых алгоритмов, а также проведение сравнительного анализа и выявление преимуществ и ограничений каждого метода. В конечном итоге, данное исследование стремится обеспечить более подробное понимание влияния алгоритмов машинного и глубокого обучения на получение геологических результатов с использованием современных технологий и их перспективы для совершенствования.

Развитие применения алгоритмов машинного и глубокого обучения в геологии и других отраслях в целом находится в тесной взаимосвязи с эволюцией информационных технологий и ростом доступности вычислительных ресурсов. Начавшись в последние десятилетия XX века, направление получило мощный импульс благодаря прогрессу в области искусственных нейронных сетей и алгоритмов глубокого обучения.

**Пионерские шаги.** Первые попытки автоматизации анализа геологических данных относятся к 1960-70-м годам, когда появились первые компьютерные системы для обработки сейсмических данных. Однако, ограниченные вычислительные мощности и недостаточно развитые алгоритмы не позволяли достичь выдающихся результатов.

*Рост вычислительных возможностей.* С развитием вычислительных технологий в 1990-2000-е годы начали появляться более сложные алгоритмы, позволяющие обрабатывать и анализировать более разнообразные типы геологических данных. Это привело к повышению точности интерпретации и определения характеристик глубинных структур.

*Возрождение с глубоким обучением.* С появлением глубокого обучения в середине 2010-х годов произошел настоящий прорыв. Рекуррентные нейронные сети, сверточные нейронные сети и другие алгоритмы показали способность выявлять сложные геологические закономерности, что сделало анализ данных более точным и прогностическим.

*Современные достижения.* Сегодня алгоритмы машинного и глубокого обучения успешно применяются в разных направлениях геонаук: для картирования геологических структур, прогнозирования сейсмических и других геофизических событий [2], классификации минералов и оценки рисков геологических опасностей. Эти достижения способствуют не только улучшению качества исследований, но и более эффективному использованию природных ресурсов и оптимизации объемов работ.

### Методы и методология создания ИИ

Для успешной реализации возможностей алгоритмов машинного и глубокого обучения в геологии требуется обзор и анализ их основных характеристик. Они заложены в теории и концепциях их разработки [3]. Сравнительный анализ и оценка результатов применения различных алгоритмов обеспечивает понимание, выбор и эффективность использования подмножеств ИИ.

Обзор методов, использованных в исследованиях на данную тему, охватывает их широкий спектр, которые направлены на анализ разнообразных типов геологических данных. Важно отметить, что методы обычно выбираются с учетом специфики задачи и типов/форматов данных.

1. *Машинное обучение (Machine Learning, ML).* Алгоритм ML работает со структурированными данными. Например, для выделения в геологическом разрезе песков по фракциям в базе ML они должны иметь коды по размерам зерен (мелко-, средне-, крупнозернистые).

Практические решение геологических задач выполняется с использованием таких функций, как линейная регрессия (прогнозирование значений одной переменной на основе значений другой), деревья решений (классификация и регрессия на основе иерархических правил принятия решения), k-ближайших соседей (классификация объектов на основе их схожести с другими объектами), метод опорных векторов (классификация и регрессия с использованием гиперплоскости, разделяющей объекты разных классов) и т. д.

2. *Искусственные нейронные сети (ANN/Deep Learning, DL).* Основанная на биологических нейронных сетях, теория ANN обуславливает создание алгоритмов, способных обрабатывать и анализировать информацию аналогично мозгу человека. Глубокие нейронные сети с множеством слоев (глубокое обучение) позволяют извлекать высокоуровневые абстракции из данных. Как

пример можно привести задачу изучения геологических структур на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В этом случае глубокое обучение может быть использовано для анализа спектральных, пространственных и временных характеристик изображений, чтобы выделить определенные геологические структуры, такие как геосинклинальные складки, разломы и другие. Это позволяет геологам и другим специалистам более точно и эффективно интерпретировать данные и принимать обоснованные решения при поиске минеральных ресурсов, оценке геологических рисков и выполнении подобных задач.

Решение прикладных задач возможно с использованием функции активации (сигмоида, гиперболический тангенс, линейный выпрямитель), функции потерь (средне-квадратичная ошибка, кросс-энтропия), оптимизаторов (стохастический-градиентный спуск, оптимизатор Адам – *Adaptive Moment Estimation*) [4].

3. *Сверточные нейронные сети (CNN/Deep Learning, DL).* Основная идея заключается в использовании специализированных слоев для автоматического извлечения иерархических признаков из входных геоданных, что делает их эффективными для анализа изображений и пространственных данных. Применяются для анализа геологических изображений, таких как снимки спутников и сейсмические секции.

Как инструмент ИИ используются специализированные сверточные полносвязные слои, функции активации, пулинг. Они автоматически извлекают важные признаки из данных.

4. *Рекуррентные нейронные сети (RNN/Deep Learning, DL).* Ключевой концепцией является наличие обратной связи, что делает их подходящими для анализа последовательных данных, таких как временные ряды и тексты. Применяются, например, для прогнозирования сейсмических событий или изменений в подземных водах.

Решение прикладных задач возможно с использованием функции активации, функции потерь, рекуррентных и выходных слоев [5].

5. *Генеративные адверсарные сети (GAN).* Используются для генерации синтетических геологических данных, что может помочь улучшить обучение моделей при нехватке больших наборов данных. Например, для синтеза геофизических изображений (временной и другие разрезы). С помощью GAN можно генерировать синтетические сейсмические данные, что позволяет улучшить моделирование подземных структур и прогнозирование наличия полезных ископаемых. Также могут быть использованы для синтеза изображений образцов пород, которые могут быть аналогичны реальным образцам. Образцы пород (керна) извлекаются в результате бурения и позволяют моделировать различные геологические процессы – эрозия, осадкообразование и другие. Результаты могут помочь при прогнозе месторождений, в понимании эволюции геологических формаций [6].

Для решения задач используются алгоритмы генератора для синтеза новых данных; дискриминатора для классификации данных на реальные и синтетические; функции потерь и оптимизаторов.

6. *Обработка естественного языка (NLP)*. Применяется для анализа текстовых данных, таких как геологические отчеты, и выявления ключевых слов и фраз. NLP может использоваться для автоматического извлечения специфической информации о типах пород, минералов и геологических структур, классификации отчетов по категориям, анализа результатов для оценки успешности исследований, генерации текстовых отчетов на основе введенных данных, а также семантического анализа для выявления взаимосвязей между геологическими терминами и концепциями.

Анализ геоданных указанных типов возможен с использованием таких инструментов как токенизатор, который используется для разбиения текста на отдельные слова или фразы (токены). В последующем анализ или векторизатор преобразует токены в числовые векторы, которые могут быть использованы для анализа текста. Также используются: модель Word Embedding для преобразования слов в векторы в многомерном пространстве таким образом, что слова с похожим смыслом располагаются близко друг к другу; модель классификации текста (Text Classification Model) по определенным категориям на основе их содержания; модель анализа настроений (Sentiment Analysis Model) для определения «настроения» текста, например, положительное или отрицательное.

При решении задач геологии и смежных наук практическая реализация теоретических положений и возможностей ИИ проводится с использованием *ключевых понятий и терминов*:

1. *Обучение с учителем и без учителя*. В обучении с учителем модель обучается на основе пар входных данных и соответствующих им выходных меток. В обучении без учителя модель выявляет закономерности в данных без заранее известных выходных меток.

2. *Функция потерь*. Это метрика, используемая для оценки различия между предсказаниями модели и фактическими значениями. Цель обучения – минимизировать эту функцию.

3. *Гиперпараметры*. Параметры модели, которые настраиваются до начала обучения и влияют на процесс обучения и качество модели.

4. *Предварительное обучение*. Процесс обучения модели на большом объеме данных для извлечения общих признаков, которые затем могут быть использованы для специфических задач.

5. *Аугментация данных*. Методика, заключающаяся в создании новых вариантов данных путем применения различных трансформаций (повороты, обрезки и т. д.) к оригинальным данным. Это позволяет улучшить обобщающую способность модели [7].

Этапы анализа данных и получения результатов можно описать в следующей последовательности: а) подготовка данных: исходные геологические данные подвергаются предварительной обработке, включающей шумоподавление, нормализацию и аугментацию для улучшения качества и разнообразия данных; б) выбор алгоритмов: в зависимости от типа данных и поставленных задач, выбираются наиболее подходящие алгоритмы машинного и глубокого обучения, такие как CNN для изображений или RNN для временных рядов; в) обучение модели: модель

обучается на подготовленных данных с использованием обучающего набора и настройкой гиперпараметров и оптимизация функции потерь; г) валидация и тестирование: обученная модель проверяется на отложенных данных для оценки её производительности и обобщающей способности; д) анализ результатов: полученные результаты оцениваются с использованием соответствующих метрик (точность, F1-мера, ROC-AUC и др.), что позволяет сравнивать эффективность различных методов [8-9].

Используя данную методологию, проводятся исследования, направленные на раскрытие потенциала алгоритмов машинного и глубокого обучения и выявление более рациональных и эффективных подходов к анализу разнообразных геологических данных.

### Современное состояние, тренды и перспективы

На сегодняшний день применение алгоритмов машинного и глубокого обучения в геологии является активно развивающейся областью с множеством перспективных направлений:

1. Улучшение точности интерпретации: модели машинного и глубокого обучения демонстрируют впечатляющие результаты в области точной классификации и интерпретации геологических данных, таких как сейсмические секции и геохимические данные.

2. Создание синтетических данных: генеративные модели, такие как GAN, позволяют создавать синтетические геологические данные, что полезно при недостатке реальных данных и позволяет улучшить обучение моделей.

3. Расширение геологических знаний: применение алгоритмов позволяет выявить скрытые закономерности в данных и дать новые инсайты, способствуя расширению наших познаний о структурах Земли.

Развитие перечисленных направлений возможно при обеспечении:

– интеграции данных и многомодального анализа: тенденция к использованию разнородных геоданных, таких как геолого-геофизические и геохимические наблюдения, изображения и текстовые отчеты для обеспечения более полного и точного анализа;

– автоматизации интерпретации и самообучения: развитие моделей, способных автоматически интерпретировать разнообразные типы данных, уменьшая человеческий фактор и повышая производительность (идентификация минералов – модели машинного обучения могут классифицировать минералы на основе спектральных данных, полученных с помощью ДЗЗ, что важно для геологической эксплорации);

– преодоления ограничений обучения с малым количеством данных: разработка методов, позволяющих эффективно обучать модели на небольших наборах данных;

– обработки и анализа больших данных: рост доступности больших объемов данных требует разработки эффективных методов и алгоритмов для их обработки и анализа. В качестве примера можно привести анализ сейсмических данных (алгоритмы глубокого обучения имеют возможность анализировать сейсмические секции для определения структур в Земле, что помогает при поисках месторождений нефти и газа);



– интеграции экспертных знаний: внедрение экспертных знаний специалистов геонаук (геологов, геофизиков, геохимиков и других) в алгоритмы обучения, позволяя создать гибридные модели, объединяющие данные и опыт исследователей. Например, при прогнозировании геологических опасностей – алгоритмы могут анализировать данные о землетрясениях, вулканических извержениях и других геологических событиях для прогнозирования потенциальных опасностей;

– улучшения интерпретируемости: создание методов, позволяющих более точно понимать, каким образом модели выполняют свои прогнозы;

– усовершенствования генеративных моделей: дальнейшее развитие GAN и подобных методов для создания синтетических геологических данных и расширения набора данных.

Общее направление развития ИИ при решении геопрогнозных задач заключается в постоянном стремлении улучшить точность, автоматизировать процессы анализа и раскрыть новые геологические знания [8].

*Совершенствование методов и использование практических приложений ИИ в геологии могут обеспечить ряд преимуществ по сравнению с традиционными технологиями. К ним можно отнести:*

1. Ускорение исследований: использование алгоритмов и автоматизация процессов анализа данных позволят гораздо быстрее обрабатывать и интерпретировать геологические данные, сократить время поиска месторождений полезных ископаемых, что важно для экономии ресурсов;

2. Точность и надежность результатов: модели могут обнаруживать закономерности, которые не всегда выявляются с помощью анализа и обобщения данных специалистом-экспертом, что повышает точность интерпретации данных;

3. Минимизация рисков: прогнозирование геологических событий и опасностей позволяет принимать меры предосторожности и минимизировать потенциальные риски (землетрясения, извержения вулканов и другие геологические события);

4. Оптимизация разработки месторождений: алгоритмы могут помочь оптимизировать планы добычи и использования ресурсов, что повышает эффективность процессов добычи, снижает геологические риски;

5. Инновации в исследованиях: применение технологий ИИ позволяет открывать новые пути в геологических исследованиях и расширять границы познания о Земле;

6. Создание глобальных моделей: развитие универсальных моделей, способных работать с разнообразными типами данных и условиями;

7. Развитие геологической инфраструктуры: внедрение современных технологий ИИ может способствовать созданию новых методов и инструментов для геологических исследований [9].

Использование алгоритмов машинного и глубокого обучения в геонауках имеет множество примеров конкретных применений и практических преимуществ. Применение ИИ, адаптированного к задачам и форматам геоданных, способствует более точному анализу фактических материалов, оптимизации объемов работ, инновационному под-

ходу к изучению геологических процессов и, как результат, созданию новых знаний о Земле и ее недрах.

### **Обсуждение вызовов и проблем**

Они носят разный характер и отрицательно влияют на эффективность получения результатов с помощью ИИ:

1. Требование большого объема данных/недостаток геоданных: в геологии исследователи сталкиваются с отсутствием, неоднозначностью и недостаточной детальностью информации. Дополнительно надо отметить дороговизну сбора и технологии анализа, например, скважинных данных. Процесс охватывает проведение буровых работ с извлечением керна и разных лабораторных исследований проб на дорогостоящих оборудованных. Отсутствие таких сведений могут ограничивать эффективность обучения моделей.

2. Сложность настройки гиперпараметров: выбор правильных гиперпараметров моделей может быть сложным и требовать экспериментов.

3. Интерпретируемость моделей: глубокие нейронные сети могут быть сложными (без видимых причинно-следственных связей в результатах интерпретации данных), что затрудняет понимание принимаемых ими решений. То есть, модели могут допускать ошибки, и важно понимать, как они принимают решения и насколько этот процесс надежен.

4. Недостаток экспертных данных специалистов: валидация моделей требует наличие экспертных данных для сравнения с результатами прогноза моделей. Их недостаток может ограничивать процесс.

5. Обобщение на новые данные: модели могут успешно работать на существующих данных, но, не всегда справляются с новыми, неизвестными данными.

6. Отсутствие универсальных моделей, подходящих для всех типов геологических данных и задач.

7. Этические вопросы: наличие больших объемов геоданных при использовании ИИ может вызвать вопросы этического характера по соблюдению их конфиденциальности (исключение недобросовестного использования сведений), равного доступа к ним всех заинтересованных сторон (например, недропользователей, геоэкологов и населения) [10-11].

Таким образом, хотя применение алгоритмов машинного и глубокого обучения в геологии имеет множество преимуществ, существуют и вызовы, которые требуют дополнительных исследований и разработок для их преодоления.

### **Заключение и выводы**

Обзор и анализ опубликованных результатов исследований в области разработки и применения технологий ИИ позволили обобщить и оценить его современное состояние и перспективы развития:

1. Применение алгоритмов ИИ в геологии и геонауках в целом активно развивается;

2. Применение алгоритмов машинного и глубокого обучения позволяет значительно улучшить работу с геоданными, начиная от обработки, интерпретации геоданных и заканчивая прогнозированием месторождений полезных ископаемых и опасных геологических событий;

3. Развитие глубокого обучения и наличие больших объемов геоданных создают новые возможности для анализа их разных типов, таких как геолого-геофизические (аэрокосмические, наземные и скважинные) и геохимические данные, результаты лабораторного изучения образцов пород/керна и текстовые материалы;

4. Однако существуют вызовы, такие как ограниченность данных и необходимость преодоления недостатка

экспертных знаний, сложности в интерпретации моделей;

5. Будущее использования ИИ может внести весомый вклад в создании универсальных моделей для анализа различных типов геоданных, точности прогнозирования геологических событий, улучшении управления природными ресурсами, также принести новые знания о Земле в целом.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kshirsagar A., Sanghavi P. Прогнозирование температуры подземных слоев на месторождениях геотермальной энергии, нефти и газа с использованием машинного обучения. // Труды 47-го семинара по инженерии геотермальных резервуаров. – 2022. – С. 7-9 (на английском языке)
2. Шарапатов А. О вариациях геомагнитного поля. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. – 2014. – №6(408). – С. 35-40 (на русском языке)
3. Guo Y., Zhang S., Fu C., Yang Y. Картографирование перспективности минеральных ресурсов с использованием методов машинного обучения в районе Хэцзо-Мэйву, провинция Ганьсу. // Труды SPIE. – 2023. – С.72-83 (на английском языке)
4. Tut Naklidir F.S., Naklidir M. Прогнозирование температур в резервуарах с использованием гидрогеохимических данных, геотермальные системы Западной Анатолии (Турция): подход на основе машинного обучения. // Научные исследования природных ресурсов. – 2019. – №28(5). – С. 24-28 (на английском языке)
5. Xi C., Han M., Hu X., Liu B., He K., Luo G., Cao X. Эффективность стратегии выборки на основе метода Ньюмарка для картографирования подверженности косейсмическим оползням с использованием глубокого обучения, машины опорных векторов и логистической регрессии. // Бюллетень инженерной геологии и окружающей среды. – 2022. – С. 93-97 (на английском языке)
6. Карамурзаева А. Б., Есполова Н. И., Шарапатов А. Литофациальный анализ юрских комплексов бозащинского свода. // Горный журнал Казахстан. – 2023. – №7(219). – С. 8-13 (на русском языке)
7. Chen Y., Zhao L., Pan J., Li C., Xu M., Li K., Zhang F., Geng J. Характеристика глубоких карбонатных резервуаров с использованием многомерных сейсмических атрибутов на основе машинного обучения с физическими ограничениями. // Журнал геофизики и инженерии. – 2021. – №18(5). – С. 62-67 (на английском языке)
8. Priezzhev I., Danko D., Strecker U. Новая эра нейронных сетей Колмогорова полной функции KNN: высокоточные прогнозы резервуаров через оценку свойств ядра, каротажа, карты и сейсмике. // Материалы конференции Society of Petroleum Engineers – Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, ADIP 2021. – Абу-Даби. 15-18 ноября 2021 г. (на английском языке)
9. Бурков А. Машинное обучение без лишних слов. // Санкт-Петербург: Питер, 2020. – С. 192 (на русском языке)
10. Жилов Р.А. Применение нейронных сетей при кластеризации данных. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2021. – №1(99). – С. 15-19 (на русском языке).
11. Bryushina D.S., Spirin A.A., Priezzhev I.I., Khaydarov A.S., Khisamutdinov I.I. Опыт применения нейронной сети Колмогорова для прогнозирования карт эффективной мощности и объемной модели клиноформного резервуара в Западной Сибири. // Нефтяное хозяйство. – 2021. – №12. – С. 11-15 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kshirsagar A., Sanghavi P. Геотермалдық, мұнай және газ ұңғымаларының тереңдік температурасын машиналық оқыту арқылы болжау // Геотермалдық қорлар инженериясының 47-ші жұмыс тобының еңбектері. – 2022. – Б. 7-9 (ағылшын тілінде)
2. Шарапатов А. Геомагниттік өрістің өзгеруі туралы. // Қазақстан Республикасының Ұлттық Ғылым Академиясының Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы. – 2014. – №6(408). – Б. 35-40 (орыс тілінде)
3. Guo Y., Zhang S., Fu C., Yang Y. Ганьсу провинциясының Хэцзо-Мэйву ауданында машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, минералдық ресурстарды картографиялау: SPIE жинағының жүйелі зерттеуі. – 2023. – Б. 72-83 (ағылшын тілінде)
4. Tut Naklidir F.S., Naklidir M. Батыс Анатолияның геотермалдық жүйелеріндегі резервуарлардың температурасын гидрогеохимиялық деректерді пайдалана отырып болжау: машиналық оқыту әдісі. // Табиғи ресурстарды зерттеу. – 2019. – №28(5). – Б. 24-28 (ағылшын тілінде)

5. Xi C., Han M., Hu X., Liu B., He K., Luo G., Cao X. Косейсмалық жыртуларға сезімталдық картасын жасау үшін Ньюмарк әдісін қолдану тиімділігі: терең оқыту, векторлық машина және логистикалық регрессия. // Инженерлік геология және қоршаған орта бюллетені. – 2022. – Б. 93-97 (ағылшын тілінде)
6. Карамурзаева А.Б., Есполова Н.И., Шарапатов А. Бозащы дөңесінің юра кешендерін литофациалық талдау. // Қазақстанның кен журналы – 2023. – №7(219). – Б. 8-13 (орыс тілінде)
7. Chen Y., Zhao L., Pan J., Li C., Xu M., Li K., Zhang F., Geng J. Физикалық шектеулермен машиналық оқыту арқылы көміртекті резервуарлардың тереңдік сипаттамасын жасау. // Геофизика және инженерия журналы. – 2021. – №18(5). – Б. 62-67 (ағылшын тілінде)
8. Priezzhev I., Danko D., Strecker U. Колмогоровтың жаңа дәуірдегі толық функционалды KNN нейрондық желісі: жоғары дәлдіктегі қор резервуарларын болжауға, ядро, ұңғыма журналы, карта және сейсмикалық қасиеттерді бағалау. // Society of Petroleum Engineers – Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, ADIP 2021 конференциясының материалдары. – Абу-Даби, 2021 жылғы 15-18 қараша (ағылшын тілінде)
9. Бурков А. Артық сөзсіз машиналық оқыту. // Санкт-Петербург: Питер, 2020. – Б. 192 (орыс тілінде)
10. Жилов Р.А. Деректерді кластерлеу кезінде нейрондық желілерді қолдану. // Қабарды-Балқар ғылыми орталығының хабарландырулары РАН. – 2021. – №1(99). – Б. 15-19 (орыс тілінде)
11. Bryushina D.S., Spirin A.A., Priezzhev I.I., Khaydarov A.S., Khisamutdinov I.I. Колмогоровтың картографиялық нейрондық желісін Батыс Сібірдегі клиноформдық резервуардың тиімді қалыңдығының карталарын және көлемдік моделін болжауға қолдану тәжірибесі. // Мұнай өнеркәсібі. – 2021. – №12. – Б. 11-15 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Kshirsagar A., Sanghavi P. Geothermal, oil and gas well subsurface temperature prediction employing machine learning // Proceedings of the 47th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering – 2022. – P. 7-9 (in English)
2. Sharapatov A. O variaciyah geomagnitnogo polya [On variations of the geomagnetic field]. // Izvestiya Nacional'nyj akademii nauk Respubliki Kazakhstan. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2014. – №6(408). – P. 35-40 (in Russian)
3. Guo Y., Zhang S., Fu C., Yang Y. GIS-based mineral prospectivity mapping: a systematic study on machine learning at Hezuo-Meiwu District, Gansu Province. // Proceedings of SPIE. – 2023. – P. 72-83 (in English)
4. Tut Haklıdır F.S., Haklıdır M. Prediction of Reservoir Temperatures Using Hydrogeochemical Data, Western Anatolia Geothermal Systems (Turkey): A Machine Learning Approach. // Natural Resources Research. – 2019. – №28(5). – P. 24-28 (in English)
5. Xi C., Han M., Hu X., Liu B., He K., Luo G., Cao X. Effectiveness of Newmark-based sampling strategy for coseismic landslide susceptibility mapping using deep learning, support vector machine, and logistic regression. // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2022. – P. 93-97 (in English)
6. Karamurzaeva A.B., Espolova N.I., Sharapatov A. Litofacial'nyj analiz yurskih kompleksov bozashchinskogo svoda [Lithofacial analysis of Jurassic complexes of the Bozashchinsky vault]. // Gornyj zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan. – 2023. – №7(219). – P. 8-13 (in Russian)
7. Chen Y., Zhao L., Pan J., Li C., Xu M., Li K., Zhang F., Geng J. Deep carbonate reservoir characterisation using multi-seismic attributes via machine learning with physical constraints. // Journal of Geophysics and Engineering. – 2021. – №18(5). – P. 62-67 (in English)
8. Priezzhev I., Danko D., Strecker U. New-Age Kolmogorov Full-Function Neural Network KNN Offers High-Fidelity Reservoir Predictions via Estimation of Core, Well Log, Map and Seismic Properties. // Proceedings of the Society of Petroleum Engineers – Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, ADIP 2021. – Abu Dhabi. – November 15-18 (in English)
9. Burkov A. Mashinnoe obuchenie bez lishnih slov [Machine learning without unnecessary words]. // Sankt-Peterburg = Piter. – 2020. – P. 192 (in Russian)
10. Zhilov R.A. Primeneniye neyronnyh setej pri klasterizacii dannyh [Application of neural networks in data clustering]. // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN = Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2021. – №1(99). – P. 15-19 (in Russian)
11. Bryushina D.S., Spirin A.A., Priezzhev I.I., Khaydarov A.S., Khisamutdinov I.I. Opyt primeneniya neyronnoy seti Kolmogorova dlya prognozirovaniya kart effektivnoy moshchnosti i obyemnoy modeli

*klinoformnogo rezervuara v Zapadnoy Sibiri [Experience in using a Kolmogorov neural network to predict effective power maps and a volumetric model of a clinoform reservoir in Western Siberia]. // Neftyanoe Khozyaystvo = Oil Industry. – 2021. – Vol. 12. – P. 11-15 (in Russian)*

**Сведения об авторах:**

**Шарапатов А.**, кандидат геолого-минералогических наук, ассоциированный профессор кафедры Геофизики КазНУ им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [a.sharapatov@satbayev.university](mailto:a.sharapatov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-2578-3817>

**Садуов А.**, докторант кафедры Геофизики КазНУ им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [a.saduov@satbayev.university](mailto:a.saduov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-1501-7772>

**Асирбек Н.**, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры Геофизики КазНУ им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [n.assirbek@satbayev.university](mailto:n.assirbek@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0001-9803-4011>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Шарапатов Ә.**, геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, Сәтбаев Университеті Геофизика кафедрасының қауымдастық профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Садуов Ә.**, докторант, Сәтбаев Университетінің Геофизика кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан)

**Әсірбек Н.**, техника ғылымдарының магистрі, Сәтбаев Университеті Геофизика кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Sharapatov A.**, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geophysics of Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Saduov A.**, PhD student of the Department of Geophysics of Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Assirbek N.**, Master of technical sciences, Senior-lecturer of the Department of Geophysics of Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

СПТО  
КРАНЫ



**3-5 апреля  
2024 г.**

**ЦВК ЭКСПОЦЕНТР,  
павильон № 8**

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

**СПТОКРАНЫ**

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Код МРНТИ 38.17.15:38.17.17

А.Б. Байбатша, \*М.К. Кембаев, С.Е. Раис, Е.Т. Биякышев  
Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

## О ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ И ГЕОДИНАМИКЕ ШУ-ИЛЕСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

**Аннотация.** Шу-Илеская зона протягивается в северо-западном направлении и является участком второй активной кольцевой геосутурной структуры Казахстана. На исследованной площади полезные ископаемые главным образом ассоциируют с интрузивными породами, приуроченными к зоне глубинных разломов геосутуры. Магматизм представлен различными по возрасту, размерам и составу как собственно plutonic, так и субвулканическими образованиями. Разрывные нарушения являются преобладающим компонентом общего процесса деформаций. Фаза главной складчатости Шу-Илеской зоны прошла на границе силура и девона, после которой наступил этап орогенного развития. При этом в Жалайырской сuture девонские прогибы в известной мере наследуют ордовикские, резкая смена режима морского осадконакопления и молассообразования субаэриальным вулканическим свидетельствует о наступлении новой стадии геологического развития.

**Ключевые слова:** геотектоника, геодинамика, магматизм, глубинные разломы, геосутуры, металлогения.

### Шу-Иле металлогения зонасының геологиялық-құрылымдық ерекшеліктері және геодинамикасы туралы

**Аңдатпа.** Шу-Иле зонасы солтүстік-батыс бағытта созылып жатыр, ал аумақтың солтүстік бөлігінде субмеридиан бағытта ие болады және Қазақстанның екінші белсенді сақина геосутура құрылымының бөлікшесі болып табылады. Зерттелген аумақта пайдалы қазбалар негізінен геосутурадағы терең жарылымдар аумағында орналасқан интрузиялық таужыныстармен байланысты. Магматизм жасы, өлшемдері және құрамы әртүрлі плутон және субвулканик түзілімдерден тұрды. Жарылымдар жалпы деформация процесінің басым бөлігі болып табылады. Шу-Иле аймағының негізгі қатпарлану фазасы силур-девон шекарасында өткен, одан кейін орогендік даму кезеңі басталған. Сонымен қатар Жалайыр зонасы аумағында девон ойпаңдары белгілі дәрежеде ордовикте мұралаған. Теніз шөгінділері мен моласса түзілу режимінің суасты жанартауына күрт өзгеруі, геологиялық дамудың жаңа кезеңінің басталғанын көрсетеді.

**Түйінді сөздер:** геотектоника, геодинамика, магматизм, терең жарылымдар, геосутуралар, металлогения.

### About geological-structural features and geodynamics of the Shu-Ile metallogenic zone

**Abstract.** The Shu-Ile zone extends in the north-west direction and in the northern part of the territory acquires a submeridional orientation and is the site of the second active ring geosuture of Kazakhstan. In this area, economic minerals are mainly associated with intrusive rocks confined to the zone of deep faults. Magmatism is represented by plutonic and subvolcanic formations of various ages, sizes and compositions. Rupture faults are the predominant component of the overall deformation process. The phase of the main folding of the Shu-Ile zone took place at the Silurian-Devonian boundary, after orogenic development began. At the same time the Devonian troughs to a certain extent inherit the Ordovician ones, a sharp change in the regime of marine sedimentation and molasse formation to the subaerial volcanic one indicates the onset of a new stage of geological development.

**Key words:** geotectonics, geodynamics, magmatism, deep faults, geosutures, metallogeny.

### Введение

Шу-Илеская зона расположена вдоль Жалайыр-Найманского глубинного разлома (сутуры). Она протягивается в северо-западном направлении и в северной части территории приобретает субмеридиональную ориентировку. Зона протягивается узкой полосой почти на 600 км и является участком второй активной кольцевой геосутурной структуры Казахстана. Шу-Илеский рудный район Жалайыр-Найманской геосутуры известен перспективностью на многие виды металлических и неметаллических полезных ископаемых. Территория является частью Шу-Илеского активного геосутурного пояса. Несмотря на сравнительно слабую обнаженность из-за сильной пенепленизации рельефа и широко развитого, хотя и маломощного плаща кайнозойских отложений, он является одной из самых полных и представительных каледонских структур Центрального и Южного Казахстана [1, 2].

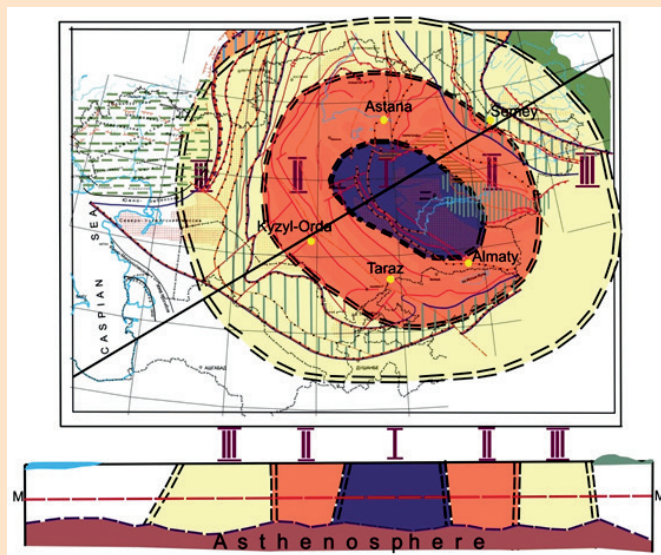
По нашим представлениям палеозойды геосутурной мегасистемы, расположенные в линейной зоне глубинных разломов, ее период эдиакара-среднего кембрия относится к салаирскому этапу; конец кембрия и включая силур – раннекаледонский; средний ордовик – средний этап; поздний девон – позднекаледонский этап и, начиная с конца франа – герцинский. Основную роль играют позднекембрийско-ордовикские образования, в меньшей мере орогенные вулканогенно-молассовые комплексы девона и незначительные по площади фамен-карбон-герцинские. На мезозойском пенеплене широко распространены отложения палеогена, неогена и четвертичные.

### Материалы и методы

Известно, что с позиции фиксизма, наиболее широко применяемого в XX в. тектонического анализа был метод, основанный на геосинклиналию парадигму, от которой отказалась вся мировая геология. Геологи начали познавать геотектонику Казахстана с позиции плейт-тектоники. Однако и с этой позиции не было найдено объяснения на своеобразное тектоническое строение и тектоническое районирование по времени проявления главной складчатости, фиксирующей отмирание тектонической активности и переход его к тектоно-магматическому [2].

Анализ сравнения геотектоники различных регионов нашей планеты показал, что наиболее приемлемым методом изучения геотектоники и геодинамики Казахстана может быть использование положений плюм-тектонической концепции [1], что достаточно идентично с результатами практической геологии. В соответствии с новым представлением в геологической истории Казахстана можно выделить три этапа: тектонически активный, охватывающий отрезок времени от неопротерозоя до ордовика; тектоно-магматический сутурный в ордовике-перми и платформенный, установившийся с мезозоя.

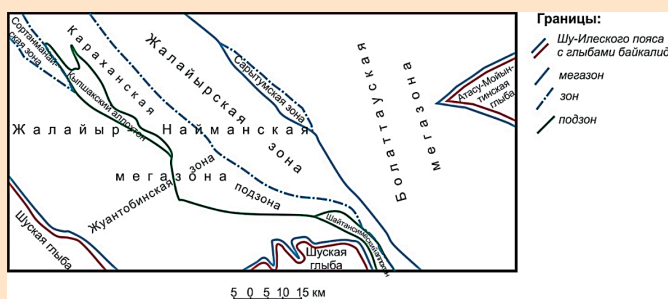
Шу-Илеская зона расположена вдоль Жалайыр-Найманской сутуры. Она протягивается в северо-западном направлении, переходя в северной части территории в субмеридиональное и протягивается узкой полосой на 600 км, и является участком второй кольцевой структуры Казахстана (рис. 1).



**Рис. 1. Схематическое тектоническое строение континента «Казахия»: I – внутреннее кольцо; II – среднее кольцо; III – внешнее кольцо по [1].**

**Сурет 1. «Казахия» континентінің схема тектоникалық құрылымы: I – ішкі сақина; II – ортаңғы сақина; III – сыртқы сақина [1] бойынша.**  
**Figure 1. Schematic tectonic structure of the continent «Kazakhia»: I – inner ring; II – middle ring; III – outer ring according to [1].**

В позднем кембрии возникает активная континентальная обстановка, сменяющаяся к востоку бассейном океанического типа [3]. Морской бассейн, занимавший на описываемой территории область Болаттауского мегантиклинория, ограничивался с запада Сарытумской рифтовой зоной, наложенной, видимо, на краевую часть континентального Жалайырского блока внутри Шу-Илеского пояса. Начиная от Сарытумской зоны к западу, можно говорить о существовании островодужной системы вулканических дуг, авулканических поднятий, междугловых прогибов, рифтов геосутурной зоны (рис. 2).



**Рис. 2. Схема тектонического районирования северной части Шу-Илеского пояса по [1].**

**Сурет 2. Шу-Иле белдеуінің солтүстік бөлігін тектоникалық аудандастыру схемасы [1].**  
**Figure 2. Scheme of tectonic zoning of the northern part of the Shu-Ile belt according to [1].**

В Северо-Прибалхашской части морского бассейна, где образование активного тектонического комплекса

началось с накопления существенно базальтовой и кремнисто-базальтовой формации, в Болаттауской части морского бассейна в конце кембрия на меланократовом основании шло накопление кремнисто-терригенных отложений, местами с подводным базальтовым вулканизмом. Это послужило поводом предполагать ограниченное вскрытие меланократового фундамента при заложении сутуры и присутствие обширных реликтов докембрийской континентальной коры. Роль терригенного материала возрастает в среднем ордовике. Отложения верхнего ордовика и силура пока не установлены, но судя по более северным районам (Северо-Атасуский антиклинорий – Нуринский синклиний), вполне вероятно накопление терригенных и терригенно-кремнистых отложений в это время и в Болаттауской части палеоморя. На такую возможность указывает присутствие кремнисто-терригенных отложений низов девона морского типа к юго-востоку от Кайыпского гранитного плутона [4, 5].

Зона Сарытума представляет собой сложно построенную рифтовую зону, весьма дифференцированную по структуре функционирующих ее частей с фациями разного типа, контрастно сменявшимися по латерали. В узких глубоководных рифтах шло образование кремнистых, кремнисто-углеродистых металлоносных осадков, обычно в сочетании с субщелочными базальтами и пикритами; на бортах грабенов возникали мощные рифовые постройки и вместе с тем в зону шел снос большого количества терригенного материала [6].

Западнее Сарытумской зоны располагалась Жалайырская, образующая центральную часть собственно Жалайыр-Найманской мегазоны. По-видимому, в кембрии эта зона представляла собой поднятие с выходами докембрийского основания в ее юго-восточной части (Анырахай, Карасай) с раннего ордовика (фло). Здесь возник узкий флишевый прогиб, в котором шло накопление более грубых сероцветных моласс и образование рифов в конце среднего ордовика. За пределами описываемой территории, на стыке с Сарытумской зоной, сохранился фрагмент небольшой вулканической островной дуги сутуры флоско-го возраста (балгожинская свита).

Западный борт Жалайырской зоны представлял собой край периодически оживавшей островодужной вулканической зоны среднего и начала позднего ордовика. Дапинский вулканизм, по-видимому, был отчасти подводный (савидский комплекс), средне-позднеордовикский вулканизм (кояндинский комплекс) известково-щелочных андезитов-базальтов, частично формировался в субаэральной обстановке, сочетаясь местами с мощным рифообразованием в теплом море. Вулканические острова разделялись прогибами, заполнявшимися терригенным и вулканомиктовым материалом спорадически мелководным карбонатонакоплением. Образование савидской островодужной вулканической зоны связано с перестроечными тектоническими движениями, фиксируемые в других районах Казахстана.

Фло-дапинский этап в развитии зоны, переходной от Жалайырской к западу Кыпшакбайской, характеризуется появлением кремнистых глубоководных фаций, сочетающихся с периодическими поднятиями и образованием

мощных рифовых и карбонатных толщ. Фации глинисто-кремнистых осадков указывают на возникающие глубоководные режимы, чередование застойных и окислительных обстановок среды. Караканская и Кыпшакабайская подзоны, являющиеся морфоструктурно крупными тектоническими покровами отложений флю-среднего ордовика, разобщившими первоначальные соотношения латеральных возрастных зон. Тем не менее, можно утверждать, что начальные стадии геосутурного развития здесь носили характер сочетания вулканических островодужных и рифтовых формаций. При этом вулканогенно-осадочные ритмы, не только в общих чертах и даже в частности, совпадают. В Жуантобинской зоне, обрамляющей Шускую глыбу докембрия и ее продолжение к северо-западу, в позднем кембрии при раннекаледонской тектонической активации на меланократовом основании, образуется мощный вулканический пояс, в котором сочетаются подводные излияния субщелочных базальтов во временных рифтах с субэральными. В морском мелководье они переслаиваются с туфами, туффитами, граувакками. Вулканизм Жуантобинской зоны конца кембрия-начала ордовика(?) проявился в той или иной форме – от граувакк до разноса и примеси пирокластического материала в осадках и местных рифтовых подводных излияний субщелочных базальтов, пикритов.

Для среднего ордовика характерна однотипность геохимической специализации кремнисто-углеродистых отложений, содержащих повышенные концентрации ванадия, урана, фосфора, золота, бария. Судя по перекрытию ордовикских и силурийских тектонических структур девонскими, фаза главной складчатости Шу-Илеского пояса прошла на границе силура и девона, после которой наступил этап орогенного развития. При этом в Жалайырской зоне девонские прогибы в известной мере наследуют ордовикские, но резкая смена режима морского осадконакопления, хотя и молассового, субэральным вулканическим, свидетельствуют о наступлении новой стадии геодинамики [7, 8].

В латеральной поперечной смене формации отмечается в раннем девоне преобладание вулканических образований и значительное увеличение мощности в центральной (для девона) части Жалайыр-Найманского мегасинклиория. К концу раннего девона происходит изменение процессов вулканической деятельности и осадкообразования, хотя это не связано с крупной фазой тектогенеза. Происходит расширение континентальных красноцветных молассовых прогибов к западу, уменьшение интенсивности вулканических извержений в раннедевонских вулкано-структурах, состав магматических продуктов изменяется в сторону резкого увеличения количества вулканитов дацитового и риолитового состава.

Крупный литосферный блок, ограниченный субмеридиональными сдвиговыми швами, а по фронту надвигом был перемещен на 250 км к северу, по-видимому, на всю мощность земной коры, испытавшей многослойное скалывание. Частями западного граничного сдвига на описываемой площади является разрыв по границе Болаттауского мегантиклинория и Моинтинского синклиория и Бектауатинского сдвига.

В обобщенном виде эти движения связываются с тельбесской фазой тектогенеза, концентрировавшейся на пе-

ремещении огромного блока земной коры, а скорее всего всей литосферы, под воздействием сосредоточенной астеносферной струи. Еще в процессе начальных движений тельбесской фазы происходили мощные извержения риолитовой магмы, в основном, за пределами района к северу и востоку, но частично проявившиеся в Болаттауском мегантиклинории (огизтауская свита). Позднее, на западе и в Жуантобинской зоне возможно и одновременно, возникли локальные прогибы, заполнившиеся красноцветными молассами  $D_{2-3}$ .

Тектонические движения привели к внедрению малых габбро-диорит-гранодиоритовых интрузий, то есть, например, кызылжартасского комплекса, произошедшего уже ближе к концу среднего девона. Магмопроводящими каналами служили в основном глубинные зоны смятия и расщепления Алтынсай-Майкабатская и Каракан-Нурмахан-Шыбындинская, расположенная к северо-западу от описываемой площади. Эти же зоны служили путями подъема золотоносных флюидов, сформировавших многочисленные проявления золота Шу-Илеского пояса. Скорее всего, ремобилизация золота из черносланцевых пород ордовика произошла также в связи с тектоническими движениями тельбесской фазы активации геосутур. Завершением орогенной стадии каледонид было внедрение в Болаттауской мегазоне огромных масс гранитных интрузий в конце франа [9].

В герцинскую эпоху, которая начинается с самого конца франа – начале фамена, описываемая территория являлась частью обширной тыловой области Жонгаро-Балхашского океана и обрамлявших его магматических поясов.

В тыловой области происходит своеобразная деструкция каледонских структур с образованием многочисленных рифтов – грабен-синклиналей, в которых в начальный этап накопились красноцветные наземные грабеновые фации, а затем, уже с начала фамена, в них проникает эпиконтинентальное море [10, 11]. Трансгрессия покрыла, по-видимому, обширные площади, но сохранились отложения только в наиболее прогнутых грабенах-мульдах. Таскудукская синклиналь, заходящая в юго-западную часть района, располагается на сдвиговом разломе, по которому Шуская глыба сместилась к северо-востоку, пережав Жалайыр-Найманскую зону.

В наложенных грабен-синклиналях морское осадконакопление продолжалось до начала среднего карбона. В прогибах шло, чередуясь, отложение карбонатных и терригенных осадков с все возрастающей ролью последних. Со среднего карбона морские сероцветные терригенные отложения согласно сменяются пестроцветными.

В мезозое происходили процессы интенсивной денупленации и образование площадных и линейных кор выветривания. Генеральное направление разрывных структур северо-западное, подчиненное простиранию первичных структурно-формационных зон. Вместе с тем парагенетически сочетается с ведущими разрывами, сопряженные нарушениями диагональной (сдвиги) и поперечной (раздвиги) ориентировок.

По данным отчета о НИР (№ГР 0115РК02140, инв. №0217РК01477 «Научное обеспечение геологического изучения недр и геолого-оценочных работ для восполне-

ния ресурсов минерального сырья» (заключительный) // Байбатша и др., Алматы, 2017. – 85 с.) наиболее крупным явился сдвиг литосферного блока в среднем девоне, который назван Тектурмас-Илеским сдвиговым блоком. По всей вероятности, сдвиговые перемещения сопровождали перемещение основного блока и за его пределами. Не исключено, что скрытый разлом, выделяемый по данным геофизики и ориентировкам складчатых структур, связан с тем же северо-западным направлением стресса («скрытый разлом» – от месторождения Алтынсай через Даулетбай).

### Заключение

Сдвиговый структурно-вещественный комплекс, по-видимому, обязан своим формированием крупному правосдвиговому вращательному смещению по геосутурной зоне кольцевой структуры Казахстана. Установленная амплитуда сдвигового смещения превышает 200 км. К этой зоне отнесены все кольцевые и дуговые структуры, разноранговые разрывные нарушения и контролируемые ими тел ультраосновного и кислого составов, которые по данным полевых и петрогеохимических исследований имеют мантийное происхождение и плюмовую природу. Базит-ультрабазитовые интрузии имеют металлогеническую специализацию на хромитовое и железорудное оруденения [9, 12].

Разноглубинные магматогенные кольцевые и дуговые структуры второй кольцевой структуры представляют со-

бой глубинные разломы и зоны дробления с интрузивными телами различного состава, которые оказывают термальное воздействие на вмещающие породы независимо от форм их залегания. В районе с интрузиями гранитного состава обнаруживает металлогеническую связь месторождения цветных и благородных металлов, среди которых изветные Акбакайского и Алтынсайского золоторудных полей. Можно выделить Жалайыр-Найманский мегасинклиорий и Болаттауский мегантиклинорий, которые являются перспективными для поисков месторождений различных металлов.

### Результаты

На площади Жалайыр-Найманской зоны нами выделено и закартировано более 3000 разрывных нарушений разной природы, протяженности и направлений.

### Благодарность

*Данная статья финансировалась Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме АР14972765 «Исследование геотектоники и геодинамики Шу-Илеского рудного района (для прогноза новых перспективных площадей)» и АР14870909 «Геолого-минералогические исследования техногенных и природных руд для восполнения запасов и обеспечения их комплексной переработки».*

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Байбатша А.Б. Инновационные технологии прогноза полезных ископаемых. // ЛАИ Ламберт Академическое Издательство. – 2020. – С. 690 (на русском языке)
2. Кошкин В.Я. Палеозойды западной части Урало-Монгольского складчатого пояса. // Геология и охрана недр. – 2008. – №3(28). – С. 2-10 (на русском языке)
3. Campanha Ginaldo A.C., Faleiros Frederico M., Cabrita Dina I.G.; Ribeiro Bruno V., Cawood Peter A. Южный пояс Рибейра в Западной Гондване: запись о долгоживущей континентальной окраине и коллаже террейнов. // Журнал южноамериканских наук о Земле. – 2023. – Т. 127. – С. 24 (на английском языке)
4. Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н., Курчавов А.М. Тектоническое строение Казахстана и Тянь-Шаня в неопротерозое и в раннем-среднем палеозое. // Геотектоника. – 2010. – №1. – С. 5-28 (на русском языке)
5. Короновский Н.В., Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. Историческая геология: учебник для студентов вузов. // М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – С. 464 (на русском языке)
6. Ермолов П.З. Актуальные проблемы изотопной геологии и металлогении Казахстана. // Караганда: ИПЦ КРУ. – 2013. – С. 206 (на русском языке)
7. Байбатша А.Б. Новая геодинамическая модель развития и тектонического строения территории Казахстана. // Международный геологический конгресс МГК-35. Доклады казахстанских геологов. Науки о Земле в Казахстане. – Алматы, 2016. – С. 194-203 (на русском языке)
8. Байбатша А.Б. Плюм-тектоническая природа геологических структур и геодинамики территории Казахстана. // ГеоБайкал 2016. – Иркутск, Россия. – 2016 (на русском языке)
9. Ужкенов Б.С., Мазуров А.К., Быкадоров В.А. и др. Палеогеография и геодинамика Казахстана и сопредельных территорий. // В кн: Геонауки в Казахстане. – Алматы, 2004. – С. 39-54 (на русском языке)
10. Хераскова Т.Н., Буш В.А., Диденко А.Н., Самыгин С.Г. Распад Родинии и ранние стадии развития Палеоазиатского океана. // Геотектоника. – 2010. – №1. – С. 5-28 (на русском языке)
11. Yang Weirana, Jiang Chunfab, Zhang Kangs, Guo Tieyinga. Тектоника открытия и закрытия: исследование новой идеи о глобальной тектонике. // Границы науки о Земле. – 2016. – Т. 23. – Вып. 6. – С. 42-60 (на английском языке)



12. Macedo Filho, Antomat A., Hollanda Maria Helena B.M., Oliveira Alisson L., Negri Francisco A. Системы подачи магмы в бассейне Парнаиба: геохимия, геохронология и региональные корреляции с крупными магматическими провинциями мезозоя. // *Литография*. – 2023. – Т. 446-447. – С. 22 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Байбатша А.Б. Пайдалы қазбаларды болжаудың инновациялық технологиялары. // *ЛАБ Ламберт Академиялық Басылымы*. – 2020. – Б. 690 (орыс тілінде)
2. Кошкин В.Я. Орал-Моңғол қатпарлы белдемнің батыс бөлігінің палеозойы. // *Геология және жер қойнауын қорғау*. – 2008 – №3(28). – Б. 2-10 (орыс тілінде)
3. Campanha Ginaldo A.C., Faleiros Frederico M., Cabrita Dina I.G., Ribeiro Bruno V., Cawood Peter A. Батыс Гондванадағы Оңтүстік Рибейра белдеуі: ұзақ өмір сүретін континентальды жиек пен терран коллажының жазбасы. // *Оңтүстік Америка Жер туралы ғылымдар журналы*. – 2023. – Т. 127. – Б. 24 (ағылшын тілінде)
4. Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н., Курчавов А.М. Қазақстан мен Тянь-Шаньның неопротерозойдағы және ерте-орта палеозойдағы тектоникалық құрылымы. // *Геотектоника*. – 2010. – №1. – Б. 5-28 (орыс тілінде)
5. Короновский Н.В., Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. *Тарихи геология: жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық*. // М.: «Академия» баспа орталығы. – 2008. – Б. 464 (орыс тілінде)
6. Ермолов П.З. Қазақстанның изотоптық геологиясы мен металлогениясының өзекті мәселелері. // *Қарағанды: ТБИ КРУ*. – 2013. – Б. 206 (орыс тілінде)
7. Байбатша А.Б. Қазақстан аумағының дамуы мен тектоникалық құрылысының жаңа геодинамикалық моделі. // *ХГК-35 Халықаралық геологиялық конгресі. Қазақстандық геологтардың баяндамалары. Қазақстандағы жер туралы ғылымдар*. – Алматы, 2016. – Б. 194-203 (орыс тілінде)
8. Байбатша А.Б. Қазақстан аумағының геологиялық құрылымдары мен геодинамикасының плюм-тектоникалық табиғаты. // *ГеоБайкал 2016*. – Иркутск, Ресей. – 2016 (орыс тілінде)
9. Ужкенов Б.С., Мазуров А.К., Быкадоров В.А. және т.б. Қазақстан мен шектес аумақтардың палеогеографиясы мен геодинамикасы. // *Кітап: Қазақстандағы геология ғылымдары*. – Алматы, 2004. – Б. 39-54 (орыс тілінде)
10. Хераскова Т.Н., Буш В.А., Диденко А.Н., Самыгин С.Г. Родинияның ыдырауы және Палеоазиялық мұхиттың алғашқы даму кезеңдері. // *Геотектоника*. – 2010. – №1. – Б. 5-28 (орыс тілінде)
11. Yang Weirana, Jiang Chunfab, Zhang Kangc, Guo Tiejing. Ашылу және жабылу тектоникасы: жаһандық тектоника туралы жаңа идеяны зерттеу. // *Жер туралы ғылымның шекаралары*. – 2016. – Т. 23. – Шығ. 6. – Б. 42-60 (ағылшын тілінде)
12. Macedo Filho Antomat A., Hollanda Maria Helena B.M., Oliveira Alisson L., Negri Francisco A. Парнаиба бассейніндегі магма беру жүйелері: геохимия, геохронология және мезозойдың ірі магмалық провинцияларымен аймақтық корреляциясы. // *Литография*. – 2023. – Т. 446-447 – Б. 22 (ағылшын тілінде)

#### REFERENCES

1. Baibatsha A.B. *Innovacionnyye tehnologii prognoza poleznyh iskopaemyh [Innovative technologies of mineral forecasting]*. // *LAI Lambert Akademicheskoe Izdatel'stvo = LAP LAMBERT Academic Publishing*. – 2020. – P. 690 (in Russian)
2. Koshkin V.Ja. *Paleozoidy zapadnoj chasti Uralo-Mongol'skogo skladchatogo pojasa [Paleozoids of the western part of the Ural-Mongolian folded belt]*. // *Geologija i ohrana nedr = Geology and protection of the subsoil*. – 2008. – №3(28). – P. 2-10 (in Russian)
3. Campanha Ginaldo A.C., Faleiros Frederico M., Cabrita Dina I.G., Ribeiro Bruno V., Cawood Peter A. *The southern Ribeira Belt in Western Gondwana: a record of a long-lived continental margin and terrane collage*. // *Journal of South American Earth Sciences*. – 2023. – Vol. 127. – P. 24 (in English)
4. Samygin S.G., Heraskova T.N., Kurchavov A.M. *Tektonicheskoe stroenie Kazahstana i Tjan'-Shanja v neoproterozoe i v rannem-srednem paleozoe [Tectonic structure of Kazakhstan and the Tien-Shan in the Neoproterozoic and early-middle Paleozoic]*. // *Geotektonika = Geotectonics*. – 2010. – №1. – P. 5-28 (in Russian)
5. Koronovskij N.V., Hain V.E., Jasamanov N.A. *Istoricheskaja geologija: uchebnik dlja studentov vuzov [Historical geology: textbook for university students]*. // М.: *Izdatel'skij centr «Akademija» = M.: Publishing Center «Academy»*. – 2008. – P. 464 (in Russian)
6. Ermolov P.Z. *Aktual'nye problemy izotopnoj geologii i metallogenii Kazahstana [Actual problems of isotope geology and metallogeny of Kazakhstan]*. // *Karaganda: IPC KRU = Karaganda: CPI KRU*. – 2013. – P. 206 (in Russian)

7. Baibatsha A.B. *Novaja geodinamicheskaja model' razvitija i tektonicheskogo stroenija territorii Kazahstana [New geodynamic model of development and tectonic structure of the territory of Kazakhstan]. // Mezhdunarodnyj geologicheskij kongress MGK-35. Doklady kazahstanskih geologov. Nauki o Zemle v Kazahstane = International Geological Congress IGC-35. Reports of Kazakhstan geologists. Earth Sciences in Kazakhstan. – Almaty, 2016. – P. 194-203 (in Russian)*
8. Baibatsha A.B. *Pljum-tektonicheskaja priroda geologicheskikh struktur i geodinamiki territorii Kazahstana [Plume-tectonic nature of geological structures and geodynamics of the territory of Kazakhstan]. // GeoBajkal 2016, Irkutsk, Rossija. = GeoBaikal 2016, Irkutsk, Russia – 2016 (in Russian)*
9. Uzhkenov B.S., Mazurov A.K., Bykadorov V.A. i dr. *Paleogeografija i geodinamika Kazahstana i sopredel'nyh territorij [Paleogeography and geodynamics of Kazakhstan and adjacent territories]. // V kn: Geonauki v Kazahstane = In the book: Geosciences in Kazakhstan. – Almaty, 2004. – P. 39-54 (in Russian)*
10. Heraskova T.N., Bush V.A., Didenko A.N., Samygin S.G. *Raspad Rodinii i rannie stadii razvitija Paleooziatskogo okeana [Disintegration of Rodinia and early stages of development of the Paleosian Ocean]. // Geotektonika = Geotectonics. – 2010. – №1. – P. 5-28 (in Russian)*
11. Yang Weirana, Jiang Chunfab, Zhang Kangc, Guo Tieyinga. *Opening closing tectonics: Exploration of a new idea on global tectonics. // Earth Science Frontiers. – 2016. – Vol. 23. – Issue 6. – P. 42-60 (in English)*
12. Macedo Filho Antomat A., Hollanda Maria Helena B.M., Oliveira Alisson L., Negri Francisco A. *Magma plumbing systems in the Parnaiba Basin: Geochemistry, geochronology, and regional correlations with Mesozoic large igneous provinces. // Lithos. – 2023. – Vol. 446-447. – P. 22 (in English)*

#### Сведения об авторах:

**Байбатша А.Б.**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры Геологии, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [baibatsha48@mail.ru](mailto:baibatsha48@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9521-7872>

**Кембаев М.К.**, доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры Геологии, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [k.maksat@mail.ru](mailto:k.maksat@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5069-9399>

**Раис С.Е.**, докторант кафедры Геологии, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [sayat.r@gmail.com](mailto:sayat.r@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0007-2386-1857>

**Биякышев Е.Т.**, студент бакалавра кафедры Геологии, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [biakyshev@gmail.com](mailto:biakyshev@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0009-8577-3857>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Байбатша А.Б.**, г-м.ф. докторы, Геология кафедрасының профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

**Кембаев М.К.**, PhD докторы, Геология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

**Раис С.Е.**, Геология кафедрасының докторанты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

**Биякышев Е.Т.**, Геология кафедрасының бакалавр студенті, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Baibatsha A.B.**, Doctor of g-m.s., Professor of the Geology department, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Kembayev M.K.**, PhD, Associate Professor of the Geology department, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Rais S.E.**, Doctoral student of the Geology department, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Biakyshev Y.T.**, Bachelor's student of the Geology department, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Код МРНТИ 36.23.25

\*M. Amirkhanov, Y. Zhakypbek, A. Aben, N. Mussakhan  
Satabayev University (Almaty, Kazakhstan)

## MONITORING OF GLACIATION AND MELTING IN THE EAST KAZAKHSTAN REGION

**Abstract.** In the scientific field remote sensing as a research tool in the lowland steppes focuses on monitoring vegetation to assess the extent of desertification. However, monitoring individual glaciers would significantly increase the accuracy of the criteria for forecasting areas at risk. This study uses the latest methodology for monitoring glaciers using satellite images of the East Kazakhstan region (Kazakhstan). The approach involves comparing the characteristics (area) of glaciers on satellite images (TM) over a 6-year period (2016, 2019 and 2022). According to the data obtained, the author compared the size of the Berel glacier, which is one of the sources for maintaining the water supply level.

**Key words:** desertification, research, remote sensing, monitoring, glaciers, reduction, vegetation cover.

### Шығыс Қазақстан облысындағы мұздықтардың азаюы мен еруін мониторингтеу

**Аннотация.** Ғылыми салада қашықтықтан зондтау әдісі далалы жерлерде зерттеу құралы ретінде шөлейттену ауқымын бағалау үшін өсімдіктерді бақылауға бағытталған. Дегенмен, жеке мұздықтарды бақылау қауіпті аймақтарды болжау индикаторларының дәлдігін айтарлықтай жақсартады. Бұл зерттеуде Шығыс Қазақстан облысының спутниктік суреттерін пайдалана отырып, мұздықтар мониторингінің жаңа әдістемесі пайдаланылады. Бұл тәсіл 6 жылдық кезеңдегі (2016, 2019 және 2022) спутниктік суреттердегі (TM) мұздықтардың сипаттамаларын (ауданын) салыстыруды қамтиды. Алынған мәліметтерге сәйкес, автор сумен жабдықтау деңгейін ұстап тұру көздерінің бірі болып табылатын Берел мұздығының өлшемдерін салыстырды.

**Түйінді сөздер:** шөлейттену, зерттеу, қашықтықтан зондтау, мониторинг, мұздықтар, еру, өсімдік жамылғысы.

### Мониторинг уменьшения и таяния ледников в Восточно-Казакхстанской области

**Аннотация.** В научной области дистанционное зондирование как инструмент исследования в низменных степях сосредоточено на мониторинге растительности для оценки масштабов опустынивания. Однако мониторинг отдельных ледников значительно повысил бы точность критериев прогнозирования районов, подверженных риску. В этом исследовании используется новейшая методология мониторинга ледников с использованием спутниковых снимков Восточно-Казакхстанской области (Казакхстан). Подход предполагает сравнение характеристик (площади) ледников на спутниковых снимках (TM) за 6-летний период (2016, 2019 и 2022 годы). Согласно полученным данным, автор сравнил размеры ледника Берель, который является одним из источников поддержания уровня водоснабжения.

**Ключевые слова:** опустынивание, исследования, дистанционное зондирование, мониторинг, ледники, сокращение, растительный покров.

### Introduction

A glacier is a persistent body of dense ice that is constantly moving under its own weight. A glacier forms when the accumulation of snow exceeds its ablation over many years, often centuries. A glacier characterized by a negative mass balance is not in equilibrium and confirms a fast and dramatic withdrawal. This situation causes the disappearance of some glaciers of the world and puts others in danger, providing many repercussions on the availability of natural water resources for different purposes. In the future there could be many difficulties for the agriculture irrigation, for the domestic use and for the production of hydroelectric energy; for the local economies founded on the tourism climbing; for the ecosystems founded upon the break-up of the glaciers and, in a long-term perspective, the level of the oceans could rise [1, 2].

The glaciers of Kazakhstan are the main source of irrigation and hydropower in Kazakhstan. Glaciers are huge reservoirs of fresh water. Scientists of the Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Kazakhstan have compiled a catalog of glaciers of the republic. As a result, a map of the mountain glaciers of Kazakhstan was compiled. The areas of distribution of modern glaciers on the Kazakh land are located in the Eastern and southeastern zones – the Altai, Saur, Jungarian Alatau, Kirghiz Alatau, Ile-Alatau, Kungei Alatau, Terskey Alatau ranges. There are 2,724 glaciers in all the mountains of the republic. The area they occupy is 2,033.3 km<sup>2</sup>. In the Kazakh part of Altai there are about 350 glaciers with a total area of 99.1 km<sup>2</sup>.

In this article, the Berel glacier was chosen as the main object of research. The Berel glacier is located on Mount Belukha from its southeastern part in the Qaton-Qaragai park (East Kazakhstan region), mountains of the Altai. The height at which the glacier is located 2000 meters. With the help of open Internet sources, data on the main parameters of glaciers were used.

The Berel Glacier is a large and small glacier descending from the southeastern slopes of Mount Belukha in Altai. The length is about 10 km, the area is 12.5 km<sup>2</sup>, and the lower edge of the glacier lies at an altitude of 1984 m and gives rise to the White Berel River. The Small Berel Glacier is about 8 km long and has an area of 8.9 km<sup>2</sup>. The Berel glacier covered with rocks for a considerable length, two median and the same number of lateral moraines known on its western arm; the final moraine is semicircular and from the outside represents steep talus.

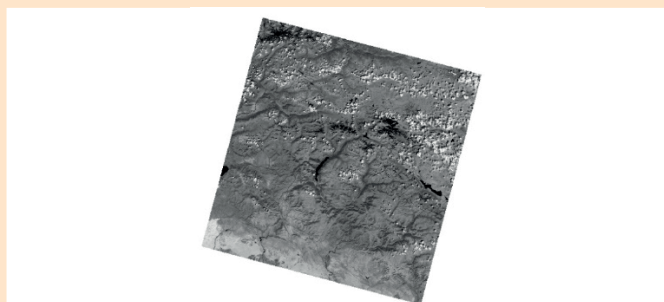
Glaciers gain mass due to snowfall and lose it due to melting and sublimation (when water evaporates directly from solid ice). Glaciers that end in a lake or ocean also lose mass due to the formation of icebergs. Those that end in the ocean are called tidal glaciers, and they have more complex cycles of advance and retreat than glaciers that end on land, at least on an annual and decadal time scale. Even with a stable climate, such glaciers can experience periods of rapid retreat, which are more influenced by various factors. In this work author have used USGS EarthExplorer platform as a source file. For the analytical part used Normalized Difference Snow Index (NDSI) was used in the ArcGIS software. Remote sensor images consist of many layers or bands created by collecting energy in specific electromagnetic spectrum wavelengths in ArcGIS [3-7].

The NDSI index allows the glacier to be distinguished correctly from every other element with similar brightness as the clouds the illuminated soil, the vegetation and the rocks [8-10].

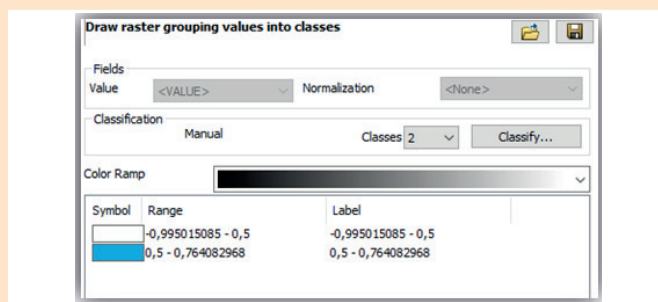
Process of work shown in Figure 1.

### Research methods

Remote sensing has been used to study environmental processes for many years. The study of space survey materials is impossible without the use of GIS technologies and remote



**Figure 1. A fragment of a USGS satellite image.**  
**Сурет 1. USGS ғарыштық суретінің үзіндісі.**  
**Рис. 1. Фрагмент космического снимка USGS.**



**Figure 2. Classification toolbar.**  
**Сурет 2. Жіктеу құралдар тақтасы.**  
**Рис. 2. Панель инструментов классификации.**

sensing data processing programs. The different spatial resolution of the image, the spectrum zones, and the frame size of different satellite series allow you to choose the most suitable and accessible images for solving specific tasks.

Landsat 8 TM images selected for this work. A series of American civilian Landsat satellites has been launched since 1972. The Landsat 8 satellites launched in 2013 used MSS (Multispectral Scanner) and TM (Thematic Mapper) digital equipment:

- MSS: 80 m resolution, 4 spectrum zones (green, red, two near infrared);
- TM: 30 m resolution, 7 spectrum zones (blue, green, red, near infrared (IR), two medium IR, far IR).

The size of the Landsat frame is 185x170 km. Landsat 8 stopped its work quite recently – in February 2013. Images from this satellite were used in our work.

Multispectral digital images with a spatial resolution of 30 m were obtained through the Earth Explorer service of the US Geological Survey. All of them are presented in the UTM cartographic projection based on the WGS-84 coordinate reference system, i.e. they have already been pre-processed.

The Landsat Collection 2 Normalized Difference Snow Index (NDSI) is the normalized difference between green (G) spectral bands and shortwave infrared radiation (SWIR).

The processing of remote sensing of the Earth has recently been increasingly closely integrated with Geographic Information Systems (GIS). ArcGIS package provides a wide range of tools for working with raster data, which makes it possible to process remote sensing and use GIS analytical functions.

In this work author used «The Maximum Similarity Classification tool». This tool based on maximum likelihood probability theory. It assigns each pixel to one of the classes based on the averages and variances of the class signatures (stored in the signature file). This tool is also available and shown Figure 2. The probability that snow is present is proportional to how close the NDSI pixel value is to 1 (range – 1 to 1). In this work, an index of 0.5 was used for detailed processing.

### Results

The processing of remote sensing of the Earth has recently been increasingly closely integrated with Geographic Informa-

tion Systems (GIS). ArcGIS package provides a wide range of tools for working with raster data, which makes it possible to process remote sensing and use GIS analytical functions.

The Berel glacier consists of two parts. This is a «Big» and «Small» glacier. They descend from the southeastern slopes of Mount Belukha in Altai. The Berel glacier is covered with rocks for a considerable length, two median and the same number of lateral moraines are known on its western arm; the final moraine is semicircular and from the outside presents steep talus.

The process of melting of the Berel glaciers began to be noticed at the beginning of the 21st century. However, the accelerated process began to emerge in the last 10 years. Figure 3 clearly show the above changes.

Ultimately, the author made overlays for visual effect. The Figure 4 shows comparison of Berel glacier's area in 2016, 2016 and 2022 years.

### Discussion of results

In this research work by calculating the NDSI snow cover index, results were obtained on the state of the areal indicators of the Berel glacier. In the main part of the work, using the basic tools of the ArcGIS software, it was possible to compare the areas of the Berel glacier and track the dynamics of changes in this indicator. The Figure 5 shows areal size of Berel glacier in 2016, 2019 and 2022 years. The amount of «Sum» in the «Statistics» panel demonstrates areal size in km<sup>2</sup>. A graph is a visual representation of the dependence of one quantity on another. The author created a graph of changing areal size of Berel glacier among 6 years.

### Conclusion

Changes and melting of glaciers is an environmental problem and may entail other problems from different spheres. glaciology is the science of natural ice. It explores glaciers, snow cover, snowfields, ice, river, sea and underground ice and related dangerous phenomena – snow drifts on roads, snow and ice avalanches and sudden movements of glaciers, glacial lakes and glacial mudflows associated with them, snow loads on the floors of engineering structures, soil deformation during the melting of permafrost.

Therefore, it is simply vital for Kazakhstan to be aware of everything that is happening in these areas of natural phenomena, especially since the issue of not only the sharp melting of

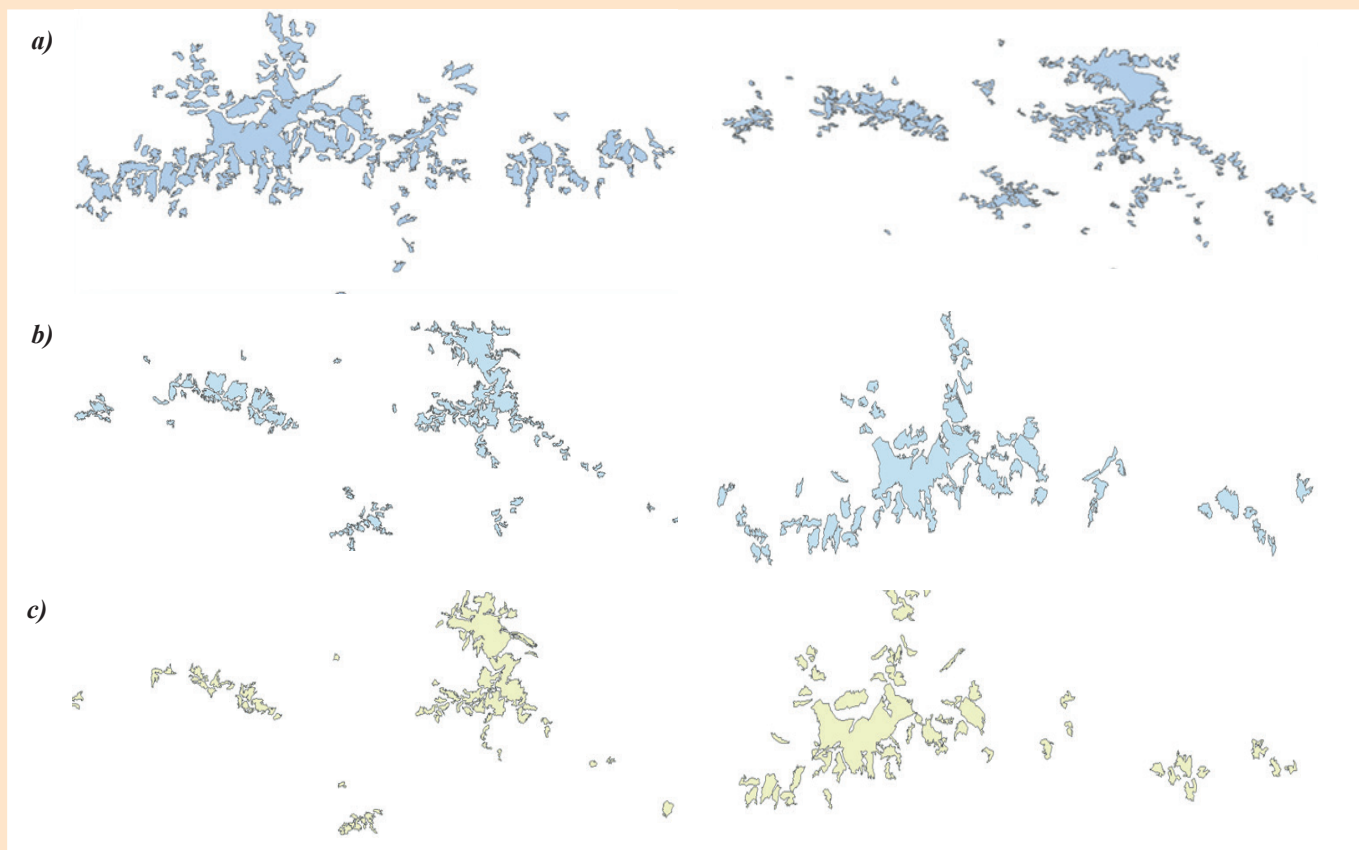


Figure 3. Berel Glacier in 2016, 2019 and 2022.  
 Сурет 3. Берел мұздығы 2016, 2019 және 2022 жылдары.  
 Рис. 3. Берельский ледник в 2016, 2019 и 2022 г.



Figure 4. Berel Glacier in 2016, 2019 and 2022.  
 Сурет 4. Берел мұздығы 2016, 2019 және 2022 жылдары.  
 Рис. 4. Берельский ледник в 2016, 2019 и 2022 г.

Field	Field	Field
Area	Area	Area
Statistics:	Statistics:	Statistics:
Count: 275	Count: 141	Count: 95
Minimum: 0	Minimum: 0	Minimum: 0
Maximum: 120	Maximum: 37	Maximum: 57
Sum: 445	Sum: 194	Sum: 148
Mean: 1,618182	Mean: 1,375887	Mean: 1,557895
Standard Deviation: 7,741954	Standard Deviation: 3,838105	Standard Deviation: 6,126243
Nulls: 0	Nulls: 0	Nulls: 0

a) b) c)

Figure 5. Areal size of Berel glacier in 2016, 2019 and 2022.

Сурет 5. 2016, 2019 және 2022 жылдары Берел мұздығының аудандық көрсеткіші.

Рис. 5. Площадь ледника Берель в 2016, 2019 и 2022 г.

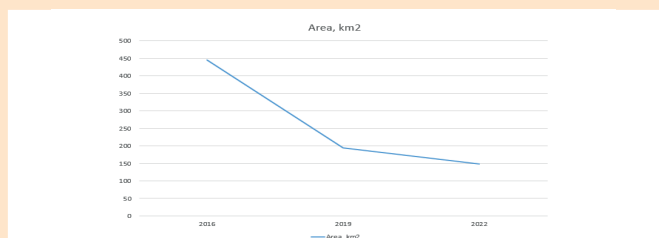


Figure 6. Graph of changing areal size of Berel glacier in 2016, 2019 and 2022.

Сурет 6. 2016, 2019 және 2022 ж. Берел мұздығының аудандық көрсеткішінің өзгеру кестесі.

Рис. 6. График изменения площади ледника Берель в 2016, 2019 и 2022 годах.

glaciers, but also the shortage of clean drinking water in the Central Asian region in the past couple of decades has been repeatedly raised in the republic.

*This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No.AP19576993).*

#### REFERENCES

1. Braun L.N., Weber M. & Schult M. Consequences of climate change for runoff from Alpine regions. // *Annals of Glaciology*. – 2016. – Vol. 31 – P. 19-25 (In English)
2. Jorge Sebastián Moraga, Nadav Peleg, Simone Fatichi, Peter Molnar, Paolo Burlando. Revealing the impacts of climate change on mountainous catchments through high-resolution modeling. // *Journal of Hydrology*. – 2021. – Vol. 603. – Part A. – P.1-13 (In English)
3. Efficiency of Classification Techniques for Sachen and Rupal Glaciers Variation during 1972 – 2010. Muhammad S., Gul C., Muneer J., Waqar M. Efficiency of Classification Techniques for Sachen and Rupal Glaciers variation during 1972-2010. // 2013 International Conference on Aerospace Science & Engineering (ICASE). – 2013. – P. 1-3 (In English)
4. Hall D.K., Ormsby J.P., Bindschadler R.A. & Siddalingaiah H. Characterization of snow and ice reflectance zones on glaciers using Landsat TM data. // *Annals of Glaciology*. – 2017. – Vol. 9. – P. 104-108 (In English)
5. Pope E.L., Willis I.C., Pope, A., Miles E.S., Arnold N.S., Rees W.G. Contrasting Snow and Ice Albedos Derived from MODIS, Landsat ETM+ and Airborne Data from Langjökull, Iceland. // *Remote Sensing of Environment*. – 2016. – Vol. 175. – P. 183-195 (In English)
6. Wehrlé A., Box J.E., Niwano M., Anesio A.M., Fausto R.S. Greenland Bare-Ice Albedo from PROMICE Automatic Weather Station Measurements and Sentinel-3 Satellite Observations. // *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*. – 2021. – Vol. 47. – P. 1-9 (In English)
7. Dozier J. Spectral signature of Alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. // *Remote Sensing of Environment*. – 2019. – Vol. 28. – P. 9-22 (In English)
8. Timbo Stillinger, Karl Rittger, Mark S. Raleigh, Alex Michell, Robert E. Davis and Edward H. Bair. Landsat, MODIS, and VIIRS snow cover mapping algorithm performance as validated by airborne lidar datasets. // *The Cryosphere*. – 2023. – Vol. 17. – P. 567-590 (In English)
9. Bair E.H., Stillinger T. and Dozier J. Snow Property Inversion From Remote Sensing (SPIReS): A Generalized Multispectral Unmixing Approach With Examples From MODIS and Landsat 8 OLI. // *Institute of Electrical and Electronics Engineers, TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*. – 2021. – Vol. 59. – №9 (In English)
10. Currier W.R., Pflug J., Mazzotti G., Jonas T., Deems J.S. and Bormann K.J. Comparing aerial lidar observations with terrestrial lidar and snow-probe transects from NASA's 2017 SnowEx campaign. // *Water Resources Research*. – 2019. – Vol. 55. – P. 6285-6294 (In English)

#### ПАЙДАЛАНАҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Braun L.N., Weber M. & Schult M. Альпі аймақтарының еруі салдарынан климаттың өзгеруі. // *Гляциология жылнамалары*. – 2016. – Шығ. 31. – Б. 19-25 (ағылшын тілінде)
2. Jorge Sebastián Moraga, Nadav Peleg, Simone Fatichi, Peter Molnar, Paolo Burlando. Жоғары ажыратымдылықтағы модельдеу арқылы таулы дренажды бассейндер үшін климаттың өзгеруінің әсерін анықтау. // *Гидрология журналы*. – 2021. – Шығ. 603. – Бөл. А. – Б. 1-13 (ағылшын тілінде)
3. Muhammad S., Gul C., Muneer J., Waqar M. 1972-2010 жылдар аралығында Сачен мен Рупал мұздықтарының өзгеруін жіктеу әдістерінің тиімділігі. 2013 аэроғарыштық ғылым және инженерия бойынша халықаралық конференция (ICASE). – 2013. – Б. 1-3 (ағылшын тілінде)
4. Hall D.K., Ormsby J.P., Bindschadler R.A. & Siddalingaiah H. Landsat TM деректерін пайдалана отырып мұздықтардағы қар мен мұздың шағылысу аймақтарының сипаттамасы. // *Гляциология жылнамалары*. – 2017. – Шығ. 9. – Б. 104-108 (ағылшын тілінде)
5. Pope E.L., Willis I.C., Pope, A., Miles E.S., Arnold N.S., Rees W.G. Modis, Landsat ETM+ және Исландияның Лангжюкулль қаласынан алынған қар мен мұздың контрастты альбедосы. // *Қоршаған ортаны қашықтықтан зондау*. – 2016. – Шығ. 175. – Б. 183-195 (ағылшын тілінде)
6. Wehrlé A., Box J.E., Niwano M., Anesio A.M., Fausto R.S. Ренландияның жалаңаш мұз альбедосы PROMISE және Sentinel-3 Автоматты метеостанцияларының өлшемдері бойынша. // *Дания мен Гренландия геологиялық қызметінің хабаршысы*. – 2021. – Шығ. 47. – Б. 1-9 (ағылшын тілінде)
7. Dozier J. Landsat тақырыптық картографының көмегімен альпілік қар жамылғысының спектрлік сипаттамасы. // *Қоршаған ортаны қашықтықтан зондау*. – 2019. – Шығ. 28. – Б. 9-22 (ағылшын тілінде)

8. Timbo Stillinger, Karl Rittger, Mark S. Raleigh, Alex Michell, Robert E. Davis and Edward H. Bair. Landsat, MODIS және VIIRS қар жамылғысын картаға түсіру алгоритмдерінің тиімділігі борттық лидар деректер жиынтығымен расталған. // Криосфера. – 2023. – Шығ. 17. – Б. 567-590 (ағылшын тілінде)
9. Bair E.H., Stillinger T. and Dozier J. MODIS және Landsat 8 OLI мысалдарымен араласпауға жалпыланған көп спектрлі тәсіл. // Электротехника және электроника инженерлері институты, Жер туралы ғылымдар және қашықтықтан зондау бойынша еңбектер. – 2021. – Шығ. 59. – №9 (ағылшын тілінде)
10. Currier W.R., Pflug J., Mazzotti G., Jonas T., Deems J.S. and Bormann K.J. 2017 жылы NASA ның SnowEx науқаны аясында аэрофототүсірілім лидар бақылауларын жердегі лидар және қар зондтарымен салыстыру. // Су ресурстарын зерттеу. – 2019. – Шығ. 55 – Б. 6285-6294 (ағылшын тілінде)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Braun L.N., Weber M. & Schult M. Последствия изменения климата для стока из альпийских регионов. // Анналы гляциологии. – 2016. – Вып. 31. – С. 19-25 (на английском языке)
2. Jorge Sebastián Moraga, Nadav Peleg, Simone Fatichi, Peter Molnar, Paolo Burlando. Выявление последствий изменения климата для горных водосборных бассейнов с помощью моделирования с высоким разрешением. // Журнал гидрологии. – 2021. – Вып. 603. – Ч. А. – С. 1-13 (на английском языке)
3. Muhammad S., Gul C., Muneer J., Waqar M. Эффективность методов классификации изменений ледников Сачен и Рупал в период с 1972 по 2010 гг. // Международная конференция по аэрокосмической науке и технике 2013 г. (ICASE) – 2013. – С. 1-3 (на английском языке)
4. Hall D.K., Ormsby J.P., Bindschadler R.A. & Siddalingaiah H. Характеристика зон отражения снега и льда на ледниках с использованием данных Landsat TM. // Анналы гляциологии. – 2017. – Вып. 9. – С. 104-108 (на английском языке)
5. Pope E.L., Willis I.C., Pope A., Miles E.S., Arnold N.S., Rees W.G. Контрастные альbedo снега и льда, полученные с помощью MODIS, Landsat ETM+ и бортовых данных из Лангйокюдя, Исландия. // Дистанционное зондирование окружающей среды. – 2016. – Вып. 175. – С. 183-195 (на английском языке)
6. Wehrle A., Vox J.E., Niwano M., Anesio A.M., Fausto R.S. Альbedo голого льда Гренландии по данным измерений автоматической метеостанции PROMICE и спутниковых наблюдений Sentinel-3. // Бюллетень геологической службы Дании и Гренландии – 2021. – Вып. 47. – С. 1-9 (на английском языке)
7. Dozier J. Спектральная сигнатура альпийского снежного покрова с помощью тематического картографа Landsat. // Дистанционное зондирование окружающей среды. – 2019. – Вып. 28. – С. 9-22 (на английском языке)
8. Timbo Stillinger, Karl Rittger, Mark S. Raleigh, Alex Michell, Robert E. Davis, Edward H. Bair. Эффективность алгоритмов картографирования снежного покрова Landsat, MODIS и VIIRS подтверждена бортовыми наборами лидарных данных. // Криосфера. – 2023. – Вып. 17. – С. 567-590 (на английском языке)
9. Bair E.H., Stillinger T., Dozier J. Инверсия свойств снега с помощью дистанционного зондирования (SPIReS): Обобщенный мультиспектральный подход без смешивания с примерами из MODIS и Landsat 8 OLI. // Институт инженеров электротехники и электроники, Труды по наукам о земле и дистанционному зондированию. – 2021. – Вып. 59. – №9 (на английском языке)
10. Currier W.R., Pflug J., Mazzotti G., Jonas T., Deems J.S., Bormann K.J. Сравнение аэрофотосъемочных наблюдений с наземными лидарными и снегонзондовыми разрезами из кампании НАСА SnowEx 2017 года. // Исследование водных ресурсов. – 2019. – Вып. 55. – С. 6285-6294 (на английском языке)

#### Information about the authors:

**Amirkhanov M.**, Master's degree student at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [mirasamirkhanov@gmail.com](mailto:mirasamirkhanov@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0009-3378-2778>

**Zhakyrbek Y.**, PhD, Associate Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [y.zhakyrbek@satbayev.university](mailto:y.zhakyrbek@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-2474-9927>

**Aben A.**, Master of Technical Sciences, lecturer at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [a.aben@satbayev.university](mailto:a.aben@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0001-6222-8631>

**Mussakhan N.**, Master's degree student at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [musanaznur@gmail.com](mailto:musanaznur@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0009-5610-2712>

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Амирханов М.Е.**, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

**Жакыпбек Ы.**, PhD, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Әбен А.С.**, т.ғ.м., Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

**Мусахан Н.Н.**, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

**Сведения об авторах:**

**Амирханов М.Е.**, магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконура, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

**Жакыпбек Ы.**, PhD, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконура, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

**Әбен А.С.**, м.т.н., преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконура, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

**Мусахан Н.Н.**, магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконура, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)



## ВЫСТАВКА «ГАЗ. НЕФТЬ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ»

в рамках  
ЯМАЛЬСКОГО  
НЕФТЕГАЗОВОГО  
ФОРУМА

**СИБЭКС** SERVICE

ООО «Выставочная компания Сибэкспосервис», г. Новосибирск

Тел.: +7 (383) 335-63-50, e-mail: vkses@yandex.ru, www.ses.net.ru

**27-28  
МАРТА**

г. Новый Уренгой  
**2024**





Код МРНТИ 52.13.15

Д.К. Таханов, \*А.Б. Жиенбаев, М.Ж. Балпанова, Р.А. Мусин

«Әбілқас Сағинов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан)

## МАССИВТИҢ ТАБИҒИ КЕРНЕУЛІ КҮЙІНДЕГІ ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРДІҢ ТАРАЛУ АЯСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСІ

**Аннотация.** Бұл мақалада техногендік әсер ету кезінде тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйін бағалаудың қолданыстағы әдістерін жіктеу және талдау және тау жыныстары массивінің орнықтылығын бағалаудың қазіргі әдістерінің қолданылуының шекараларын анықтау жүргізілді. Тау жыныстарындағы геомеханикалық процестердің физикасын сипаттау үшін әртүрлі мықтылық критерийлері қолданылады. Критерийлердің бір бөлігі эмпирикалық, ал бір бөлігі аналитикалық жолмен шығарылды. Осылайша, қолданыстағы бұзылу критерийлерін толық жіктеу қажеттілігі туындайды. Тау жыныстарын бұзу критерийлерін салыстыру нәтижесінде олардың артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Сондай-ақ, мақалада профессор О.Сабденбекұлының ұсынған БАБО әдістемесінің артықшылықтары сипатталған, бұл әдісті геомеханика мәселелерін шешудегі заманауи тәсілдердің талаптары тұрғысынан жетілдіру ұсынылады.

**Түйінді сөздер:** таужыныстар массиві, бұзу критерийлері, сырғу бет, мықтылық құжаты, кені алынған кеңістік, деформация, Мор теориясы, тепе-теңдік шартыры, сырғу.

### Method for estimating the propagation zone of physical processes in the natural stressed state of the array

**Abstract.** This article classifies and analyzes the existing methods for assessing the stress-strain state of a rock mass under man-made impacts, and defines the limits of applicability of modern methods for assessing the stability of a rock mass. To describe the physics of geomechanical processes in a rock mass, various strength criteria are used. Some of the criteria were derived empirically, and some – analytically. Thus, there is a need for a full-fledged classification of existing destruction criteria. As a result of comparing the criteria for the destruction of rocks, their advantages and disadvantages were revealed. The article also describes the advantages of the BABO technique proposed by Professor Sabdenbekovuly O. It is proposed to improve this method from the standpoint of the requirements of modern approaches in solving geomechanics problems.

**Key words:** rock mass, fracture criterion, sliding surface, strength passport, developed space, deformation, Mohr theory, natural equilibrium arch, displacement.

### Метод оценки зоны распространения физических процессов в естественном напряженном состоянии массива

**Аннотация.** В данной статье проведена классификация и анализ существующих методов оценки оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород при техногенном воздействии, и определение границ применимости современных методов оценки устойчивости массива горных пород. Для описания физики геомеханических процессов в массиве горных пород используют различные критерии прочности. Часть критериев была выведена эмпирическим, а часть – аналитическим путем. Таким образом, возникает необходимость полноценной классификации существующих критериев разрушения. В результате сравнения критериев разрушения горных пород были выявлены их достоинства и недостатки. Также в статье описаны преимущества методики БАБО, предложенной профессором Сабденбековулы О. Предлагается совершенствовать данный метод с позиции требований современных подходов в решении задач геомеханики.

**Ключевые слова:** массив горных пород, критерий разрушения, поверхность скольжения, паспорт прочности, выработанное пространство, деформация, теория Мора, свод естественного равновесия, сдвижение.

### Кіріспе

Геомеханикада таужыныстар сілемін континуалды орта ретінде қарастырудың дұрыс еместігімен байланысты объективті проблемалар бар екені белгілі. Осыған байланысты таужыныстардың беріктік және деформациялық қасиеттерін анықтауда, олардың кернеулі-деформацияланған күйін есептеуде іргелі проблемалар туындайтыны да заңды [1-3].

Нақтысында таукен массиві өте жарықшақтанған (блокталған) орта болып табылады. Егер бастапқы түрінде оны әлі де үздіксіз орта ретінде қарастыруға болатын болса, онда таукен қазбаларынан туындаған деформациялар мен жергілікті бұзылулардан кейін бұл постулат дұрыс болмайды. Іс жүзінде кез-келген механикалық процесс, таукен массивінің квазитұтас орта ретінде деформациялануымен, сондай-ақ дезинтеграцияланған тау жыныстардың бұзылуымен және жылжуымен бірге жүреді. Бұл кернеулі-деформацияланған күйді бағалау үшін үздіксіз орта механикасын қолдануды қиындатады, ал бұл дегеніміз бағалаудың дәлдігіне де күмән келтіруге себеп болады.

Таужыныстардың массивіндегі геомеханикалық процестердің физикасын сипаттау үшін әртүрлі беріктік критерийлері қолданылады [4, 5]. Критерийлердің бір бөлігі эмпирикалық, ал бір бөлігі аналитикалық жолмен алынады. Осылайша, қолданыстағы бұзылу (қирау) критерийлерін толық жіктеу қажеттілігі туындайды.

Кестеден қазіргі уақытта таужыныстардың беріктігін жедел түрде дұрыс бағалауға мүмкіндік беретін ең аз кіріс

мәліметті қажет ететін әмбебап өлшем жоқ деп қорытындылауға болады.

Көптеген мұқият жүргізілген эксперименттердің нәтижелерін қорытындылай келе [3] зерттеушілер мынадай қорытындыға келеді:

1. Сынақ кезінде таужыныстар үлгілері негізінен сырғу түрінде қирайды;

2. Сырғу беттерінің көлбеу бұрыштарының шамасы мен байланыс күшінің тәуелділігі бұйірлік кернеулердің өсуімен өзгереді;

3. Сыналатын үлгілерге жүктеменің өсуімен бірге Мордың шектік шеңберлерінің орам сызығының қисықтық радиусы да өседі;

4. Таужыныстардың барлық түрлерінің орам сызықтары қисық пішінді болып келеді.

### Зерттеу әдістері

Тау-кен жыныстары үшін қолайлы Мор беріктік теориясы кең қолданыс тапқан. Бұл теория күрделі шырқақ күйдегі дененің әр нүктесіндегі жанама және қалыпты кернеулер арасындағы байланыстарға негізделген.

Мор теориясы бойынша бұзылу, не жанама кернеу  $\tau$ , шамасы үлгіге әсер етуші қалыпты кернеудің шамасының өсуімен қатар, белгілі бір шегі  $\tau_0$  мәнінен асып кетсе, не  $\tau = 0$  болғанда қалыпты  $\sigma$  созу күштері шектен асып кетсе басталады.

Шекті қалыпты және жанама кернеулер арасындағы байланыс графикте парабола түрінде кескінделеді. Ол

Кесме 1

Таужыныстардың бұзылу (қирау) критерийлерін салыстыру

Table 1

Comparison of rock destruction criteria

Таблица 1

Сравнение критериев разрушения горных пород

Критерий	Артықшылықтары	Кемшіліктері	Жыл	Материал түрі
Мор-Кулон	Кіріс параметрлерінің аздығына байланысты пайдалану оңай	Аралық бас кернеуді ескермейді	1773	Құмтас
	Көрнекі графикалық интерпретациясы бар	Төмендетілген нәтиже береді Сырғу бағыты әрдайым тәжірибелік мәліметтермен сәйкес келе бермейді		
Фон Мизес	Аралық басты кернеуді есепке алу	Кеуектілік қысымды ескермейді	1913	Металл және серпімді материалдар
	Графикалық интерпретация бар			
Гриффит	Таужыныстың деформациясындағы микрожарықтардың рөлін есепке алу	Аралық бас кернеуді ескермейді	1921	Жарықшақтанған таужыныстар
	Таужыныстарды Мор Кулон өлшемімен салыстыруға болады	Үш осьтік қысым күйін бағалау үшін бір параметр жеткіліксіз		
Хоок-Браун	Бүтін және жарықшақтанған жыныстар үшін де қолайлы	Аралық бас кернеуді ескермейді	1980	Тұтас және жарықшақтанған жыныстар
	Шахта қабырғаларының орнықтылығын есептеу кезінде кеңінен қолданылады	Тік және көлденең ұнғымалар үшін айырмашылықты көрсетпейді		
Серрано-Эстер-Оллан [6]	Аралық бас кернеуді ескереді	Модель параметрлерінің физикалық мағынасын нақтылау үшін қосымша зерттеулер қажет	2007	Гранит Уэстерли, доломит Данхэм
	Критерий үш осьтік созылу және қысу жағдайлары үшін әртүрлі кернеу мәндерін береді			
Квасьневски, Такахашаи [7]	Үш өлшемді есептерді шешу үшін бұрын келтірілген критерийлердің жетілдірілген түрі	Барлық таужыныстарға қолдануға келмейді	2010	Розбарк құмтасы, Ширахама құмтасы

жыныстың әр түрі үшін, бір қатар беріктік параметрлерін анықтау нәтижелері бойынша созылады. Профессор Ө. Сабденбекұлы Кулон Мордың өлшемдеріне сүйене отырып, кернеулердің өсуіне байланысты таужыныстардың кернеулі-деформацияланған күйін бағалау үшін өшетін тербелістер теориясының қабылдану мүмкіндігін негіздеп, О.С. ВАВО әдісін жасады [3, 8].

Бұл әдіспен беріктік паспортының орам сызығы екі бөліктен тұрады: созылу кернеулері үшін – параболалық, ал қысым кернеулері үшін – өшетін тербеліс қисығы. Орам сызықтың қисығының теңдеулері:

$$\tau_n^{KC} = [p(\sigma_{ni} + \sigma_c)]^{1/2}, \quad (1)$$

– Г.Н. Кузнецовтың созылу кернеулері жағындағы мұнда  $p = (2 - 2\sqrt{n+1} + n)\sigma_c$ ,  $m/m^2$  – параболаның параметрі;

$\sigma_{ni}$  – созылу кернеуінің айнаымалы мәні және мына шекте өзгереді

$$\sigma_c \leq \sigma_{ni} \leq \sigma_n^{KC}, \quad (2)$$

мұнда  $\sigma_n^{KC} = \sqrt{(0,5(\sigma_{KC} - p))^2 - p\sigma_c} + 0,5(\sigma_{KC} - p)$  – бір осьті қысу кезіндегі нормаль кернеу,  $t/m^2$ ;

$\sigma_{KC}$  – тау жыныстарының бір осьті қысуға беріктігі,  $t/m^2$ ;

$\sigma_c$  – тау жыныстарының бір осьті созуға беріктігі,  $t/m^2$ ;

$$\tau_{ni} = \sigma_{KC} \{0,5 \cos \rho_{KC} + [1 - e^{0,5(1 - \sin \rho_{KC}) - (\sigma_{ni}/\sigma_{KC})}] \operatorname{tg} \rho_{KC}\}, \quad (3)$$

– қысу кернеулері жағындағы.

Мұнда  $\rho_{KC}$  – таужыныстың ішкі үйкеліс бұрышы, град. (3) теңдеуден  $\tau_{ni}$  ордината нүктелерінің абсциссаға тәуелділігін көруге болады, және ол  $\sigma_n^{KC} \leq \sigma_{ni} \leq \infty$  шегінде өзгере алады.

Шектік кернеулердің шеңберлерінің орам сызығының (1) және (3) теңдеулері М.М. Протодьяконовтың теңдеуіне ұқсас аналогы болып табылады және оның  $\tau_{ni} = \tau_n^{max} \leq \infty$ , болады деген тұжырымын растайды, ал таужыныстың ішкі үйкеліс бұрышы  $\rho_{KC} = 0$  тұрақты болады деген қорытындыға сәйкес келеді [9].

М.М. Протодияконов теңдеуімен салыстырғанда, бұл әдісте, шығу тегі күмән тудыруы мүмкін әртүрлі эмпирикалық коэффициенттер жоқ. Ұсынылған әдісте тау жыныстарының беріктік шегінің көрсеткіштерінің шамасы олардың паспорттарынан анықталады.

Таужыныстардың беріктік паспортын үш бөлікке бөліп қарастырады:

*созылу кернеулерінің әсер ету аймағына жататын учаске; кесу (таза сырғу) кернеудің әсер ету аймағына жататын учаске;*

*қысу кернеулердің әсер ету аймағына жататын учаске.*

Аталған учаскелердің біріншісі тау жынысының созылу кернеулерінің әсеріне қарсы тұру қабілетін көрсетеді. Паспорттың осы аймағында  $\sigma_{ni} \leq -\sigma_c$ , мұндағы  $\sigma_{ni}$  – қойылатын (жүктелетін) кернеулер және  $\sigma_c$  – таужыныстың созылғау беріктігі.

Беріктік паспорттың екінші бөлігінде кернеулер  $0 \leq \sigma_{ni} \leq \sigma_n$  шегінде өзгереді, мұнда  $\sigma_n < \sigma_n^{KC}$ .

Паспорттың үшінші бөлігі  $\sigma_n^{KC} \leq \sigma_{ni} \leq \infty$  шегіндегі кернеулердің өзгеруіне сәйкес келеді.  $\sigma_{ni} = \sigma_n^{KC}$  кезінде таужыныстар бір осыгі кернеу жағдайында болып, кейін тереңдіктің артуымен олар жан-жақты қысымда болады.

Таужыныстардың механикалық қасиеттерінің көрсеткіштерінің бірі  $\rho$  – ішкі үйкеліс бұрышы таужыныстың кернеулі күйіне тәуелді. Беріктік паспорттың алғашқы екі бөлігінде  $\rho = \text{constant}$  болады да, ал үшінші бөлімде  $\rho_{KC} \geq \rho_i \geq 0$  шегінде өзгереді.

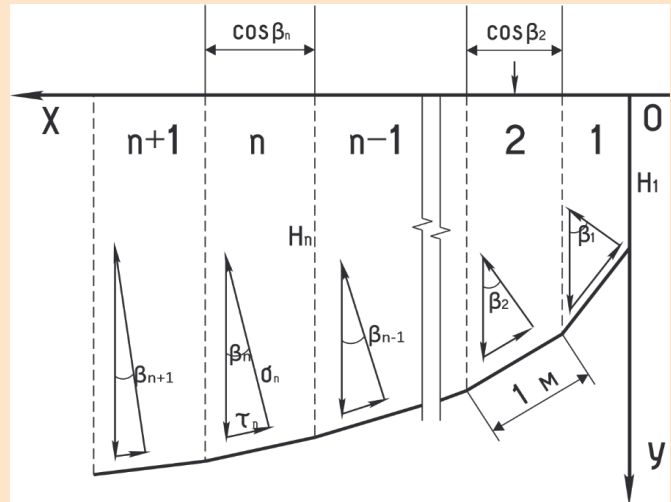
Жоғарыда аталған ерекшеліктерді ескере отырып, сырғу беттердің қисықтарының теңдеулері алынды [3]. Салынған беріктік паспорттынан алынған ақпаратты талдау негізінде олардың физика-геометриялық қасиеттері мен «сырғу бет» ұғымының пайда болу табиғаты анықталады. Нәтижесінде таужыныстардың әр қабатындағы массивте тек өзіне ғана тән сырғу беттері мен олардың математикалық өрнектері бар екендігі анықталады.

Сонымен, көлбеу бұрыштары жоғарғыда  $\beta = 90^\circ$  болып және тереңдеген сайын  $\beta \rightarrow 0$  дейін өзгертін, сырғу беттерінің қисықтарын 0-1, 1-2, ..., (n-1) – n кесінділердің жиынтығы ретінде қабылдайды. Сырғу бетінің бір қисығын құрайтын кесіндінің ұзындығы «бірлік» алаңшалардың жиынтығы болып табылады. Бірлік алаңшалардың әрқайсысында ені  $\cos\beta_i$  болатын бағана бар және оның биіктігі сол бағанның табанының тереңдігіне тең (1-сурет).

Сонымен қатар,  $x(\beta)$  осі үздіксіз өседі, ал  $y(\beta)$  осі бойынша үзілісті өсіп келе жатқан сипатқа ие. Көрсетілген осьтік сызықтардың біріншісі-абсцисса осі, екіншісі – ординат осі. Нүктелердің ординаттары тек  $\beta_i$  функциялары болып табылады, егер олардың абсцисстері  $\beta_i$  бұрышын ескере отырып ординат осінің өсуімен анықталса, олардың белгілі шамаларын қабылдауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда келтірілген графикті физика-математикалық талдау негізінде дифференциалдық теңдеулерді құрастыра отырып, осы сырғу беттердің қисықтарының теңдеулері табылған:

$$\begin{aligned} x_{1i} &= 0,5(y_i - y_m) [(\cos\beta_i / \sin^2\beta_i) - \text{Intg}(\beta_i / 2)] \sin\beta_i; \\ x_{2i} &= (y_i - y_m) [\text{Intg}(\beta_i / 2)] \sin\beta_i; \\ x_{3i} &= 0,5(y_i - y_m) [(\cos\theta_i / \sin^2\theta_i) - \text{Intg}(\theta_i / 2)] \sin\theta_i; \\ y_i &= (\sigma_{ni} + \tau_n \text{tg}\theta_i) / \gamma, \end{aligned} \quad (4)$$



**Сурет 1. Бірлік алаңшалардағы таужыныс бағаналарының орналасу схемасы:**

*OX – жер беті; H – тереңдік (бағанның биіктігі); 1, 2, ..., n – бағаналардың реттік нөмірі.*

**Figure 1. The layout of the columns of rocks on single sites:**

*OX – the surface of the earth; H – depth (column height); 1, 2, ..., n – the ordinal number of columns.*

**Рис. 1. Схема расположения столбцов горных пород на единичных площадках:**

*OX – поверхность земли; H – глубина (высота столбца); 1, 2, ..., n – порядковый номер столбцов.*

мұнда  $x_1$  және  $x_2$  – сырғу беттердің қисықтарының абсциссалары;

$x_3$  – таужыныстың ішкі үйкеліс бұрышының өзгеруін сипаттайтын параметр, яғни екі сырғу беттің арасындағы бұрыш ( $\omega = 90^\circ + \rho$ );

$y_i$  – анықталатын нүктелердің ординаталары;

$\theta_i = 45^\circ + 0,5\rho_i$ ;

$\beta_i = \text{arctg}(\tau_n / \tau_{ni})$ ;

$y_m = \sigma_c / \gamma$  – массивтің тігінен ашылатын бөлігінің биіктігі;

$\gamma$  – таужыныстың көлемдік салмағы.

Сырғу бетінің қисық нүктелерінің координаталарын есептеу кезінде пайдаланылатын барлық шамалар таужыныстың беріктік паспорттынан анықталады. Нүктелер координаталарының есептелген мәндеріне сәйкес тау-кен жұмыстарының графикалық құжатының масштабына сай келетін белгілі бір масштабта сырғу беттерінің қисықтары жасалады (2-сурет).

### **Нәтижелер және оларды талқылау**

Сонымен сырғу беттерінің қисықтығының өзгеру жылдамдығы таужыныстардың физика-механикалық қасиеттеріне байланысты (әлсіз жыныстар үшін процесс күшті жыныстарға қарағанда тезірек жүреді).

Сырғу беттердің 3 тобының қисық сызықтарын салу арқылы жер бетіне дейін жылжуды және деформация аймағының дамуын анықтауға болады. Бұл әдіс күрделі конфигурациясы бар және кенорындарындағы өлшемдері бір-біріне сәйкес келмейтін тау-кен қазбаларының орнықтылығын негіздеуде жақсы қолданысқа ие [10, 11].



Сурет. 2. Сырғу беттердің 3 тобының қисықтары.

Figure 2. Curves of 3 groups of sliding surfaces.

Рис. 2. Кривые 3-х групп поверхностей скольжения.

Сонымен қатар, профессор Ө.Сабденбекұлы ұсынған теория геомеханика мәселелерін шешудегі заманауи тәсілдердің талаптары тұрғысынан дамуды талап етеді. Атап айтқанда, осы уақытқа дейін сырғу сызықтарын қолдану тек жазық есептерде шешіліп келді, өйткені үш өлшемді өлшеуде сырғу сызықтарының қисықтарын құрудың математикалық аппараты болған жоқ. Сондай-ақ, тасжарықтарды есепке алғанда, тек әлсірететін фактор ретінде коэффициенттерді енгізу арқылы жүзеге асырылып келді.

Бұл ғылыми жобада осы теория бойынша әдісті дамыту үшін үшөлшемді (көлемдік) мәселеде орындау мақсатында есептерді шешудің жаңа алгоритмін жасау қажеттілігі туындайды. Тау-кен қазбаларының айналасындағы жарықшақты массивтегі деформация аймағының өзгеру заңдылықтарын тасжарықтар параметрлерінің сырғу беттердің қисықтығына әсерін ескере отырып зерттеу қажет. Созылу кернеуі аймағындағы (жер бетіне жақын) сырғу сызықтарының координаттарын (қисықтығы) анықтау толық зерттелмеген.

#### Қорытынды

Сырғу беттерінің қисықтарының теңдеулерін қолданып, кез-келген техногендік әсер ету кезінде жер қойнауындағы кез-келген учаскедегі таужыныстар массивінің кернеулі-деформацияланған күйін бағалауға мүмкіндік беретіні бұрыннан белгілі. Дегенмен жоғарыда аталған мәселелерді іргелі ғылым тұрғысынан қарастырса, геомеханика саласындағы өзекті бағыттардың бірі болары сөзсіз. Ал іргелі зерттеулерінің нәтижелері, табиғатты пайдаланудың тиімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуде басты рөл атқаратын геомеханикалық процестер мен құбылыстарды тануды тереңдетіп, және Жер қойнауын игеруді геомеханикалық қамтамасыз етудің теориялық негіздерін жасайды.

#### Алғыс білдіру

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (грант №AP19677938). Жоба жетекшісі – Таханов Д.К.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Saeidi A., Deck O., Verdel T. Тау-кен жұмыстарының шөгуді аймақтарындағы тәуекелдерді талдау үшін ғимараттардың зақымдануын бағалау әдістерін салыстыру. // Инженерлік-геологиялық ізденістер. – 2013. – №31. – Б. 1073-1088 (ағылшын тілінде)
2. Соопер А.Н. Шөгуді мен көшкіндерден туындаған ғимараттардың зақымдануы туралы ақпаратты жіктеу, тіркеу, мәліметтер базасы және пайдалану. // Инженерлік геология және гидрогеологияның тоқсан сайынғы журналы. – 2008. – №41. – Б. 409 (ағылшын тілінде)
3. Сабденбекұлы Ө.С. Таужыныстардың сілеміндегі құрылыстар түзетін механика. // Қарағанды: №1 Инновациялық орталық. – 2006. – Б. 235 (қазақ тілінде)
4. Rahini R., Nygaard R. «Ұңғыманың тұрақтылығын талдауда сыну критерийлерін таңдаудың маңызы қандай», АҚШ-тың тау жыныстары механикасы. // Геомеханикасы бойынша 48-ші симпозиум, Миннеаполис, Миннесота, АҚШ. – 2014 (ағылшын тілінде)
5. Chang P., Xu G., & Huang, J. Динамикалық торға негізделген жерасты кенжарындағы DPM дисперсиясы мен таралуын сандық зерттеу. // Тау-кен ғылымы мен техникасының халықаралық журналы. – 2020. – №30. – Б. 471-475 (ағылшын тілінде)
6. Serrano J. Estaire, C. Olalla. «Хук-Браунның жойылу критерийін үш өлшемге дейін кеңейту», Халықаралық тау жыныстары механикасы қоғамының 11-ші конгресі, Лиссабон. – 2007 (ағылшын тілінде)
7. Kwasniewski M. and Takahashi M. «Деформацияға негізделген тау жыныстарын жою критерийлері». // Құрылыс және қоршаған ортаны қорғаудағы тау жыныстарының механикасы. – 2010. – Б. 45-56 (ағылшын тілінде)
8. Valranova M.Zh., Yessenbayeva G.A., Takhanov D.K. Шектеулі шиеленіс жағдайында бүйірлік қысым коэффициентін есептеу. // Қарағанды: Е.А. Бөкетов атындағы ҚарМУ хабаршысы. – 2017. – №2. – Б. 14-19 (ағылшын тілінде)
9. Протодиаконев М.М. Мор кернеулерінің шекті шеңберлеріне конверттердің жалпыланған теңдеуі. // Тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін тау қысымымен қопару міндеттеріне қатысты зерттеу. – М.: КСРО ФА баспасы. – 1962. – Б. 27-38 (орыс тілінде).

10. Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balpanova M.Zh. Шахталардың үстіндегі жер бетінің шөгуді тікелей есептеу әдістері. // «Тау-кен ғылымдары журналы»: Ғылыми журнал, АҚШ. – 2020. – Т. 56. – Б. 184-195 (ағылшын тілінде)
11. Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Staňková, H. & Batyrshaeva Z.M. Жезқазған ауданындағы қайталама тау кен жұмыстарының әсерінен жер бетінің жылжуын талдау. // «Тау-кен ғылымдары журналы»: Ғылыми журнал, АҚШ. – 2021. – №57. – Б. 184-189 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Saeidi A., Deck O. & Verdel T. Comparison of Building Damage Assessment Methods for Risk Analysis in Mining Subsidence Regions. // *Geotech. Geol. Eng.* – 2013. – №31. – P. 1073-1088 (in English)
2. Cooper A.H. The classification, recording, databasing and use of information about building damage caused by subsidence and landslides. // *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology.* – 2008. №41. – P. 409 (in English)
3. Sabdenbekuly O.S. Механика формирования сооружений в массиве горных пород [Mechanics of formation of structures in rock masse]. // *Karaganda: Innovtsionnyi tsentr = Karaganda: Innovation Center.* – №1. – 2006. – P. 235 (in Kazakh)
4. Rahini R., Nygaard R. «What Difference Does Selection of Failure Criteria Make in Wellbore Stability Analysis», 48th US Rock Mechanics. // *Geomechanics Symposium, Minneapolis, MN, USA, 2014 (in English)*
5. Chang P., Xu G. & Huang J. Numerical study of the dispersion and distribution of DPM in the face of an underground mine based on a dynamic mesh. // *International Journal of Mining Science and Technology.* – 2020. – №30. – P. 471-475 (in English)
6. Serrano A., Estaire J., Olalla C. «Extension of the Hoek-Brown failure criterion to three dimensions», 11th Congress of the International Society for Rock Mechanics, Lisbon, 2007 (in English)
7. Kwasniewski M. and Takahashi M. «Strain-based failure criteria for rocks». // *Rock Mechanics in Civil and Environmental Engineering.* – 2010. – P. 45-56 (in English)
8. Balpanova M.Zh., Yessenbayeva G.A., Takhanov D.K. The calculation of the side pressure coefficient in conditions of the limited stress situation. // *Karaganda: Bulletin of E. A. Buketov Karsu.* – 2017. – №2. – P. 14-19 (in English)
9. Protodiakonov M.M. Obobshchennoe uravnenie ogibayushchikh k predel'nyim krugam napryazhenii Mora [Generalized equation of envelopes to limit circles of Mohr stresses]. // *Izucheniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv gornyykh porod v otnoshenii zadach vskrytiya gornym davleniem = Study of the physical and mechanical properties of rocks in relation to the problems of opening with rock pressure.* – M.: Izd-vo AN SSSR. – 1962. – P. 27-38 (in Russian)
10. Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balpanova M.Zh. Methods of Forward Calculation of Ground Subsidence above Mines. // *Journal of Mining Science: Scientific Journal, USA: Publishing House of the Pleiades Publishing.* – 2020. – Vol. 56. – P. 184-195 (in English)
11. Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Staňková, H. & Batyrshaeva Z.M. Analysis of Ground Surface Displacements under the Influence of Repeated Mining Activities in the Zhezkazgan Area. // *Journal of Mining Science.* – 2021. – №57. – P. 184-189 (in English language)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Saeidi A., Deck O., Verdel T. Сравнение методов оценки ущерба зданиям для анализа рисков в районах просадки горных работ. // *Инженерно-геологические изыскания.* – 2013. – №31. – С 1073-1088 (на английском языке)
2. Cooper A.H. Классификация, регистрация, базирование данных и использование информации о повреждении зданий, вызванных просадками и оползнями. // *Ежеквартальный журнал инженерной геологии и гидрогеологии.* – 2008. – №41. – С. 409 (на английском языке)
3. Сабденбекұлы О.С. Механика формирования сооружений в массиве горных пород. // *Караганда: Инновационный центр №1.* – 2006. – С. 235 (на казахском языке)
4. Rahini R., Nygaard R. «Какое значение имеет выбор критериев разрушения при анализе устойчивости ствола скважины». // 48-й симпозиум по механике горных пород. Геомеханика США, Миннеаполис, Миннесота, США. – 2014 (на английском языке)
5. Chang P., Xu G. & Huang J. Численное исследование дисперсии и распределения DPM в забое подземной разработки на основе динамической сетки. // *Международный журнал горной науки и техники.* – 2020. – №30. – С. 471-475 (на русском языке)
6. Serrano J. Estaire, C. Olalla. «Распространение критерия разрушения Хука-Брауна на три измерения». // 11-й конгресс Международного общества механики горных пород, Лиссабон. – 2007 (на английском языке)

7. *Kwasniewski M. and Takahashi M.* «Критерии разрушения горных пород на основе деформации». // *Механика горных пород в гражданском строительстве и охране окружающей среды.* – 2010. – С. 45-56 (на английском языке)
8. *Balpanova M.Zh., Yessenbayeva G.A., Takhanov D.K.* Расчет коэффициента бокового давления в условиях ограниченной напряженной ситуации. // *Вестник КарГУ им. Е.А. Букетова.* – 2017. – №2. – С. 14-19 (на английском языке).
9. *Протодьяконов М.М.* Обобщенное уравнение огибающих к предельным кругам напряжений Мора. // *Изучение физико-механических свойств горных пород в отношении задач вскрытия горным давлением.* – М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – С. 27-38 (на русском языке)
10. *Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balpanova M.Zh.* Методы прямого расчета оседания грунта над шахтами. // «Журнал горных наук»: *Научный журнал, США.* – 2020. – Т. 56. – С. 184-195 (на английском языке)
11. *Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Staňková, H. & Baturshaeva Z.M.* Анализ смещений земной поверхности под влиянием повторных горных работ в районе Жезказгана. // «Журнал горных наук»: *Научный журнал, США.* – 2021. – №57. – С. 184-189 (на английском языке)

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Таханов Д.К.**, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Геология және пайда қазбалар орынын барлау» кафедрасының инженері (Қарағанды қ., Қазақстан), [takhanov80@mail.ru](mailto:takhanov80@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2360-9156>

**Жиенбаев А.Б.**, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан), [Zhienbaev@list.ru](mailto:Zhienbaev@list.ru); <https://orcid.org/0000-0002-4347-8608>

**Балпанова М.Ж.**, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ механика кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), [balpanova86@mail.ru](mailto:balpanova86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1513-5317>

**Мусин Р.А.**, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ Пайдалы қазбалар кенорындарын өндіру кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), [r.a.mussin@mail.ru](mailto:r.a.mussin@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1206-6889>

#### Information about the authors:

**Takhanov D.K.**, engineer of the Department of «Geology and Exploration of mineral deposits» of the NAO «Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Zhienbayev A.B.**, doctoral student of the NAO «Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Balpanova M.Zh.**, Lecturer of the Department of Mechanics of the NAO «Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Musin R.A.**, Senior lecturer of the Department «Development of Mineral Deposits» of the Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov (Karaganda, Kazakhstan)

#### Сведения об авторах:

**Таханов Д.К.**, инженер кафедры «Геологии и разведки месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

**Жиенбаев А.Б.**, докторант НАО «Карагандинский технический университет имени Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

**Балпанова М.Ж.**, преподаватель кафедры механики НАО «Карагандинский технический университет имени Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

**Мусин Р.А.**, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

код МРНТИ 52.47.15

\*Ф.У. Аширов

ГУ «Институт минеральных ресурсов» при Университете геологических наук Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан)

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕСТНОГО БУРОВОГО РЕАГЕНТА ПУТЕМ ОБРАБОТКИ НИТРАКРИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ

**Аннотация.** Проведено исследование по разработке технологии получения местного бурового реагента путем обработки нитракриловой кислотой с целью применения при бурении геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые. Изучены соотношения приготовления реагентов, необходимая температура процесса гидролиза с дальнейшим использованием в экспериментах по разработке высокоэффективных химических реагентов, которые используются при бурении скважин в месторождениях твердых полезных ископаемых. В ходе исследований изучены условия кристаллизации и некоторые физико-химические свойства полученного продукта для приготовления промывочной жидкости.

**Ключевые слова:** полиакриламид, гидролизация, синтез, акриламид, реагент, жидкое стекло, глинистый раствор, ПАВ, кристаллизация, синтез, нитрил-акриловая кислота.

### Нитрилакрил қышқылымен өңдеу арқылы жергілікті бұрғылау реагентін алу технологиясын зерттеу

**Аннотация.** Қатты пайдалы қазбаларға геологиялық барлау ұңғымаларын бұрғылау кезінде қолдану мақсатында нитракрил қышқылымен өңдеу арқылы жергілікті бұрғылау реагентін алу технологиясын зерттеу бойынша зерттеу жүргізілді. Қатты пайдалы қазбалар кен орындарында ұңғымаларды бұрғылау кезінде пайдаланылатын тиімділігі жоғары химиялық реагенттерді зерттеу бойынша эксперименттерде одан әрі пайдалана отырып, Реагенттерді дайындау арақатынасы, гидролиз процесінің қажетті температурасы зерттелді. Зерттеу барысында кристалдану шарттары және жуғыш сұйықтықты дайындау үшін алынған өнімнің кейбір физико-химиялық қасиеттері зерттелді.

**Түйінді сөздер:** полиакриламид, гидролизация, синтез, акриламид, реагент, сұйық шыны, сазды ерітінді, ББЗ, кристалдану, синтез, нитрилді-акрил қышқылы.

### Development of technology for the production of local drilling reagent by treatment with nitrilacrylic acid

**Abstract.** In the article was conducted on the development of a technology for obtaining a local drilling reagent by treating with nitrilacrylic acid for use in drilling exploration wells for solid minerals. The ratios of reagent preparation, the required temperature of the hydrolysis process with further use in experiments on the development of highly effective chemical reagents that are used when drilling wells in deposits of solid minerals are studied. In the course of the research, the crystallization conditions and some physicochemical properties of the resulting product for the preparation of the washing liquid were studied.

**Key words:** polyacrylamide, hydrolysis, synthesis, acrylamide, reagent, liquid glass, clay solution, surfactant, crystallization, synthesis, nitrile-acrylic acid.

### Введение

Имеются широкие возможности использования полиакриламида с целью их дальнейшего применения для переработки буровых растворов [1]. В больших масштабах их начали применять с 60-х годов XX века. Акриловые полимеры использовались для снижения потерь воды подобно крахмалу, и было обнаружено, что эти синтетические полимеры могут действовать как диспергаторы или флокулянты в зависимости от соотношения между амидными и карбоксильными группами в глинистых системах, а также от условий их использования [3].

По данным доступных источников литературы [6], акриловые полимеры – полиакрилонитрил (ПАН) и полиакриламид (ПАА) отличаются термостойкостью и особенно высокой ферментативной стабильностью.

Однако ПАН нерастворим в воде, а ПАА обладает некоторыми катионными свойствами на своей неогенной основе и поэтому не может быть использован в природном виде, например, для обработки глинистых буровых растворов. Оба типа полимеров подвергают гидролизу с использованием сильнощелочных водных растворов, например  $Na_2SiO_3$  (жидкое стекло), с получением водорастворимых продуктов, пригодных для обработки моющих жидкостей (глинистых растворов).

В настоящее время для стабилизации промывочных растворов в основном применяют полимерные реагенты, содержащие несолёные функциональные группы, поэтому параметры при бурении водоносных, соленасыщенных слоев ухудшаются, а расход реагентов резко возрастает, что влияет на общие экономические показатели бурения. В связи с этим применение полиакриламида представляет большой интерес как стабилизатор моющих растворов, но

в настоящее время применяется в небольших масштабах из-за отсутствия достаточных технологических навыков.

Известно, что успешность буровых работ во многом зависит от состава и свойств бурового раствора, обеспечивающих максимально высокую скорость бурения и извлечения керна. Использование бурового раствора с регулируемым составом требует много времени и средств для разработки условий гидролиза полиакриламидных реагентов ПАА, что обеспечивало бы высокое качество отбора проб и эффективное бурение скважин. Для этих целей был проведен ряд лабораторных исследований для выбора оптимальных условий использования [5].

### Методы исследования

Нами определены соотношения приготовления реагентов 1:1, необходимая температура процесса гидролиза 70°C с дальнейшим использованием в экспериментах по разработке высокоэффективных химических реагентов, которые можно использовать при бурении скважин в месторождениях твердых полезных ископаемых [8]. Для изучения временной зависимости процесса щелочного гидролиза полиакриламидного реагента отбирали отдельные пробы и подвергали гидролизу под воздействием УЗ в разное время (6, 7, 8 и 9 часов). Щелочной гидролиз изучали при времени процесса 12, 14, 16 и 18 часов. Условия проведенных исследований и результаты органолептического анализа представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, время гидролиза реагента ПАА в щелочных условиях составило 12-18 часов. В частности, он не растворялся в щелочном растворе до 14 часов. В течение 16-18 часов эксперимента наблюдалось, что он растворился и образовался гель. Однако, делать

Таблица 1

Условия гидролиза полиакриламидного реагента и результаты органолептического анализа

Кесте 1

Полиакриламидті реагенттің гидролиз шарттары және органолептикалық талдау нәтижелері

Table 1

Conditions of hydrolysis of polyacrylamide reagent and results of organoleptic analysis

Наименование реагентов	Результаты анализа			
Полиакриламид	С 20%-ным раствором гидроксида (при массовом соотношении 1:1), при температуре $70 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 12 часов	С 20%-ным раствором гидроксида (при массовом соотношении 1:1), при температуре $70 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 14 часов	С 20%-ным раствором гидроксида (при массовом соотношении 1:1), $70 \pm 5^\circ\text{C}$ при УЗ, в течение 16 часов	С 20%-ным раствором гидроксида (при массовом соотношении 1:1), $70 \pm 5^\circ\text{C}$ при УЗ, в течение 18 часов
Результаты органолептического анализа	Образец растворился частично. В конце продолжено выделение аммиака	Образец растворился частично. В конце продолжено выделение аммиака	Образец растворился полностью. Получен гель светло-коричневого цвета. В конце выделение аммиака не наблюдалось	Образец растворился полностью. Получен гель светло-коричневого цвета. В конце выделение аммиака не наблюдалось

окончательные выводы посчитали преждевременным, и было установлено, что оптимальное время их гидролиза следует определять путем изучения химического состава продукта.

Полиакриламидный реагент гидролизовали в кислой и щелочной средах. В ходе исследований были изучены условия их кристаллизации и некоторые физико-химические свойства полученного продукта. Для кристаллизации растворов кислого (ПАА-К) и щелочного (ПАА-И) гидролиза полиакриламида брали по 50 г каждого и сушили на сушильной стойке ШС-80 при нормальном атмосферном давлении и различных температурах –  $40^\circ\text{C}$ ,  $50^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$ ,  $80^\circ\text{C}$ . Эффективность процесса сушки оценивали по затраченному времени.



**Рис. 1. Вид образца ПАА-И на разных стадиях:**  
а) состояние до сушки при  $60^\circ\text{C}$ ; б) состояние после высушивания.

**Сурет 1. Полиакриламид үлгісінің түрі – және әртүрлі кезеңдерде;**

а)  $60^\circ\text{C}$ -та кептіруге дейінгі жағдай; б) кептіруден кейінгі жағдай.

**Figure 1. Type of Polyacrylamide sample at different stages:**

а) condition before drying at  $60^\circ\text{C}$ ; б) condition after drying.

Из рисунка 1 видно, что время высыхания растворов ПАА-К и ПАА-И уменьшается с повышением температуры. Однако в ПАА-К наблюдалось больше времени по сравнению с ПАА-И. Это можно объяснить высокой гидрофильностью кислоты в ПАА-К. Оптимальную температуру процесса сушки подбирали в зависимости от физико-химических свойств полученных порошков.

Проанализированы некоторые физико-химические свойства образцов, взятых при различных температурах (внешний вид, время растворения, потеря массы при сушке, вязкость раствора и pH среды).

### Результаты

Полученные результаты сводятся к следующему:

– *Появление ПАА-К и ПАА-И.* Порошки бледно-желтого цвета, без запаха. Процесс сушки ПАА-И при температуре  $60^\circ\text{C}$  и виды после сушки представлены на рис. 1.

– *Определение массы, потерянной при сушке.* Исследования проводились на влагомерной аппаратуре МВ-120. В каждом из 10 различных образцов в описанном выше процессе сушки 0,5 г образца помещали в детектор влажности при температуре  $100 \pm 50^\circ\text{C}$  и эксперимент продолжали до достижения постоянного значения. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

– *Определение времени растворения.* В коническую колбу емкостью 100 мл добавляли 50 мл дистиллированной воды. В него засыпали 0,25 г порошка реагента, предварительно взвешенного на аналитических весах, и нажимали кнопку запуска секундомера. Смесь непрерывно перемешивали стеклянной палочкой. Когда реагент полностью растворился, секундомер останавливали и определяли время. С помощью этого метода исследовано время растворения в воде образцов кислотного и щелочного гидролиза ПАА. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы, растворимость в воде реагентов, полученных щелочным гидролизом ПАА, высока по сравнению с кислотностью, а время растворения невелико.



Таблица 2

**Определение массы при сушке реагентов на основе ПАА**

Кесте 2

**ПАА негізіндегі реагенттерді кептіру кезіндегі массаны анықтау**

Table 2

**Determination of mass during drying of reagents based on PAA**

Исследуемый образец	Результаты определения потери массы при сушке в различных температурах, %				
	образец при сушке 40°C	образец при сушке 50°C	образец при сушке 60°C	образец при сушке 70°C	образец при сушке 80°C
ПАА-К	6,2 ± 0,5%	5,6 ± 0,3%	4,7 ± 0,5%	4,0 ± 0,4%	3,4 ± 0,5%
ПАА-И	5,8 ± 0,4%	4,9 ± 0,5%	4,1 ± 0,4%	3,8 ± 0,5%	3,2 ± 0,4%

Таблица 3

**Время растворения реагентов на основе ПАА**

Кесте 3

**ПАА негізіндегі реагенттердің еру уақыты**

Table 3

**Dissolution time of PAA-based reagents**

Исследуемый образец	Время растворения в воде, мин.				
	образец при сушке 40°C	образец при сушке 50°C	образец при сушке 60°C	образец при сушке 70°C	образец при сушке 80°C
ПАА-К	315 ± 4	248 ± 3	207 ± 1	138 ± 4	93 ± 3
ПАА-И	254 ± 2	156 ± 4	73 ± 5	28 ± 2	29 ± 4

Таблица 4

**Результаты определения вязкости раствора реагентов на основе ПАА**

Кесте 4

**ПАА негізіндегі реагенттер ерітіндісінің тұтқырлығын анықтау нәтижелері**

Table 4

**Results of determination of the viscosity of a solution of reagents based on PAA**

Исследуемый образец	Вязкость, с.				
	образец при сушке 40°C	образец при сушке 50°C	образец при сушке 60°C	образец при сушке 70°C	образец при сушке 80°C
ПАА-К	512 ± 8	455 ± 6	372 ± 4	267 ± 5	184 ± 2
ПАА-И	427 ± 6	361 ± 5	249 ± 3	162 ± 2	56 ± 1

– *Определение вязкости раствора реагента.* Исследования проводились на вискозиметре Оствальда, который позволяет определить вязкость испытуемой жидкости по времени ее истечения. Для приготовления раствора 0,5 г порошкообразного реагента отбирали и переносили в коническую колбу. К нему добавляли 99,5 мл дистиллированной воды и перемешивали в течение 30 минут. Вязкость приготовленных растворов определяли отдельно на вискозиметре. Температура окружающей среды эксперимента составляла 30 ± 20С. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Обнаружена обратная зависимость вязкости 0,5%-ного раствора реагентов на основе ПАА-К и ПАА-И от температуры сушки. Также было замечено, что вязкость раствора реагентов, полученных кислотным гидролизом ПАА, выше, чем вязкость щелочного раствора.

– *Определение pH раствора реагента.* Для этого сначала отбирали 0,5 г реагента и помещали его в мерную колбу

вместимостью 100 мл и добавляли к нему 50 мл дистиллированной воды. Смесь перемешивали в течение 30 мин. Полученный раствор среды определяли потенциметрическим методом. Полученные результаты представлены в таблице-5.

Результаты анализа: изучены условия гидролиза ПАА в кислой и щелочной средах, полученные результаты сопоставлены и проанализированы. Исследования показали, что ПАА можно получить в качестве химического реагента, используемого при бурении, путем щелочного гидролиза. В частности, оптимальными условиями гидролиза оказались 20% раствора гидроксида (массовое соотношение 1:1), с помощью УЗ при температуре 70°C, продолжительность гидролиза 8 часов, температура сушки 70°C, продолжительность составляет 26 часов.

Физико-химические свойства реагента, полученного щелочным гидролизом ПАА, показали относительно по-

Таблица 5

*pH* раствора реагентов на основе ПАА

Кесте 5

ПАА негізіндегі реагенттер ерітіндісінің *pH*

Table 5

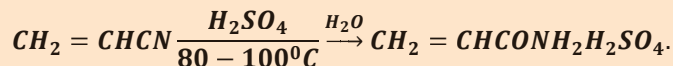
*pH* of a solution of reagents based on PAA

Исследуемый образец	pH раствора, %				
	образец при сушке 40°C	образец при сушке 50°C	образец при сушке 60°C	образец при сушке 70°C	образец при сушке 80°C
ПАА-К	3	3	3,4	2,7	3
ПАА-И	13	12,5	13	13	12

ложительные свойства. Однако было установлено, что время его плавления в 2 раза медленнее, чем у других аналогов. Это связано с высокой молекулярной массой полученного химического реагента. Для решения этой проблемы проводятся исследования по синтезу химического реагента из мономера (акрилонитрила).

### Полученные результаты

Акриламид из акрилонитрила можно получить в результате реакции кислоты  $NH_3$  с ангидридом соляной или акриловой кислоты или ее метиловым эфиром. В промышленности синтез акриламида осуществляют по следующей схеме:



Необходимые вещества для процесса синтеза отмеряли следующим образом: 53 г акрилонитрила, 100 г 98%-ной серной кислоты, 18 мл воды. Процесс проводили в трехгорлой термостойкой колбе на масляной бане при температуре 80-90°C в течение 5 часов. Также для управления процессом полимеризации были необходимы ингибиторы (соли меди, железа и др.). В исследовании использовался медный купорос. Учитывая, что этот процесс является экзотермическим, обеспечивалось условие, чтобы испаряющиеся вещества конденсировались в обратном холодильнике и попадали в колбу.

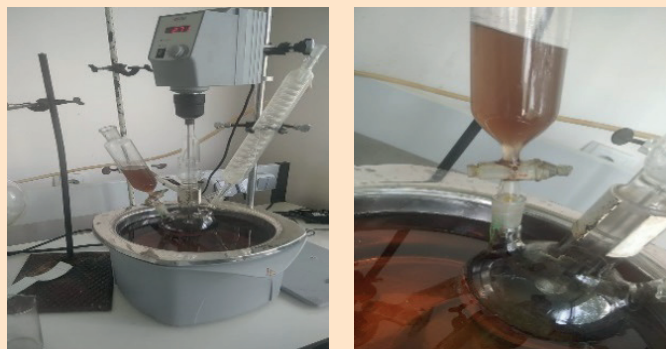


Рис. 2. Процесс синтеза.  
Сурет 2. Синтез процесі.  
Figure 2. Synthesis process.

Акриламид – это бесцветные кристаллы без запаха; акриламид растворим в воде, метаноле, этаноле, ацетоне, диоксане, хлороформе; мало растворим в бензоле и гептане (0,28 и 0,03 г в 100 мл).

Определены оптимальные условия синтеза акриламида из мономера акрилонитрила, мольное соотношение мономера, концентрированного сульфата и воды составляло 1:1:1, его проводили на масляной бане при постоянном перемешивании со скоростью 250-300 оборотов в минуту, температура 80-90°C, длительность реакции 5 часов, проведены исследования по очистке акриламида, полученного на основе акрилонитрила, от различных посторонних ионов.

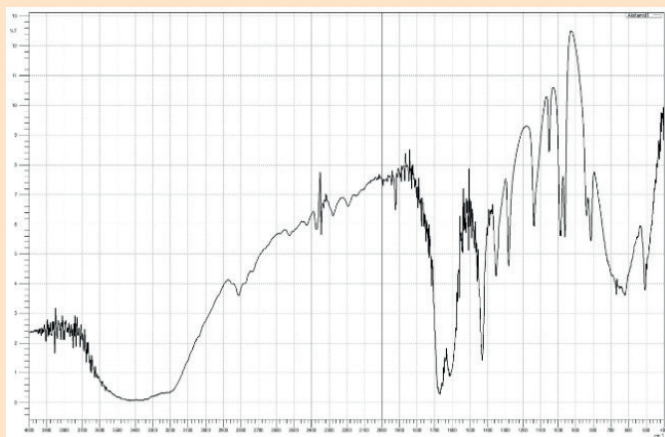
Катионит использовали для замены катионов меди, бария, серебра и кальция в растворе акриламида катионами водорода (рис. 3). Первоначально катионит активировали 0,2 н. раствором серной кислоты, а анионит – 0,2 н. раствором щелочи в течение одних суток. Раствор акриламида сначала пропускали через колонку, заполненную катионитом (со скоростью 15-20 капель/мин). Анионит использовали для замены сульфат- и хлорид-анионов в растворе акриламида на гидроксил-анион. Для этого раствор акриламида пропускали через колонку, заполненную анионитом, со скоростью 17-20 капель/мин.



Рис. 3. Удаление анионов и катионов в растворе акриламида.

Сурет 3. Акриламид ерітіндісіндегі аниондар мен катиондарды жою.

Figure 3. Removal of anions and cations in acrylamide solution.



**Рис. 4. ИК-спектрометрия акриламида.**  
**Сурет 4. Акриламидтің ИК спектрометриясы.**  
**Figure 4. IR spectrometry of acrylamide.**

На следующем этапе очищенный от ионов раствор акриламида закачивали водой в роторный испаритель под вакуумом (0,1 атм) при температуре  $38 \pm 2^\circ\text{C}$ . Затем акриламид аккуратно выделяли осаждением с использованием органических растворителей. Выход составляет 87,4%.

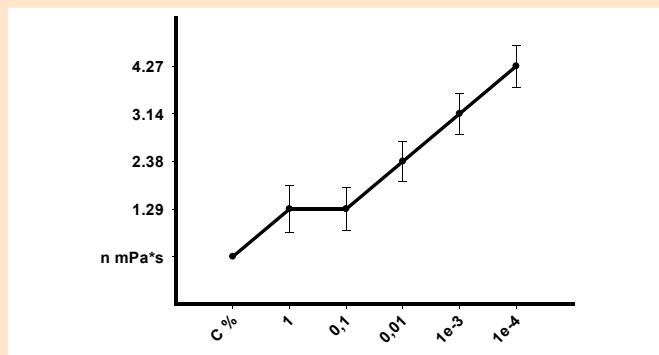
Физико-химические свойства полученного после синтеза акриламида заключаются в том, что мономер акриламида хорошо растворяется в воде, ацетоне и этаноле. Очень мало растворим в бензоле. Определено, что температура плавления  $84,5^\circ\text{C}$ , температура кипения  $215^\circ\text{C}$ .

Идентификацию акриламида (качественный анализ) проводили методом ИК-спектроскопии (Shimadzu, Япония) (рис. 4). В спектре акриламида видно, что имеются полосы поглощения при  $1617$  и  $1672\text{ см}^{-1}$ , характерные для амидной функциональной группы, и  $1441\text{ см}^{-1}$ , характерные для карбонильной группы. Это подтверждает, что полученное вещество является акриламидом.

Вязкость приготовленных растворов определяли отдельно на вискозиметре. Полученные результаты представлены на рисунке 5.

#### Закключение

Как видно из рисунка 5, первоначально с увеличением концентрации ДТАКС вязкость раствора уменьшалась.



**Рис. 5. Концентрационная зависимость вязкости раствора реагента, модифицированного ДТАКС.**  
**Сурет 5. Өзгертілген реагент ерітіндісінің тұтқырлығының концентрациялық тәуелділігі ДТАКС.**  
**Figure 5. Concentration dependence of the viscosity of the reagent solution modified by DTAX.**



**Рис. 6. Национальный буровой реагент типа ПАА-СА.**  
**Сурет 6. ПАА-СА типті Ұлттық бұрғылау реагенті.**  
**Figure 6. National drilling reagent of the PAA-SA type.**

Но увеличение концентрации от 0,1% не повлияло на вязкость раствора. В результате исследований разработан высококачественный местный буровой реагент на основе акриламида.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нескоромных В.В. Оптимизация в геологоразведочном производстве. // ИНФРА-М. – 2015. – С. 138-153 (на русском языке)
2. Николаев Н.И., Леушева Е.Л. Теоретические и экспериментальные исследования эффективности бурения твердых горных пород. // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – Вып. 15. – С. 38-46 (на русском языке)
3. Имамов Р., Аширов Ф.У. Создание и внедрение в производство рецептур безглинистых и малоглинистых полимерных буровых растворов с разработкой практических рекомендаций по рациональному применению на объектах ГРП. // Отчет по госбюджетной теме №1114 за 2015-2017 гг. – 2017. – С. 155 (на русском языке)
4. Мирзиеев Ш.М. Мы будем решительно продолжать наш путь национального развития и поднимать его на новый уровень. // Издательство Узбекистан. – 2017. – С. 592 (на узбекском языке)

5. Ashirov F.U., Khasanov J.Sh., Masariddinov A.Kh., Yusupov A.A. Полимерный гель и буровые смеси из местного сырья производства Узбекистана. // Международный журнал инженерных и информационных систем. – 2020. – Т. 4. – Вып. 11. – С. 15 (in English)
6. Рябокин С.А. Технологические жидкости для заканчивания и ремонта скважин. // НИЦ ИНФРА-М. – 2018. – С. 382 (на русском языке)
7. Иمامов Р., Аширов Ф.У. Основные направления разработки буровых растворов для скоростного алмазного бурения в осложненных разрезах. // Геология и минеральные ресурсы. – 2019. – Вып. 3. – С. 66-68 (на русском языке)
8. Ashirov F.U., Kobilov Z.M. Анализ гидролиза местных реагентов с целью создания отечественного реагента. // Международная научно-практическая конференция. – 2022. – С. 298-300 (на узбекском языке)
9. Муратов Н.Д., Жаббаров Б.Н. Ўзбекистон Республикасида уран конларининг геологик хусусиятлари. // Журнал Геология и минеральные ресурсы. – 2023. – Вып. 1. – С. 23-25 (на русском языке)
10. Нурматов У.Д., Аширов Ф.У., Иمامов Р. Полимерно-гелевые и низкогелевые буровые растворы, изготовленные из местного сырья в Узбекистане. // Журнал Геология и минеральные ресурсы. – 2018. – Вып. 3. – С. 76-78 (на узбекском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Геологиялық барлау өндірісіндегі оңтайландыру. // ИНФРА-М. – 2015. – Б. 138-153 (орыс тілінде)
2. Николаев Н.И., Леушева Е.Л. Қатты жыныстарды бұрғылау тиімділігін теориялық және эксперименттік зерттеу. // ПНИПУ хабаршысы. Геология. Мұнай-газ және тау-кен дело. – 2015. – Шығ. 15. – Б. 38-46 (орыс тілінде)
3. Иمامов Р., Аширов Ф.У. ГРП объектілерінде ұтымды қолдану бойынша практикалық ұсынымдар әзірлей отырып, сазсыз және аз сазды полимерлі бұрғылау ерітінділерінің рецептураларын жасау және өндіріске енгізу. // 2015-2017 жж. №1114 мемлекеттік бюджеттік тақырып бойынша есеп. – 2017. – Б. 155 (орыс тілінде)
4. Мирзиеев Ш.М. Біз ұлттық дамуға жолымызды жалғастырамыз және оны жаңа деңгейге шығарамыз. // Өзбекстан Баспасы. – 2017. – Б. 592 (өзбек тілінде)
5. Ashirov F.U., Khasanov J.Sh., Masariddinov A.Kh., Yusupov A.A. Полимерлі гель және Өзбекстанда өндірілген жергілікті шикізаттан жасалған мұнай мөлшері аз ұңғымаларды бұрғылауға арналған қоспалар. // Халықаралық инженерлік және ақпараттық жүйелер журналы (IJAS) ISSN: 2643-640x. – 2020. – Т. 4. – Шығ. 11. – №11. – Б. 15 (ағылшын тілінде).
6. Рябокин С.А. Ұңғымаларды аяқтауға және жөндеуге арналған технологиялық сұйықтықтар. // НИЦ ИНФРА-М. – 2018. – Б. 382 (орыс тілінде)
7. Иمامов Р., Аширов Ф.У. Күрделі бөлімдерде жоғары жылдамдықты алмас бұрғылау үшін бұрғылау ерітінділерін әзірлеудің негізгі бағыттары. // Геология және минералды ресурстар. – 2019. – Шығ. 3. – Б. 66-68 (орыс тілінде)
8. Аширов Ф.У., Кобилов З.М. Ұлттық реагентті құру мақсатында жергілікті реагенттердің гидролизіне талдау жүргізілді. // Халықаралық ғылыми-практикалық конференция. – 2022. – Б. 298-300 (өзбек тілінде)
9. Мұратов Н.Д., Джаббаров Б. Н. Өзбекстан Республикасындағы уран кен орындарының геологиялық ерекшеліктері. // Журнал Геология және минералды ресурстар. – 2023. – Шығ. 1. – Б. 23-25 (орыс тілінде)
10. Нурматов У.Д., Аширов Ф.У., Иمامов Р. Өзбекстандағы отандық шикізаттан жасалған полимергелли және камгилли бұрғылау ерітінділері. // Журнал Геология және минералды ресурстар. – 2018. – Шығ. 3. – Б. 76-78 (өзбек тілінде)

#### REFERENCES

1. Neskornnykh V.V. Optimizatsiya v geologorazvedochnom proizvodstve [Optimization in geological exploration production]. // INFRA-M. – 2015. – P. 138-153 (in Russian)
2. Nikolayev N.I., Leusheva Ye.L. Teoreticheskiye i eksperimentalnyye issledovaniya effektivnosti bureniya tverdyh gornyh porod [Theoretical and experimental studies of the efficiency of drilling of solid rocks]. // Vestnik PNIPU. Geologiya. Neftgazovoye i gornoye delo = Bulletin of PNRPU. Geology. Oil and gas and mining. – 2015. – No.15. – P.38-46 (in Russian)
3. Imamov R., Ashirov F.U. Sozdaniye i vnedreniye v proizvodstvo retseptur bezglinistykh i maloglinistykh polimernykh burovyyh rastvorov s razrabotkoy prakticheskix rekomendatsiy po ratsionalnomu primeneniyu na obyektax GRR [Creation and introduction into production of formulations of clay-free and low-clay polymer drilling fluids with the development of practical recommendations for rational

- use at exploration sites]. // *Otchet po gosbyudjetnoy teme №1114 za 2015-2017 gg. = Report on the state budget topic No.1114 for 2015-2017 №1114 za 2015-2017 gg. – 2017. – P. 155 (in Russian)*
4. Mirziyeev Sh.M. Milliy taraqqiyot yo‘limizni qatiyat bilan davom ettirib, yangicha bosqichga ko‘taramiz [We will continue our path to national development and take it to a new level]. // *O‘zbekiston nashriyoti = Publishing house Uzbekistan. – 2017. – P.592 (in Uzbek)*
  5. Ashirov F.U., Khasanov J.Sh., Masariddinov A.Kh., Yusupov A.A. Polymer Gel and Low Gill Drilling Mixes Made From Local Raw Materials Made In Uzbekistan. // *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS) ISSN: 2643-640X. – 2020. – Vol. 4. – Issue 11. – P. 15 (in English)*
  6. Ryabokin S.A. Texnologicheskiye jidkosti dlya zakanchivaniya i remonta skvajin [Technological fluids for completion and repair of wells]. // *SIC INFRA-M. – 2018. – P. 382 (in Russian)*
  7. Imamov R., Ashirov F.U. Основные направления разработки буровых растворов для скоростного алмазного бурения в осложнённых разрезах [The main directions of development of drilling fluids for high-speed diamond drilling in complicated sections]. // *Geologiya i mineralnye resursy = Geology and Mineral resources. – 2019. – Issue 3. – P. 66-68 (in Russian)*
  8. Ashirov F.U., Kobilov Z.M. Milliy reagent yaratish maqsadida, mahalliy reagentlarni gidrolizlash tahlili [In order to create a national reagent, the analysis of hydrolysis of local reagents]. // *Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferensiya = International scientific and practical conference. – 2022. – P. 298-300 (in Uzbek)*
  9. Muratov N.D., Zhabbarov B.N. O‘zbekiston Respublikasida uran konlarining geologik xususiyatlari [Geological features of uranium deposits in the Republic of Uzbekistan]. // *Geologiya i mineralnye resursy = Journal of Geology and Mineral Resources. – 2023. – Issue 1. – P. 23-25 (in Russian)*
  10. Nurmatov U.D., Ashirov F.U., Imamov R. O‘zbekistonda mahalliy xom ashyolardan tayyorlangan polimergelli va kam gilli burg‘ilash eritmalari [Polymergel and low-clay Drilling Solutions made from domestic raw materials in Uzbekistan]. // *Jurnal Geologiya i mineralnye resursy = Journal of Geology and Mineral Resources. – 2018. – Issue 3. – P. 76-78 (in Uzbek)*

**Сведения об авторах:**

**Аширов Ф.У.**, начальник лаборатории государственного учреждения «Институт минеральных ресурсов» при Университете геологических наук Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан), [furkat-2283@mail.ru](mailto:furkat-2283@mail.ru); <https://orcid.org/0009-0001-3156-3282>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Аширов Ф.У.**, Ўзбекистон Республикасы тау-кен өнеркәсібі және геология министрлігі Геология ғылымдары университетінің жанындағы «Минералдық ресурстар институты» мемлекеттік мекемесінің зертхана бастығы (Ташкент қ., Өзбекистан)

**Information about the authors:**

**Ashirov F.U.**, Head of the laboratory of the state institution «Institute of Mineral Resources» at the University of Geological Sciences of the Ministry of Mining Industry and Geology of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan)



# miningmetals

CENTRAL ASIA


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


17 - 19 сентября 2024  
Алматы, Казахстан



Организаторы

Iteca - тел.: +7 727 258 34 34

 [mining-metals.kz](http://mining-metals.kz)

 [mining\\_shows\\_kaz](https://www.instagram.com/mining_shows_kaz)

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



Код МРНТИ 52.47.15

Ж.С. Сарқұлова, \*А.С. Қуанышева, Н.Б. Қаржаубай, А.Т. Қазыбек  
Aktobe regional university named after K. Zhubanov (Ақтөбе қ., Қазақстан)

## БҰРҒЫЛАУДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛАР ЖӘНЕ ҰҢҒЫМАЛАРДЫ ТАЗАРТУДЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

**Аннотация.** «Ұңғымаларды Бұрғылаудағы инновациялар және мұнайды тазарту технологиялары: Тұрақты энергияға жол» мақаласы мұнай-газ өнеркәсібінде мұнай мен газ өндірудің тиімділігін арттыру, сондай-ақ қоршаған ортаға әсерді азайту үшін қолданылатын заманауи әдістер мен технологияларды зерттейді. Мақалада көлденең бұрғылау, көп ұңғыма платформалары, бұрғылау машиналарын Автоматтандыру және ІТ технологияларын пайдалану сияқты инновациялар қарастырылады. Ұңғымаларды бұрғылау мен мұнайды өңдеудің заманауи тенденцияларына шолу жасалады, олардың тұрақты энергияға жету жолындағы маңыздылығын көрсетеді. Мақала сонымен қатар Мақала әдебиеттерді шолуға және ұңғымаларды бұрғылау, мұнай тазарту технологиялары және мұнай-газ саласындағы инновациялар саласындағы заманауи басылмалар мен зерттеулерді талдауға негізделген.

**Түйінді сөздер:** ұңғымаларды бұрғылау, мұнайды тазарту, тұрақты энергия, бұрғылау машиналарын автоматтандыру, ІТ-технологиялар, экологиялық тұрақтылық, орондар.

### Innovations in drilling and modern well cleaning technologies

**Abstract.** The article «Innovations in well drilling and oil refining Technologies: the path to sustainable energy» explores modern methods and technologies used in the oil and gas industry to improve the efficiency of oil and gas production, as well as reduce environmental impact. The article discusses such innovations as horizontal drilling, multithreaded platforms, automation of drilling machines and the use of IT technologies. An overview of current trends in well drilling and oil refining is given, demonstrating their importance on the way to achieving sustainable energy. The article is also based on a literature review and analysis of modern publications and research in the field of well drilling, oil purification technologies and innovations in the oil and gas industry.

**Key words:** well drilling, oil refining, sustainable energy, automation of drilling machines, IT technologies, environmental sustainability, drones.

### Инновации в бурении и современные технологии очистки скважин

**Аннотация.** В статье «Инновации в бурении скважин и технологии очистки нефти: путь к устойчивой энергии» исследуются современные методы и технологии, используемые в нефтегазовой промышленности для повышения эффективности добычи нефти и газа, а также снижения воздействия на окружающую среду. В статье рассматриваются такие инновации, как горизонтальное бурение, многопоточные платформы, автоматизация буровых машин и использование ИТ-технологий. Дается обзор современных тенденций бурения скважин и переработки нефти, демонстрирующих их важность на пути к достижению устойчивой энергии. Статья также основана на обзоре литературы и анализе современных публикаций и исследований в области бурения скважин, технологий очистки нефти и инноваций в нефтегазовой отрасли.

**Ключевые слова:** бурение скважин, очистка нефти, устойчивая энергия, автоматизация буровых машин, ИТ-технологии, экологическая устойчивость, дроны.

### Кіріспе

Мұнай өнеркәсібі өмірдің әртүрлі салаларына қажетті энергияның көп бөлігін қамтамасыз ете отырып, әлемдік экономикада шешуші рөл атқарады. Дегенмен, мұнай өндіру мен пайдалану да маңызды экологиялық және экономикалық мәселелермен байланысты. Мұнай өндіру процесінің маңызды кезеңі ол, ұңғымаларды бұрғылау болып табылады және осы мақалада біз осы саладағы инновациялардың тұрақты энергияға қарай қозғалысқа қалай ықпал ететінін қарастырамыз.

Көлденең бұрғылау және көп ұңғымалы платформалары мұнай мен газ өндірісінің тиімділігін арттыруға қалай ықпал ететінін егжей-тегжейлі қарастырайық:

#### 1. Көлденең бұрғылау:

Көлденең бұрғылау-бұл ұңғыма тігінен басталып, содан кейін көлденең бағытқа ауысатын әдіс. Бұл тәсілдің бірнеше артықшылығы бар:

– *Байланыс аймағын ұлғайту:* көлденең бұрғылау ұңғыманың күрделі тау жыныстары мен құмтастарға енуіне мүмкіндік береді, бұл мұнай немесе газ резервуарымен байланыс аймағын арттырады. Бұл өндірісті арттыруға және бастапқы қорларды көбейтуге ықпал етеді.

– *Қысымның жоғалуын азайту:* көлденең бұрғылау тік ұңғымалармен салыстырғанда қысымның жоғалуын азайтады, бұл мұнай мен газды тиімді алуға ықпал етеді.

– *Табиғи ортаға араласуды азайту:* көлденең ұңғымалар жерден аз орын қажет ететіндіктен, олар қоршаған ортаға аз әсер етеді және оларды жасайру немесе жасайру оңайырақ.

#### 2. Көп ұңғымалы платформалар:

Көп ұңғыма платформалары-бір платформадан бірнеше ұңғымаларды бұрғылауға және пайдалануға мүмкіндік

беретін инновациялық құрылымдар. Бұл платформалар бірнеше артықшылықтар береді:

– *Уақыт пен ресурстарды үнемдеу:* көп ұңғымалы платформалар бірнеше Ұңғымаларды бір нүктеден бұрғылауға және ұстауға мүмкіндік береді, бұл жабдықтар мен персоналдың шығындарын азайтады, сонымен қатар жаңа ұңғымаларды бұрғылау уақытын қысқартады.

– *Жалпы өндірісті ұлғайту:* көп ұңғыма платформалары олардың конфигурациясы резервуардың әртүрлі аймақтарына жетуге мүмкіндік беретін етіп жасауға болады, бұл жалпы мұнай мен газ өндірісін арттыруға көмектеседі.

– *Экологиялық әсерді азайту:* кен орнындағы платформалар мен жабдықтардың аз болуы қоршаған ортаға әсерді азайтады, сонымен қатар апаттар қауіпін азайтады.

Көлденең бұрғылау және көп ұңғымалы платформалары мұнай мен газ өндірісінің тиімділігін едәуір жақсартатын, экологиялық әсерді төмендететін және кен орындарының жалпы өнімділігін арттыратын негізгі технологиялық инновациялар болып табылады. Бұл әдістер неғұрлым тұрақты және тиімді мұнай-газ өнеркәсібі бағытындағы маңызды қадам болып табылады.

### Материалдар мен әдістер

Автоматтандыру және ІТ технологиялары бар бұрғылау машиналарын пайдалану ұңғымаларды бұрғылау процесінің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырудағы маңызды қадам болып табылады. Бұл инновациялар дәлдікті жақсартуға және бұрғылау процесін бақылауға ықпал етеді.

Кесте 1

*Бұрғылау процесін бақылауға көмектесетін инновация түрлерінің атқаратын қызметтері*

Table 1

*Functions of innovation types that help control the drilling process*

Таблица 1

*Функции типов инноваций, которые помогают контролировать процесс бурения*

Бұрғылау машиналарын автоматтандыру	IoT сенсорлары
Дәлдікті арттыру: автоматтандырылған Бұрғылау машиналары заманауи навигация және басқару жүйелерімен жабдықталған, бұл оларға берілген бұрғылау траекториясын дәл орындауға мүмкіндік береді. Бұл қатаң анықталған геологиялық сипаттамаларды сақтау қажет көлденең бұрғылау кезінде маңызды.	Нақты уақыттағы бақылау: бұрғылау машинасында және ұңғымада орналастырылған IoT сенсорлары жабдықтың күйі мен бұрғылау процесі туралы нақты уақыттағы ақпаратты береді. Бұл операторларға өндіріс процестерін дәлірек бақылауға және оңтайландыруға мүмкіндік береді.
Орнату уақытын қысқарту: автоматтандыру бұрғылау машинасын дайындау және конфигурациялау процесін жеңілдетеді, бұл техникалық қызмет көрсету уақытын қысқартады және ресурстарды тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді.	Апаттарды болжау және алдын алу: IoT сенсорларынан алынған деректерді талдау ықтимал проблемалар мен төтенше жағдайларды ерте кезеңдерде анықтауға мүмкіндік береді. Бұл қауіпсіздікті арттыру және тәуекелдерді азайту арқылы олардың алдын алу шараларын қабылдауға мүмкіндік береді.
Қауіпсіздікті жақсарту: автоматтандырылған машиналар адамның қағысуынсыз үлкен тереңдікте немесе қиын тау жағдайында бұрғылау сияқты қауіпті тапсырмаларды орындай алады, бұл кәсіби жарақат алу қаупін азайтады.	Ресурстарды оңтайландыру: IoT технологиялары энергия, су және жабдық сияқты ресурстарды тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді, бұл шығындарды азайтуға және тұрақтылықты жақсартуға көмектеседі.

Автоматтандыру және IT-технологиялары бар бұрғылау машиналарын пайдалану мұнай-газ өнеркәсібінде стандартқа айналуда. Олар ұңғымаларды бұрғылаудың дәлдігін, өнімділігін және қауіпсіздігін бірлесіп жақсартады, бұл энергия ресурстарын тиімдірек өндіруге және экологиялық әсерді азайтуға ықпал етеді.

Ұңғымаларды бұрғылау және мұнай тазарту технологияларында инновацияларды сәтті қолданатын көптеген компаниялар бар.

Бұл компаниялар өз қызметінің тиімділігі мен тұрақтылығын арттыру, сондай-ақ қоршаған ортаға теріс әсерді азайту үшін Ұңғымаларды бұрғылау және мұнай тазарту технологияларын белсенді түрде енгізетіндердің бірнеше мысалы ғана.

Және де осы тұрғыда ұңғымаларды тексеру мен қызмет көрсетудегі автономды роботтар мен дрондар туралы да айта кеткен жөн. Автономды роботтар мен дрондар мұнай-газ өнеркәсібіндегі ұңғымаларды тексеру мен қызмет көрсетуде маңызды рөл атқарады. Оларды қолдану тиімділікті арттыруға, жұмысшылар үшін тәуекелдерді азайтуға және экологиялық әсерді азайтуға ықпал етеді. Олардың өз функцияларын қалай орындайтындығын жіктейік:

### 1. Инспекция және мониторинг:

*Дрондар:* дрондарды аэрофототүсірілім жүргізу және ұңғымаларды ауадан бейне жазу үшін пайдалануға болады. Бұл операторларға инфрақұрылымның жай-күйін бақылауға, ықтимал проблемаларды анықтауға және биік немесе қауіпті жерлер сияқты адам қолы жетпейтін аймақтарды бақылауға мүмкіндік береді.

Кесте 2

*Қазіргі таңдағы ұңғымаларды бұрғылау мен мұнайды тазартудағы жаңа технологияларды енгізген компаниялардың жетістіктері*

Table 2

*Achievements of modern companies that have introduced new technologies in well drilling and oil refining*

Таблица 2

*Достижения современных компаний, внедривших новые технологии в бурение скважин и очистку нефти*

Компания	Жоба	Жетістіктері
<b>Saudi Aramco</b>	Көлденең бұрғылау	Күрделі кен орындарынан өндіруді ұлғайту
<b>Exxon-Mobil</b>	IoT-ұңғымаларды бақылау	Бұрғылаудың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыру
<b>Chevron</b>	Мұнайды тазарту әдістері	Экологиялық әсерді азайту
<b>BP</b>	Экологиялық қауіпсіз тазарту әдістері	Апаттар мен ағып кетулердің әсерін азайту
<b>Schlumberger</b>	Бұрғылаудың заманауи технологиялары	Бұрғылаудың озық әдістерін зерттеу және әзірлеу



*Су астындағы Роботтар:* су астындағы ұңғымалар жағдайында су астындағы роботтар үлкен тереңдікте күй мен жабдықты бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін. Олар судың қысымын, температурасын және құрамын өлшейтін сенсорлармен жабдықталуы мүмкін.

## 2. Техникалық қызмет көрсету және жөндеу:

*Робот-манипуляторлар:* автономды роботтар ұңғымалардың ішіндегі жабдықты ауыстыру немесе жөндеу сияқты әртүрлі техникалық қызмет көрсету тапсырмаларын орындай алады. Олар күрделі операцияларды айтарлықтай тереңдікте орындау үшін бағдарламалануы мүмкін.

*Жүк көтергіш дрондар:* мамандандырылған жүк көтергіш дрондарды жабдықты жету қиын жерлерге жеткізу және орнату үшін пайдалануға болады, бұл ауыр жабдықтар мен адам ресурстарына деген қажеттілікті азайтады.

## 3. Қауіпсіздік және экология:

*Ағып кетуді бақылау:* дрондар мен роботтар мұнай немесе газдың ағып кетуін бақылау және анықтау үшін қолданылуы мүмкін, бұл төтенше жағдайларға жедел әрекет етуге және экологиялық әсерді азайтуға көмектеседі.

*Тәуекелдерді азайту:* автономды роботтар мен дрондарды пайдалану жұмысшылар үшін қауіпті азайтады, әсіресе жоғары тереңдіктегі немесе жоғары температурадағы ұңғымалар сияқты қауіпті жағдайларда.

## 4. Экономикалық жағынан:

*Шығындарды азайту:* автономды роботтар мен дрондар операциялық шығындарды төмендетуі мүмкін, өйткені олар еңбекақы төлеуді қажет етпейді және үзіліссіз ұзақ уақыт жұмыс істей алады.

Тұтастай алғанда, роботтық жүйелер мен дрондар мұнай-газ өнеркәсібінің ажырамас бөлігіне айналып, Ұңғымаларды тиімдірек өндіруге және қызмет көрсетуге, тәуекелдерді азайтуға және экологиялық тұрақтылыққа ықпал етеді.

Мұнай мен газды тазартудың заманауи әдістері флотация сияқты дәстүрлі әдістерге қарағанда айтарлықтай артықшылықтарға ие. Олар жоғары тиімділікті, экологиялық әсерді азайтуды және қауіпсіздік стандарттарын сақтауды қамтамасыз етеді.

Мұнай мен газды тазартудың заманауи әдістері процестердің тиімділігін арттыруға, өнім сапасын жақсартуға және қоршаған ортаға әсерді азайтуға әкеледі. Бұл әдістер мұнай-газ өнеркәсібіндегі қауіпсіздік пен экологиялық тұрақтылық стандарттарының сақталуына ықпал етеді.

## Нәтижелерін талдау және қорытынды

Үнемі өзгеріп отыратын энергетикалық ландшафт пен өсіп келе жатқан экологиялық талаптарды ескере отырып, Ұңғымаларды Бұрғылаудағы инновациялар мен мұнайды тазарту технологиялары тұрақты болашақ энергетиканы қамта-

*Кесте 3*

*Мұнай мен газды тазартудың заманауи әдістері*

*Table 3*

*Modern methods of oil and gas purification*

*Таблица 3*

*Современные методы очистки нефти и газа*

Заманауи әдістер	Әдістің мәні
Электростатикалық тұндыру	Бұл әдіс мұнай-газ ағындарынан бөлшектер мен май сияқты ұсақ бөлшектер мен аралас фазаларды тұндыру үшін электр өрістерін пайдаланады. Ол ластануды тиімді түрде жояды және мұнай сапасын жақсартуға көмектеседі.
Ультрадыбыстық тазарту	Мұнай және газ ағындарындағы агломераттар мен ластаушы заттарды жою және жою үшін ультрадыбысты қолдану. Бұл әдіс әсіресе шикі мұнайды өңдеу және тоқтатылған бөлшектерді тазарту үшін пайдалы.
Мембраналық сүзгілер	мұнай, су және газды бөлу үшін мембраналық сүзгілер мен мембраналық процестер қолданылады. Олар фазаларды тиімді бөлуге және мұнай сапасын жақсартуға ықпал етеді.
Нанотехнологияларды қолдану	Наноматериалдар мен нанотехнологиялар мұнай мен газды тазарту процестерін жақсарту үшін қолданылады. Оларды ластаушы заттарды ұстау және фазалардың бөлінуін жақсарту үшін пайдалануға болады.
Химиялық реагенттерді қолдану	Арнайы реагенттерді енгізу сияқты химиялық процестер тазарту процестерін жақсартуға, сондай-ақ эмульсиялардың түзілуін азайтуға және мұнайдың тұтқырлығын төмендетуге көмектеседі.
Мембраналық бөлу	Бұл әдіс мұнайдағы сұйық және газ фазаларын бөлу үшін мембраналық сүзгілер мен мембраналық процестерді қолдануға негізделген. Ол мұнайдан су мен газдың бөлінуіне ықпал етеді, бұл өнімнің сапасын жақсартады.
Биотехнология	Кейбір компаниялар ластаушы заттарды ыдырату және мұнай мен Газды өңдеу үшін микробтар мен бактериялар сияқты биотехнологияларды қолдану мүмкіндігін зерттеп жатыр.

масыз етудің негізгі факторларына айналуға. Олар мұнайдың тиімді өндірілуіне ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар қоршаған ортаға жағымсыз әсерлерді азайтуға көмектеседі. Мұнай өнеркәсібінің тұрақтылығына және энергетикалық ресурстарды үнемді пайдалануға ықпал ететін жаңа технологиялар мен әдістерді әзірлеу үшін зерттеулерді, инвестицияларды және ынтымақтастықты жалғастыру маңызды.

Ұңғымаларды бұрғылау энергияға әлемдік сұранысты қамтамасыз ете отырып, мұнай-газ өнеркәсібінің маңыз-

ды элементі болып қала береді. Алайда, өсіп келе жатқан экологиялық және геосаяси сын-қатерлерді ескере отырып, инновациялар мен қауіпсіздік стандарттарын сақтау осы саланың ажырамас бөлігіне айналуға. Ұңғымаларды тұрақты, қауіпсіз және тиімді бұрғылауды қамтамасыз ететін, сондай-ақ қоршаған ортаға теріс әсерді азайтатын жаңа технологиялар мен әдістерді әзірлеу үшін зерттеулерді, инвестицияларды және ынтымақтастықты жалғастыру қажет.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Журавлев Г.И. Ұңғымаларды бұрғылау және геофизикалық зерттеу. // Оқу құралы. Лань – М. – 2018 (орыс тілінде)
2. Зварыгин В.И. Бұрғылау станоктары және ұңғымаларды бұрғылау. // Оқу құралы. Гриф МО РФ; ИНФРА-М – М. – 2018 (орыс тілінде)
3. Нескоромных В.В. Ұңғымаларды бұрғылау. // Оқу құралы. Инфра-М, Сібір федералды университеті СФУ – М. – 2015. – Б. 352 (орыс тілінде)
4. Храменков В.Г. Мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылаудың технологиялық процестерін басқаруды автоматтандыру. Оқу құралы; Юрайт – М. – 2016. – Б. 416 (орыс тілінде)
5. Храменков В.Г. Мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылаудың технологиялық процестерін басқаруды автоматтандыру. // Академиялық бакалавриатқа арналған оқу құралы. Юрайт – М. – 2016 (орыс тілінде)
6. Sudakov A., Chudyk I., Sudakova D., Dziubyk L. Термопластикалық материалдармен сіңіру аймақтарын оқшаулаудың инновациялық технологиясы. // E3S Веб-конференция. – 2019. – Т. 123. – Б. 1-10 (ағылшын тілінде)
7. Сыздықов А.Х., Ильницкая Г.Д. Алмазды бұрғылау тәждерін жетілдірудің негізгі бағыттары. // Мұнай және газ. – Алматы, 2021. – №5(125). – Б. 46-59 (орыс тілінде)
8. Devereux S. Техникалық емес тілде бұрғылау технологиясы. // Пеннуэлл Кітаптары. – 2012 (ағылшын тілінде)
9. Wilson C. Chin. Қысыммен басқарылатын бұрғылау. // Эльзевир Туралы Ғылым. – 2018 (ағылшын тілінде)
10. John Wiley & Sons. Мұнайдың төгілуіне қарсы ғылым мен техника бойынша анықтамалық. // Мерв Фингас. – 2015 (ағылшын тілінде)

#### REFERENCES

1. Zhuravlev G.I. Burenie i geofizicheskie issledovaniya skvazhin [Drilling and geophysical research of wells]. // Uchebnoe posobie = Study guide. Lan – M. – 2018 (in Russian)
2. Zvarygin V.I. Burovye stanki i burenie skvazhin [Drilling rigs and well drilling]. // Uchebnoe posobie = Study guide. Grif MO RF; INFRA-M – M. – 2018 (in Russian)
3. Neskormnykh V.V. Burenie skvazhin [Drilling wells]. // Uchebnoe posobie = Study guide. Infra-M, Siberian Federal University SF – M. – 2015. – P. 352 (in Russian)
4. Khramenkov V.G. Avtomatizatsiya upravleniya tekhnologicheskimi protsessami bureniya neftegazovykh skvazhin [Automation of technological process control drilling of oil and gas wells]. // Uchebnoe posobie = Study guide. Yurayt – M. – 2016. – P. 416 (in Russian)
5. Khramenkov V.G. Avtomatizatsiya upravleniya tekhnologicheskimi protsessami bureniya neftegazovykh skvazhin [Automation of technological process control drilling of oil and gas wells]. // Uchebnoe posobie dlya akademicheskogo bakalavriata = Textbook for academic bachelor's degree. Yurayt – M. – 2016 (in Russian)
6. Sudakov A., Chudyk I., Sudakova D., Dziubyk L. Innovative technology of isolation of the absorption zone by thermoplastic materials. // Web Conference. – 2019. – Vol. 123. – P. 1-10 (in English)
7. Syzdykov A.Kh., Ilnitskaya G.D. Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniyaalmaznykh burovnykh koronok [The main directions of improvement of diamond drill bits]. // Neft i gaz = Oil and gas. – Алматы, 2021. – №5(125). – P. 46-59 (in Russian)
8. Steve Devereux. Drilling technology in a non-technical language. // PennWell Books. – 2012 (in English)
9. Wilson C. Chin. Controlled drilling under pressure. // Elsevier Science. – 2018 (in English)
10. John Wiley & Sons. Handbook of Oil Spill Control Science and Technology. // Merv Fingas 2015 g. (in English)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Журавлев Г.И. Бурение и геофизические исследования скважин. // Учебное пособие. Лань – М. – 2018 (орыс тілінде)
2. Зварыгин В.И. Буровые станки и бурение скважин. // Учебное пособие. Гриф МО РФ; ИНФРА-М – М. – 2018 (орыс тілінде)
3. Нескоромных В.В. Бурение скважин. // Учебное пособие. Инфра-М, Сибирский федеральный университет СФУ – М. – 2015. – С. 352 (орыс тілінде)
4. Храменков В.Г. Автоматизация управления технологическими процессами бурения нефтегазовых скважин. // Учебное пособие. Юрайт – М. – 2016. – С. 416 (орыс тілінде)
5. Храменков В.Г. Автоматизация управления технологическими процессами бурения нефтегазовых скважин. // Учебное пособие для академического бакалавриата. Юрайт – М. – 2016 (орыс тілінде)
6. Sudakov A., Chuduk I., Sudaikova D., Dziubuk L. Инновационная технология изоляции зон поглощения термoplastичными материалами. // E3S Веб-конференция. – 2019. – Т. 123. – Р. 1-10 (на английском языке)
7. Сыздыков А.Х., Ильницкая Г.Д. Основные направления совершенствования алмазных буровых коронок. // Нефть и газ. – Алматы, 2021. – №5(125). – С. 46-59 (на русском языке)
8. Steve Devereux. Технология бурения на нетехническом языке. // PennWell Books. – 2012 (на английском языке)
9. Wilson C. Chin. Управляемое бурение под давлением. // Elsevier Science. – 2018 (на английском языке)
10. John Wiley & Sons. Справочник по науке и технике борьбы с разливами нефти. // Merv Fingas. – 2015 (на английском языке)

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Сарқұлова Ж.С.**, PhD доктор, K. Zhubanov University, «Мұнай газ ісі» кафедрасының аға оқытушысы (Ақтөбе қ., Қазақстан), [zhadi\\_0691@mail.ru](mailto:zhadi_0691@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8539-1802>

**Қуанышева А.С.**, магистрант, K. Zhubanov University, «Мұнай газ ісі» мамандығының 2 курс магистранты (Ақтөбе қ., Қазақстан), [aruj\\_11@list.ru](mailto:aruj_11@list.ru); <https://orcid.org/0009-0001-1568-0497>

**Қаржаубай Н.Б.**, магистрант, K. Zhubanov University, «Мұнай газ ісі» мамандығының 2 курс магистранты (Ақтөбе қ., Қазақстан), [Karzhaubay.nazym2001@mail.ru](mailto:Karzhaubay.nazym2001@mail.ru); <https://orcid.org/0009-0002-5647-6537>

**Қазыбек А.Т.**, магистрант, K. Zhubanov University, «Мұнай газ ісі» мамандығының 2 курс магистранты (Ақтөбе қ., Қазақстан), [kazbek\\_ayana@mail.ru](mailto:kazbek_ayana@mail.ru); <https://orcid.org/0009-0001-6283-4014>

## Information about the authors:

**Sarkulova Zh.S.**, PhD doctor, K. Zhubanov University, senior lecturer of the Department of «Oil and Gas Business» (Aktobe, Kazakhstan)

**Kuanysheva A.S.**, Master's student, K. Zhubanov University, 2nd year master's student in the specialty «Oil and gas business» (Aktobe, Kazakhstan)

**Karzhaubay N.B.**, Master's student, K. Zhubanov University, 2nd year master's student in the specialty «Oil and gas business» (Aktobe, Kazakhstan)

**Kazybek A.T.**, Master's student, K. Zhubanov University, 2nd year master's student in the specialty «Oil and gas business» (Aktobe, Kazakhstan)

## Сведения об авторах:

**Сарқұлова Ж.С.**, PhD доктор, K. Zhubanov University, старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело» (г. Ақтөбе, Казахстан)

**Қуанышева А.С.**, магистрант, K. Zhubanov University, магистрант 2 курса по специальности «Нефтегазовое дело» (г. Ақтөбе, Казахстан)

**Қаржаубай Н.Б.**, магистрант, K. Zhubanov University, магистрант 2 курса по специальности «Нефтегазовое дело» (г. Ақтөбе, Казахстан)

**Қазыбек А.Т.**, магистрант, K. Zhubanov University, магистрант 2 курса по специальности «Нефтегазовое дело» (г. Ақтөбе, Казахстан)

# MinTech-2024

МЕЖДУНАРОДНАЯ

## ВЫСТАВКА

ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ  
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

КАЗАХСТАН

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



**22-24 мая**

г. Усть-Каменогорск

**28-30 мая**

г. Павлодар

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



ОРГАНИЗАТОРЫ:



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

Код МРНТИ 86.40.00

\*Б.Т. Уахитова, Б.Г. Алматова, Т.С. Кайменова, Д.Д. Султанова  
ZHUBANOV UNIVERSITY (Ақтобе қ., Қазақстан)

## ПУАССОННЫҢ ЫҚТИМАЛ ТАРАЛУЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ, ЖАРАҚАТ АЛУ ЫҚТИМАЛДЫҒЫН АНЫҚТАУ

**Андатпа.** Жарақаттанудың қысқа мерзімді (1-2 жыл) болжамын 93% сенімділікпен жасау мүмкіндігін негіздеу. 9 жылдық кезеңдегі ықтималдықтың нәтижесі анықталды, өйткені ол жақын арада болжамға сәйкес келеді. Феррокорытпа зауыты келесі 3 жыл ішінде жарақат алу ықтималдығының болжамды нәтижесі ретінде ала алады. Нақты деректер бойынша сенімділік болжамының нәтижесі 100% құрады. Жоғарыда айтылғандардан Пуассонның ықтималдық үлестірімін пайдалана отырып, жарақаттану ықтималдығының болжамы Қазақстан Республикасының Феррокорытпа өндірісінің металлургиялық кешенінде жарақаттану болжамы ретінде жеткілікті тиімді қолданылуы мүмкін деген қорытынды жасауға болады.

**Түйінді сөздер:** жарақаттану, қауіп, феррокорытпа өндірісі, жарақаттану болжамы, математикалық модель, статистикалық әдіс, талдау, жазатайым жағдай, еңбекті қорғау.

### Determination of the probability of injury using the probability distribution of Poisson

**Abstract.** Substantiation of the possibility of making a short-term (1-2 years) injury forecast with 93% reliability. The probability result for a 9-year period has been determined, since it fits the forecast for the near future. The ferroalloy plant can receive, as an expected result, the probability of injury for the next 3 years. According to the actual data, the result of the reliability forecast was 100%. From the above, it can be concluded that the forecast of the probability of injury using the probability distribution of Poisson can be used quite effectively as a forecast of injuries in the metallurgical complex of ferroalloy production of the Republic of Kazakhstan.

**Key words:** injury, hazard, ferroalloy production, injury forecast, mathematical model, statistical method, analysis, accident, labor protection.

### Определение вероятности травматизма с применением вероятностного распределения Пуассона

**Аннотация.** Обоснование возможности составления краткосрочного (1-2 года) прогноза травматизма с достоверностью 93%. Определен результат вероятности за 9-летний период, так как он подходит к прогнозу на ближайшее время. Ферросплавный завод может получить, как предполагаемый результат вероятности получения травмы на следующие 3 года. По фактическим данным результат прогноза достоверности составил 100%. Из изложенного можно сделать вывод, что прогноз вероятности травматизма с использованием вероятностного распределения Пуассона может достаточно эффективно применяться в качестве прогноза травматизма в металлургическом комплексе ферросплавного производства Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** травматизм, опасность, производство ферросплавов, прогноз травматизма, математическая модель, статистический метод, анализ, несчастный случай, охрана труда.

### Кіріспе

Тәжірибе көрсеткендей, жұмыс орындарындағы жарақат пен апаттың негізгі себептері көбінесе инженерлік кемшіліктермен, жабдықты пайдалану бойынша жұмыстарды ұйымдастырудағы кемшіліктермен, өндірістегі істердің жай-күйін дұрыс бағаламаумен байланысты болып жатады. Яғни, себеп адамның өзінде, «адам факторы» деп аталатын фактор деп айтуға негіз бар. Қызметкердің психологиялық тұрақтылығына оның жеке қауіпсіздігі де, тұтастай алғанда кәсіпорынның өндірістік қауіпсіздігі де байланысты. Өндірістік персоналдың психологиялық тұрақтылығын ескере отырып, жарақаттануды болжаудың кешенді тәсілін қолданған кезде ғана кәсіпорындағы жарақаттанудың айтарлықтай төмендеуі және еңбек қауіпсіздігінің артуы мүмкін, өйткені психологиялық тұрақтылық қазіргі уақытта тәжірибеде толық қолданылмайтын резерв болып табылады [1].

Тау-кен өндіру және металлургия салаларындағы өндірістік кәсіпорындарда қауіпсіз еңбек жағдайлары мен қызметкерлердің тыныс-тіршілігін қорғаудың жолға қойылған жүйесі бар. Өндірістік мекемелерде әртүрлі жарақаттанудың жай-күйі мәселелері кәсіпорындардың өндірістік қызметінің тиімділігін, техникалық жабдықтау дәрежесін және олардың өндірісін ұйымдастыруды бағалау кезінде бірінші кезектегі маңызға ие. Мәдениеті мен өндіріс технологиясы төмен кәсіпорындарда әртүрлі ауырлық дәрежесіндегі өндірістік жарақаттардың пайда болу ықтималдығы тәуекелдері айтарлықтай артады. Феррокорытпа өндірісі қауіпті және зиянды факторлардың әсерімен сипатталады, бұл өз кезегінде өндірістік жарақат алу қаупінің пайда болуымен байланысты. Тәуекелдерді азайту үшін жарақаттану көрсеткіштерін есепке алудың, талдаудың және болжаудың заманауи әдістері

қажет, оған деректерді өңдеудің статистикалық әдістері жауап береді.

Жарақаттануды болжаудың ықтималды әдістерін қолдану жарақаттардың пайда болуының кездейсоқтық дәрежесін сандық бағалауға мүмкіндік береді. Жарақаттарды талдаудың ықтималдық әдістері кейбір бастапқы статистикалық материалдарға негізделген. Бұл материал неғұрлым кең болса, алынған тұжырымдар соғұрлым сенімді болады [2].

### Материалдар мен әдістер

Бұл мәселені шешудің бір тәсілі-жарақатқа әкелетін барлық қауіпті оқиғалар уақыт бойынша сәйкес келмейтін (топтық жазатайым оқиғаларды қоспағанда) және бір-бірімен байланысты емес оқиғалар тобына жататындығын пайдалану [3].

Демек, белгілі бір уақыт кезеңіндегі (онжылдық, ай, тоқсан, жыл және т.б.) жарақатқа әкелетін оқиғалардың берілген санының қосындысын кездейсоқ оқиғалар ағыны ретінде қарастыруға болады. Оқиғалар ағыны-бұл белгілі бір уақытта бірінен соң бірі болатын оқиғалар тізбегі. Ең қарапайымы (пуассондық) – келесі үш қасиетке ие оқиғалар ағыны:

- 1) стационарлық;
- 2) «салдардың болмауы»;
- 3) қарапайым.

Кез-келген кездейсоқ процесс сияқты, жарақат стационарлық (уақыт бойынша өзгермейтін) және стационарлық емес (уақыт бойынша өзгеретін) болуы мүмкін. Қарапайым ағынға тән салдардың болмау шарты оқиғалардың бір-біріне тәуелсіз болатындығын білдіреді. Қарапайым қасиет қысқа уақыт ішінде бірнеше оқиғаның болу ықтималдығы тек бір оқиғаның болу ықтималдығымен салыстырғанда

елеусіз аз екенін білдіреді. Бұл, оқиғалар бір уақытта жүп немесе үштік емес, жалғыз болады деген сөз [4].

Қарапайым, стационарлық немесе стационарлық емес ағындардың көп мөлшерін қосу (өзара қабаттасу) кезінде кез-келген салдармен, ең қарапайымға жақын ағын алынады. Қарапайымды пайдалануға болатын ағынды алу үшін, іс жүзінде, әдетте 4-5 ағынды қосу жеткілікті [5].

$\lambda$  ағынның тығыздығы болсын (уақыт бірлігіне келетін оқиғалардың орташа саны). Дәл  $m$  оқиғалар  $\tau$  уақытта болатын ықтималдығы:

$$P_m(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^m}{m!} \cdot e^{-\lambda\tau} = \frac{a^m}{m!} \cdot a^{-a}. \quad (1)$$

Атап айтқанда, учаскенің бос болу ықтималдығы (бір-де-бір оқиға болмайды) болады

$$P_t(0) = e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

Параметрдің физикалық мағынасы  $a = \lambda \cdot \tau$  – бұл  $\tau$  уақытындағы қауіпті оқиғалардың орташа саны, яғни олардың математикалық күтуі.

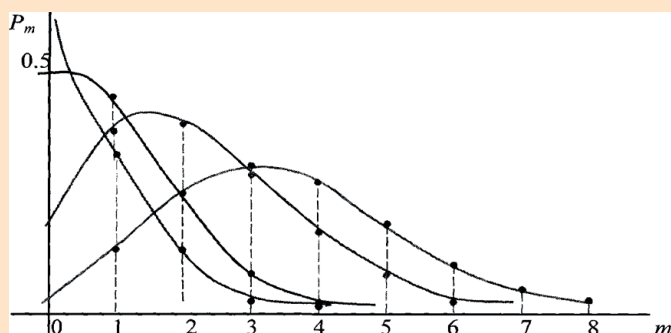
$\lambda = \text{const}$  болған жағдайды қарастырайық. Шынында да, жарақаттың қарқындылығы уақыт бойынша тұрақты емес. Бірақ бұл жағдайда да, егер қалған екі қасиет орын алса, Пуассон заңын қолданамыз. Егер оқиғалар ағыны тұрақты болмаса, оның негізгі сипаттамасы-уақыт аралығындағы лездік ықтималдық тығыздығы болып табылады ( $t, t + \Delta t$ ). Мұндай ағын үшін  $t_0$  нүктесінен бастап  $\tau$  ұзындық кесіндісіндегі оқиғалар саны Пуассон заңына бағынады:

$$P_m(\tau, t_0) = \frac{a^m}{m!} \cdot e^{-a}, \quad (m = 1, 2, 3 \dots), \quad (3)$$

мұндағы  $a = t_0$ -ден  $t_0 + \tau$ -ға дейінгі учаскедегі оқиғалар санының математикалық күтуі, тең

$$a = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} \lambda(t) \delta t, \quad (4)$$

1-суретте  $a$  параметрінің әртүрлі мәндеріне сәйкес келетін Пуассон заңы бойынша бөлінген  $X$  кездейсоқ шаманың таралу графиктері берілген.



Сурет 1.  $X$  кездейсоқ шамасының таралу графигі, мұндағы:  $a = 3,5; 2; 1; 0,5$ .

Figure 1. Distribution graph of random variable  $X$ , where:  $a = 3,5; 2; 1; 0,5$ .

Рис. 1. График распределения случайной величины  $X$ , где:  $a = 3,5; 2; 1; 0,5$ .

Бұл Пуассонның таралуы ферроқорытпа кәсіпорында-ры үшін жарақат алу ықтималдығын болжау үшін қолданылған жағдайда қолданылуы мүмкін екенін көрсетеді [6].

**Ферроқорытпа өндірісіндегі жарақаттануды болжаудың математикалық моделі.**

Пуассон формуласының классикалық [5]-тен келесі түрі бар:

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}, \quad (5)$$

мұндағы  $\lambda = n \cdot p$  санына қарамастан бір мәнді сақтайтын оқиғаның пайда болуының тұрақты орташа саны;  $n$  – кәсіпорын қызметкерлерінің жалпы саны (жылдық орташа тізімдік құрам);  $k$  – бір жылдағы жазатайым оқиғалардың саны [7].

(5) формула бойынша 2012-2020 жылдар аралығында «Қазхром «ТҰК» АҚ кәсіпорындары үшін жарақат алу ықтималдығы анықталды. Деректер төмендегі 1, 2 – кестелерде берілген.

Қысқа мерзімді болжаудың мәні зерттелетін кезеңдегі жарақат алу ықтималдығының есептелген мәндеріне сәйкес, яғни 9 жыл ішінде  $p_{opt}$  жарақаттануының орташа ықтималдығы анықталады, оны келесі 1-2 жылдағы жазатайым оқиғалардың күтілетін санын анықтау үшін пайдалануға болады. Содан кейін 1-кестеге сәйкес алынған орташа ықтималдықтың мәніне сәйкес келетін жазатайым оқиғалар санының шамамен мәні таңдалады және бұл сан жарақат алу ықтималдығын анықтау үшін компьютерлік бағдарламаға енгізіледі. Мүмкін, мұндай таңдау орташа ықтималдықпен толық сәйкес келгенше бірнеше рет жасалуы мүмкін. Шығуда күтілетін орташа ықтималдықпен сәйкес келетін ықтималдық мәнін алған кезде, бұл есептеулер аяқталады, күтілетін жазатайым оқиғалар санының тиісті мәні түпкілікті деп қабылданады және жазатайым оқиғалар санының алынған болжамды мәні –  $k_{кйт}$  ретінде пайдаланылады [8].

1-кестеде Ақтөбе ферроқорытпа зауытында 2012 жылдан 2020 жылға дейінгі кезеңде жарақаттанудың нақты мәндері берілген. Бұл деректер осы кәсіпорындағы жарақаттануды қысқа мерзімді (3 жылдан аспайтын) болжау үшін функционалдық тәуелділікті алу мақсатында Пуассонның ықтималдық үлестірімін жасау үшін пайдаланылды. Осы мақсатта жоғарыда көрсетілген формулалар негізінде осы жылдардағы жарақаттану ықтималдығының мәндері анықталды және Microsoft Office Excel бағдарламасын ең кіші квадраттар әдісімен пайдалану арқылы Ақтөбе ферроқорытпа зауытында 2012-2020 жылдарға арналған жарақаттану ықтималдығын қысқа мерзімді болжау үшін функционалдық тәуелділік анықталды [9].

2-кестеде осы ықтималдықтардың мәндері берілген немесе Пуассонның 2012-2020 жылдарға таралуы берілген. 2-кестенің екінші жолының деректерін қолдана отырып,  $p$  – жарақат алу ықтималдығының  $T$  – уақыттан функционалдық тәуелділігінің графигін саламыз (2-сурет), яғни 2012 жылдан 2020 жылға дейінгі кезең және функционалдық тәуелділікті аналитикалық түрде анықтаймыз (формула түрінде).

Кесте 1

Ақтөбе ферроқорытпа зауытында 2012 жылдан 2020 жылға дейінгі кезеңде жарақаттану бойынша деректер  
Table 1

Data on injuries at the Aktobe ferroalloy plant from 2012 to 2020

Таблица 1

Данные о травматизме на Актюбинском заводе ферросплавов с 2012 по 2020 годы

№ р/р	Көрсеткіштер	Көрсеткіштің жылдар бойынша мәні								
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Ұйымдарда жұмыс жасайтындардың саны, В, адам	3161	3311	3784	3872	3991	4236	4278	4402	4286
2	Жазатайым оқиғалар саны, А	7	4	2	1	1	2	2	6	7

Кесте 2

2012-2020 ж.ж. аралығында Ақтөбе ферроқорытпа зауытында жарақаттану бойынша Пуассонды ықтималды болу деректері

Table 2

Poisson probability distribution data on injuries at the Aktobe ferroalloy plant in 2012-2020

Таблица 2

Данные распределения вероятностей Пуассона по травматизму Актюбинском заводе ферросплавов с 2012 -2020 годах

№ п/п	Параметрлердің атауы	Көрсеткіштің жылдар бойынша мәні								
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	X	7	4	2	1	1	2	2	6	7
2	p	0,149	0,195	0,27	0,367	0,367	0,27	0,27	0,16	0,149



Сурет 2. 2012-2020 жылдар аралығындағы Ақтөбе ферроқорытпа зауытында Пуассонның ықтималдық таралуы.

Figure 2. Poisson probability distribution at the Aktobe ferroalloy plant for the period 2012-2020.

Рис. 2. Распределение вероятностей Пуассона на Актюбинском заводе ферросплавов за период 2012-2020 гг.

2-суретте 2012-2020 жылдар аралығындағы Ақтөбе ферроқорытпа зауытында жарақат алу ықтималдығының

функционалдық көпмүшелік тәуелділігі көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, жуықтау коэффициенті өте жоғары ( $R = 0,9339$ ), бұл белгілі бір формуланың – 4-ші дәрежелі көпмүшенің үлкен сенімділігін көрсетеді:

$$y = 0,0009x^4 - 7,3206x^3 + 22135x^2 + 7x + 10$$

#### Қорытындылар

Алынған ықтималдық мәндері бойынша 9 жыл ішінде  $p_{opt} = 0,244$  ықтималдығының орташа мәні анықталды, ол қысқа мерзімді болжамға сәйкес келесі 3 жылға Ақтөбе ферроқорытпа зауытында жарақат алу ықтималдығының болжамды мәні үшін алынуы мүмкін. Ықтималдықтың бұл мәніне шамамен 3 жағдайға тең болатын бір жылдағы жазатайым оқиғалардың санына сәйкес келеді. Іс жүзінде 2021 жылы Ақтөбе ферроқорытпа зауытында 3 жазатайым оқиға болды. Сондықтан 2021 жылға болжам 100%-ды құрады. Жоғарыда айтылғандардан Пуассонның ықтималдық үлестірімін пайдалана отырып, жарақаттану ықтималдығының болжамы Қазақстан Республикасының ферроқорытпа өндірісінің металлургиялық кешенінде жарақаттану болжамы ретінде жеткілікті тиімді қолданылуы мүмкін деген қорытынды жасауға болады.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Имангазин М.К. Қазақстан Республикасының ферроқорытпа өндірісіндегі жарақаттарды талдау. // LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Deutschland/Германия. – 2014. – Б. 373 (орыс тілінде)

2. Uakhitova Bagdagul. Ақтөбе ферроқорытпа зауытының балқыту цехтары қызметкерлерінің жарақаттануын талдау және психологиялық зерттеулер. // ҚР ҰҒА хабарлары. Геология және технологиялық ғылымдар сериясы ISSN 2224-5278. – 2022. – Шығ. 2. – №452. – Б. 242-258 (ағылшын тілінде)
3. Беляев Ю.К., Носков В.П. Математикалық статистиканың негізгі түсініктері мен міндеттері: // Оқу құралы. – М.: Мәскеу мемлекеттік университеті. – 1998. – Б. 192 (орыс тілінде)
4. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Көп өлшемді статистикалық әдістер. // Оқу құралы. – М.: Қаржы және статистика. – 1998. – Б. 352 (орыс тілінде)
5. Маркович Е.С. Бқтималдықтар мен математикалық статистика элементтері бар жоғары математика курсы. // 2-ші басылым., ауысу және Жоғары оқу орындарына арналған оқулық. Мәскеу: Жоғары мектеп. – 1972. – Б. 480 (орыс тілінде)
6. Новиков П.В. Таңдалған еңбектер. Жиынтықтар мен функциялар теориясы. // Математикалық логика және алгебра. – М.: Ғылым. – 1979. – Б. 396 (орыс тілінде)
7. Ховден Дж., Альбрехтсен Э., Эррера И.А. Өндірістегі жазатайым оқиғалардың алдын алудың жаңа теориялары, модельдері мен тәсілдері қажет пе? // Қауіпсіздік туралы ғылым. – 2010. – №48. – Б. 950-956 (ағылшын тілінде)
8. Uakhitova Bagdagul. Металлургиялық кластердің өнеркәсіптік кәсіпорны мысалында өндірістік жарақаттану деңгейін талдау. // ҚР ҰҒА хабарлары. Геология және технологиялық ғылымдар сериясы. – 2022. – №1. – Б. 145-151 (ағылшын тілінде)
9. Uakhitova Bagdagul. Ақтөбе облысының өнеркәсіп кәсіпорындары қызметкерлерінің өндірістік жарақаттануының жай-күйі туралы. // ҚР ҰҒА хабарлары. Геология және технологиялық ғылымдар сериясы ISSN 2224-5278. – №5. – Б. 170-175 (ағылшын тілінде)
10. Хакімжанов Т.Е. Еңбекті қорғау. // Алматы: ОВЕРО, Қазақстан. ISBN: 9965-708-62-2. 2. – 2008 (орыс тілінде)
11. Дерр А.Дж. Жеке тұлға жұмыс орнындағы қауіпсіздікті қашан және қалай болжайды: орташа Медиация моделін бағалау. // Қауіпсіздікті зерттеу журналы. – 2020. – №75. – Б. 275-283 (ағылшын тілінде)
12. Моурас Ф., Бадри А. Еңбекті қорғау саласында жиі қолданылатын тәуекелдерді басқару әдістеріне, әдістеріне және бағдарламалық жасақтамасына шолу. // Халықаралық қауіпсіздік журналы. – 2019. – №10. – Б. 149-160 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Imangazin M.K. Analiz travmatizma na ferrosplavnom proizvodstve Respubliki Kazakhstan [Analysis of injuries in ferroalloy production of the Republic of Kazakhstan]. // Akademicheskoe izdatelstvo LAP = Lambert Academic Publishing. Saarbrucken. Tamyz, 2014 Deutschland/Germaniya. ISBN:978-3659- 58002-4. – 2014. – P. 373 (in Russian)
2. Uakhitova Bagdagul. Analysis of injuries and psychological researches of workers in the melting shops of the aktubinsk ferralloys plant. // NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of geology and technical sciences ISSN 2224-5278. – 2022. – Vol. 2. – №452. – P. 242-258 (in English)
3. Belyaev Yu.K., Noskov V.P. Osnovnye ponyatiya i zadachi matematicheskoy statistiki [Basic concepts and tasks of mathematical statistics]. // Uchebnoe posobie = Textbook. – М.: Moscow State University. – 1998. – P. 192 (in Russian)
4. Dubrov A.M., Mkhitarjan V.S., Troshin L.I. Mnogomernye statisticheskie metody [Multivariate statistical methods]. // Uchebnoe posobie = Textbook. – М.: Finance and Statistic. – 1998. – P. 352 (in Russian)
5. Markovich E.S. Kurs vysshey matematiki s elementami veroyatnostey i matematicheskoy statistiki. 2-e izd., perevod i dots [A course of higher mathematics with elements of probability and mathematical statistics. 2nd ed., translation and Assoc.]. // Uchebnik dlya vuzov. Moskva: Vysshaya shkola = Textbook for universities. Moscow: Higher School. – 1972. – P. 480 (in Russian)
6. Novikov P.V. Izbrannye trudy. Teoriya mnozhestv i funktsiy [Selected works. Set and function theory]. // Matematicheskaya logika i algebra. – М.: Nauka = Mathematical logic and algebra. – М.: Science. – 1979. – P. 396 (in Russian)
7. Hovden J., Albrechtsen E., Herrera I.A. Is there a need for new theories, models and approaches to occupational accident prevention? // Safety Science. – 2010. – №48. – P. 950-956 (in English)
8. Uakhitova Bagdagul. Analysis of the level of occupational injuries on the example of an industrial enterprise of a metallurgical cluster. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences 2022. – 2022. – Issue 1. – №1. – P. 145-151 (in English)
9. Uakhitova Bagdagul. On the state of industrial injuries of workers in industrial enterprises of the aktubinsk region. // News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences ISSN 2224-5278. – №5. – P. 170-175 (in English)
10. Khakimzhanov T.E. Okhrana truda [Occupational Safety and Health]. // Almaty: OВЕРО, Kazakhstan. ISBN: 9965-708-62-2. – 2008 (in Russian)



11. Doerr A.J. When and how personality predicts workplace safety: Evaluating a moderated mediation model. *Journal of Safety Research* 75. – 2020. – P. 275-283 (in English)
12. Mouras F., Badri A. Survey of the risk management methods, techniques and software used most frequently in occupational health and safety. // *International Journal of Safety and Security Engineering*. – (2019). – №10. – P. 149-160 (in English)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Имангазин М.К. Анализ травматизма на ферросплавном производстве Республики Казахстан. // Академическое издательство LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Тамыз, 2014 Deutschland/ Германия. ISBN:978-3659- 58002-4. – 2014. – С. 373 (на русском языке)
2. Uakhitova Bagdagul. Анализ травматизма и психологические исследования работников плавильных цехов АЗФ. *Известия НАН РК серия геологических и технических наук ISSN 2224-5278*. – 2022. – Т. 2. – №452. – С. 242-258 (на английском языке)
3. Беляев Ю.К., Носков В.П. Основные понятия и задачи математической статистики. // Учебное пособие. – М.: Московский государственный университет. – 1998. – С. 192 (на русском языке)
4. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. // Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика. – 1998. – С. 352 (на русском языке)
5. Маркович Е.С. Курс высшей математики с элементами вероятностей и математической статистики. 2-е изд., перевод и доп. // Учебник для вузов. Москва: Высшая школа. – 1972. – С. 480 (на русском языке)
6. Новиков П.В., Избранные труды. Теория множеств и функций. // Математическая логика и алгебра. – М.: Наука. – 1979. – С. 396 (на русском языке)
7. Ховден Дж., Альбрехтсен Э., Эррера И.А. Нужны ли новые теории, модели и подходы к предотвращению несчастных случаев на производстве? // *Наука о безопасности*. – 2010. – №48. – С. 950-956 (на английском языке)
8. Uakhitova Bagdagul. Анализ уровня производственного травматизма на примере промышленного предприятия металлургического кластера. // *Известия НАН РК. Серия геологических и технических наук*. – 2022. – Вып. 1. – №1. – С. 145-151 (на английском языке)
9. Uakhitova Bagdagul. В состоянии производственного травматизма работников промышленных предприятий Актюбинской области. // *Известия НАН РК. Серия геологических и технических наук ISSN 2224-5278*. – №5. – С. 170-175 (на английском языке)
10. Хакимжанов Т.Е. Охрана труда. Алматы: ОВЕРО, Казахстан. ISBN: 9965-708-62-2. – 2008 (на русском языке)
11. Дерт А. Дж. Когда и как личность предсказывает безопасность на рабочем месте: оценка модели умеренного посредничества. // *Журнал исследований безопасности*. – 2020. – №75. – С. 275-283 (на английском языке)
12. Моурас Ф., Бадри А. Обзор методов управления рисками, техник и программного обеспечения, наиболее часто используемых в области охраны труда. // *Международный журнал техники безопасности*. – 2019. – №10 – С. 149-160 (на английском языке)

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Уахитова Б.Т.**, «Металлургия және тау-кен ісі» кафедрасының аға оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті (Ақтөбе қ., Қазақстан), [Uakhitova\\_bt@mail.ru](mailto:Uakhitova_bt@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1156-8809>

**Алматова Б.Г.**, «Мұнай газ ісі» кафедрасының аға оқытушысы, техника ғылымдарының кандидаты, КеАҚ Қ. Жубанов атындағы Ақтөбе Өңірлік университеті (Ақтөбе қ., Қазақстан), [baian.73@mail.ru](mailto:baian.73@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1680-4682>

**Кайненова Т.С.**, «Мұнай газ ісі» кафедрасының аға оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті (Ақтөбе қ., Қазақстан), [kaynenova83@mail.ru](mailto:kaynenova83@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8750-5703>

**Султанова Д.Д.**, «Мұнай-газ ісі» кафедрасының аға оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті (Ақтөбе қ., Қазақстан), [nur\\_di@bk.ru](mailto:nur_di@bk.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9707-3884>

## Information about the authors:

**Uakhitova B.**, Senior Lecturer of the Department «Metallurgy and Mining», NAO Aktyubinsk Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

**Almatova B.G.**, Candidate of Technical Sciences, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

**Kainenova T.**, Senior Lecturer of the Department «Oil and gas business», NAO Aktyubinsk Regional University named after K.Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

**Sultanova D.**, Senior Lecturer of the Department «Oil and gas business», NAO Aktyubinsk Regional University named after K.Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

## Сведения об авторах:

**Уахитова Б.Т.**, старший преподаватель кафедры «Металлургия и горное дело», НАО Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актөбе, Қазақстан)

**Алматова Б.Г.**, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело», Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актөбе, Қазақстан)

**Кайненова Т.С.**, старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело», НАО Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актөбе, Қазақстан)

**Султанова Д.Д.**, старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело», НАО Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актөбе, Қазақстан)

## ЛЕОНИД АНДРЕЕВИЧ КРУПНИК (к 85-летию со дня рождения)

30 ноября исполняется 85 лет Леониду Андреевичу Крупнику – доктору технических наук, профессору-исследователю кафедры «Технологические машины и оборудование» КазННТУ им. К.И. Сатпаева, академику НАН высшей школы РК, заместителю главного редактора «Горного журнала Казахстана».

В 1959 г. после окончания горного факультета КазГМИ Л.А. Крупник работал сменным мастером, начальником буровзрывных работ, заместителем главного инженера рудника им. Джамбула Акчатауского горно-обогатительного комбината. В 1962 г. Леонид Андреевич был приглашен на работу в КазПТИ, где работал в должностях преподавателя, старшего преподавателя и доцента кафедр «Электрификация и автоматизация горной промышленности» и «Транспортные и горные машины». С 1988 по 1994 гг. работал заведующим кафедрой «Транспортные и горные машины», в 1994-2000 гг. – проректором КазНТУ им. К.И. Сатпаева по научной работе и учебно-методическим объединениям; с 2000 г. по 2018 г. – профессором кафедры ТМиО. За время работы в университете Л.А. Крупник выполнил большой объем методической работы: участвовал в разработке комплексной системы управления качеством подготовки специалистов, составления типовых учебных планов, образовательных стандартов.

Леонид Андреевич Крупник внес большой вклад в развитие научных исследований в области горного дела. Под его руководством и при непосредственном участии разработаны вопросы теории и практики технологии и механизации закладочных работ с утилизацией отходов горно-обогатительного производства. По результатам этих исследований усовершенствованы технологические схемы закладочных комплексов на Зыряновском, Лениногорском, Ачисайском, Жезкентском и Текелийском комбинатах, повышена эффективность их работы. В 1991 г. в ИПКОН АН СССР им защищена докторская диссертация «Технология закладочных работ на основе утилизации отходов горно-обогатительного производства». Л.А. Крупник много внимания уделяет подготовке кадров высшей квалификации: под его руководством защищено 3 докторских и 9 кандидатских диссертаций, 5 диссертаций док-

тора PhD. Результаты научных исследований опубликованы в более 400 публикациях, в том числе в трех учебниках, пяти учебных пособиях, четырех монографиях, справочнике по разработке месторождений полезных ископаемых, он – автор более 50 изобретений и патентов.

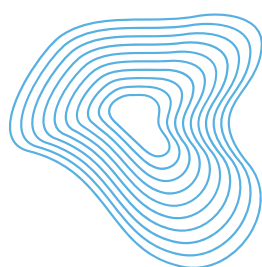
Л.А. Крупник со дня организации «Горного журнала Казахстана» является заместителем главного редактора, активно работает для привлечения новых авторов, повышения имиджа журнала.

В течение ряда лет он возглавлял экспертный совет «Науки о Земле» в Министерстве образования и науки «Республики Казахстан».

За успехи в работе Л.А. Крупник награжден юбилейными медалями «25 лет Республике Казахстан», «30 лет Республике Казахстан», знаками «За отличные успехи в работе» Минвуза СССР, «Изобретатель СССР», медалью «ВДНХ СССР», дипломами «ВДНХ СССР» и «ВДНХ КазССР», знаком «За заслуги в развитии науки РК», медалью «Ветеран труда», знаками «Горняцкая слава» I, II и III степеней, «Кенші данкы» II и III степени «Айрықша еңбегі үшін», он – лауреат премии им. Академика А.А. Скочинского, премии «Золотой Гефест» 2017 г.

*Поздравляя Леонида Андреевича с 85-летием, коллективы КазННТУ им. К.И. Сатпаева, институт Энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева, Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова, редакционная коллегия «Горного журнала Казахстана», коллеги, друзья и ученики желают юбиляру доброго здоровья и дальнейших творческих успехов.*





**TECH MINING  
SIBERIA**

— [www.techmining.ru](http://www.techmining.ru)

**3-я международная  
конференция и выставка  
Технологии и инновации для  
горнодобывающей промышленности**

**14-15 марта 2024  
Красноярск**





**ЛЕТ ГОРНОМУ ЖУРНАЛУ КАЗАХСТАНА!**



**+7 747 343 15 02**



***minmag.kz***



***@minmag.kz***

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

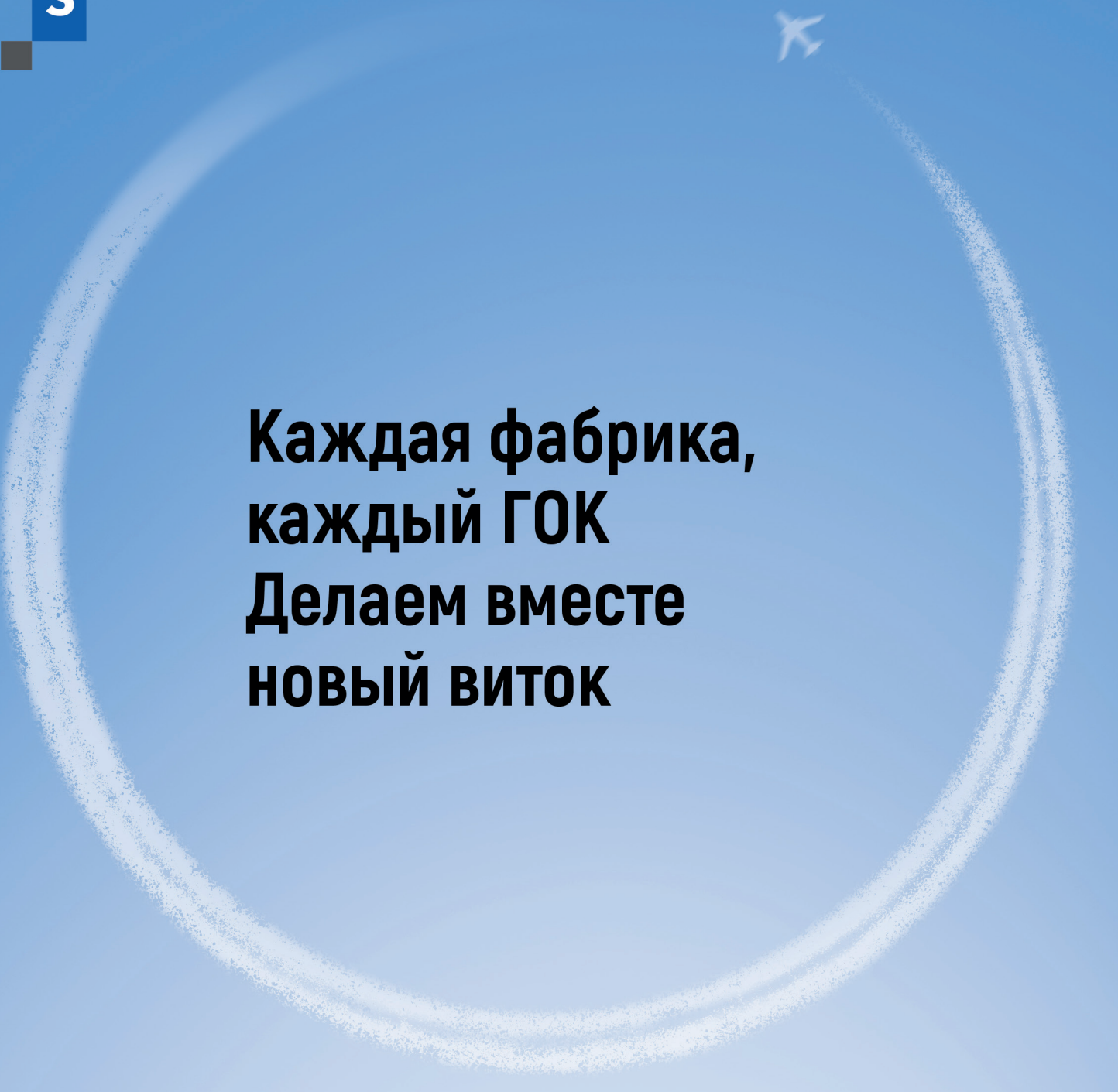
**T**

Тимченкодан  
**Маркетинг**

Маркетингтік  
нигилизм  
агенттігі

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

**S**



# Каждая фабрика, каждый ГОК Делаем вместе **НОВЫЙ ВИТОК**

**Маркетинг для  
производственных  
предприятий  
вместе с нами**

- Презентация предприятия
- Повышение инвестиционной привлекательности
- Популяризация рабочих профессий
- Привлечение квалифицированных кадров
- Продвижение продукции и услуг

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

# GOLDEN HERHAESTUS

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОТРАСЛЕВОЙ КОНКУРС “ЗОЛОТОЙ ГЕФЕСТ”  
на звание лучшего в геологии, горном деле и металлургии Казахстана

**6 июня 2024**  
**Астана**

Заявку на участие **заполните**  
на сайте **miningtalents.kz**

Государственный партнер



Министерство промышленности  
и строительства РК

**Участие в конкурсе бесплатное**  
Для победителей предусмотрено вознаграждение

СПТО  
КРАНЫ



**3-5 апреля  
2024 г.**

**ЦВК ЭКСПОЦЕНТР,  
павильон № 8**

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

**СПТОКРАНЫ**

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ЭКСПО ДИЗАЙН  
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ



**ВЫСТАВКА «ГАЗ. НЕФТЬ.  
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ –  
КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ»**

в рамках  
**ЯМАЛЬСКОГО  
НЕФТЕГАЗОВОГО  
ФОРУМА**

**СИБЭКС SERVICE**

ООО «Выставочная компания Сибэкспосервис», г. Новосибирск

Тел.: +7 (383) 335-63-50, e-mail: vkses@yandex.ru, www.ses.net.ru

**27-28  
МАРТА**

г. Новый Уренгой  
**2024**



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

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

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

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