№4 (240) 2025

научно-технический и производственный

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

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 **№ 603 от 12.07.2024 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

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

Представители журнала:

Республика Узбекистан –
ШЕРЗОД ВАФО-ОГЛЫ КАРИМОВ
karimov20-13@mail.ru

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

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

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

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

Подписано в печать **30.04.2025 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

© Горный журнал Казахстана 2003-2025

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

INTERRIN

Главный редактор
М.Ж. БИТИМБАЕВ, *mbitimbaev@mail.ru*

Заместитель гл. редактора
Л.А. КРУПНИК, *leonkr38@mail.ru*

Заместитель гл. редактора
Х.А. ЮСУПОВ, *yusupov_kh@mail.ru*

Ответственный редактор
Т.С. ДОЛИНА, *Tatyana.Dolina@interrin.kz*

Редакционная коллегия:

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

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD, Professor of Mining Engineering

Барменшинова М.Б., канд. техн. наук, ассоц. профессор

Бекботаева А.А., PhD, ассоц. профессор

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

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

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

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

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

Демин В.Ф., д-р техн. наук, профессор

Едильбаев А.И., д-р техн. наук

Жанибеков Б.О., д-р философии геол.-мин. наук, доцент

Каплунов Д.Р., д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники (Россия)

Каримов Ш.В., PhD (Узбекистан)

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

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

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

Нифадьев В.И., д-р техн. наук, профессор

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

Ольшанский Е.Н., член-корреспондент МАИН

Петров Е.А., д-р техн. наук, профессор

Ратов Б.Т., д-р техн. наук, профессор

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

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

Тамбиев П.Г., канд. техн. наук

Туробов Ш.Н., PhD, доцент

Хайитов О.Г., д-р геол.-минерал. наук, профессор

Хамидов Р.А., PhD, доцент

Шодиев А.Н., д-р техн. наук, доцент

Чепуштанова Т.А., PhD

Содержание

® – статья на правах рекламы
ⓘ – информационное сообщение
✐ – статья публикуется в авторской редакции

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Марат Жакупович Битимбаев
главный редактор

Дорогие читатели!
Уважаемые коллеги!

В этом году апрель для казахстанцев особенно знаменателен. Начнем с первооткрывателей недр геологов. Президент нашей страны Касым-Жомарт Кемелевич Токаев в контексте проводимой им социально ориентированной экономической политики, учитывая роль геологической отрасли в обеспечении экономического развития и благополучия граждан Казахстана по созданию для этого минерально-сырьевой базы, издал Указ, утвердивший статус государственной награды звания «Заслуженный геолог Казахстана» – «Қазақстанның еңбек сіңірген геологы». Этот год стал первым, когда эту награду получили в торжественной обстановке первые два лауреата.

Следует особо отметить, что геологические компании почувствовали позитивные изменения как долговременное и постоянное следствие принятых решений, выразившиеся и в финансировании, и в создании условий организации геологоразведочных работ. Природа как будто ждала этого момента, и кладовые недр не заставили себя долго ждать. Знаковым мирового масштаба событием было открытие ТОО «Центргеолсъемка», завершившем поисковые работы на редкоземельные металлы на участке Куйректыколь, названном «Жаңа Қазақстан».

В последние годы наряду с целенаправленным акцентированием государства по инициативе и прямому указанию Президента страны Касым-Жомарта Кемелевича особого внимания и поддержки увеличения объемов и территориального охвата геологоразведочных работ получили вопросы подготовки кадров геологов по всем специализациям инженеров и рабочих.

Решение задач качественного улучшения и уменьшения сроков оценки и освоения месторождений рассматривается и реализуется под пристальным контролем и при непосредственном участии совместно правительственных органов, начиная с Комитета геологии и охраны недр, с производственниками, наукой и бизнесом.

Создаваемый климат по объединению усилий государства и исполнителей с целью разнообразить спектр используемых твердых полезных ископаемых в соответствии со спросом мирового рынка и возможностей наших недр работает как механизм обеспечения ресурсами в историческом масштабе времени. Экономическая эффективность, экологическая безопасность на уровне нулевого вреда, технологическая исполнимость и управляемость позволяет рассматривать и решать вопросы недропользования на основе принципа «созидательного освоения недр» в формате «ресурсовоспроизводства и ресурсосбережения, действующего в режиме сохранения качественной природной среды.

Такова идеология развития производства товарного продукта из твердых полезных ископаемых в XXI веке, начальным пунктом которой является геологическое обеспечение.

Геологи, как всегда в истории человечества, идут первыми в эшелоне тех, кому предстоит создавать и поддерживать материальную основу цивилизации. Наступила весна, и, отметив традиционный праздник в первое воскресенье апреля, геологам пора собираться в путь навстречу новым подаркам природы, которые она отдает смелым, упорным, творчески настроенным людям. Мы знаем, что природа всегда любит и уважает таких людей и дружит с ними.

С праздником, геологи! И в путь по неизведанным тропам, на котором мы желаем вам успехов и удачи!

Логическая цепь событий в жизни такова, что причинно-следственные факторы складываются в важные даты, от природы не завися друг от друга.

Например, праздник геологов всегда отмечается чуть раньше дня рождения великого геолога мирового масштаба, создателя геологической науки в нашей стране, основателя Академии наук Казахстана, первооткрывателя Большого Жезказгана Каныша Имантаевича Сатпаева. К его Дню рождения в Казахстане приурочили поэтому и празднование Дня науки 12 апреля.

И в этот же день из космодрома Байконур в Кызылординской области впервые в мире преодолел земное тяготение и поднялся в поднебесную высь человек Новой эпохи, наш герой и любимец Юрий Алексеевич Гагарин.

Вот такое счастливое смешение дат и праздников в начале апреля знаменует для казахстанцев начало геологических поисков и всеобщей посевной страды на 9-ой территории по площади на Земле, известной и своими подземными кладовыми, сундуки которых открыты во благо нашего народа или еще ждут ключарей.

Всех читателей поздравляю с апрельскими праздниками, которые стали возможными благодаря майским событиям, случившимся 80 лет назад. Но об этом в следующем номере.

Код МРНТИ 52.13.15

Б. Хусан, А.Ж. Имашев, *Д.Т. Ивадилинова, Р.Ж. Искаков
Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан)

КЕНОРЫНДАРДЫ ЖЕРАСТЫ ҚАЗУҒА КӨШКЕНДЕ КЕНДЕ ӨЗДІГІНЕН ҚҰЛАТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ӘЛЕМДІК ТӘЖІРИБЕНІҢ ТАЛДАУЫ

Аңдатпа. Мақалада кенорындарды жерасты игеру технологиясын таңдау проблемасына нарықтық көзқарас, кенорындарды игеру қарқындылығын арттыру, пайдалы компоненттері аз кенорындарын игеруге арзан технологияларын іздеу сұрақтары көрсетілген. Оған қоса күрделі және төмен сұрыпты кен денелерін тиімді игеру, кенорындардың қорларын ашық тәсілмен қазғаннан кейін жерасты қазу мүмкіндіктерін іздеу жолдарына талдау жүргізілді. Әлемдік тәжірибе көрсетіп отырғандай, кеннің өздігінен құлауы бар жүйенің қуатты кен орындарын игеру кезінде осы талаптарға барынша сәйкес келеді. Мақалада белгілі бір жағдайларда кенді құлату арқылы жүйелерді қолдану мүмкіндігін негіздеу бойынша шетелдік компаниялардың тәжірибелеріне көңіл бөлінеді. Жүргізілген зерттеулер мен алынған деректерді талдау нәтижесінде өздігінен қопарылатын қақпақ жүйелерін тау-кен өнеркәсібінде қолдану экономикалық көрсеткіштерінің артықшылықтары көрсетілген.
Түйінді сөздер: *жерасты қазу, кенді өздігінен құлату, аралас тәсіл, жерасты игеру технологиясы, рудалы кен орындары, тау-кен өнеркәсібі.*

Analysis of world experience of self-regulating mining systems in the transition to underground mining of ore deposits

Abstract. The article considers the issues of choosing a technology for underground mining of ore deposits from a market point of view, increasing the intensity of mining, developing deposits with a low content of useful components, and searching for cheap technologies for mining. It also analyzes the ways of efficient development of low-grade ore bodies, and searches for opportunities for underground mining after opening deposits by open-pit mining. World experience shows that the self-caving system of ore at powerful ore deposits best meets these requirements. The article focuses on the experience of foreign companies in substantiating the possibility of using systems with self-caving of ore. The results of the studies and the analysis of the data obtained make it possible to determine the economic advantages of using self-caving systems in the mining industry.
Key words: *underground mining, self-caving of ore, combined method, underground mining technology, ore deposits, mining industry.*

Анализ мирового опыта систем разработки с самообрушением при переходе к подземной разработке рудных месторождений

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы выбора технологии подземной разработки рудных месторождений с рыночной точки зрения, увеличения интенсивности разработки месторождений, разработки месторождений с низким содержанием полезных компонентов, поиска дешевых технологий для добычи полезных ископаемых. Также проводится анализ путей эффективной разработки низкосортных рудных тел, поиск возможностей подземной разработки после вскрытия месторождений открытым способом. Мировой опыт показывает, что система самообрушения руды на мощных рудных месторождениях наиболее соответствует этим требованиям. В статье уделяется внимание опыту зарубежных компаний по обоснованию возможности применения систем с самообрушением руды. Результаты проведенных исследований и анализ полученных данных дают возможность определить экономические преимущества использования систем самообрушения в горнодобывающей промышленности.
Ключевые слова*: подземная разработка, самообрушение руды, комбинированный способ, технология подземной разработки, рудные месторождения, горнодобывающая промышленность.*

Кіріспе

Рудалы кен орындарын жерасты игеру технологиясын таңдау проблемасына нарықтық көзқарас, кен орындарын игеру қарқындылығын арттыру, пайдалы компоненттері аз кен орындарын игеруге тарту [1], кенді өндірудің арзан технологияларын іздеу, өндіру мен байыту кезінде жаңа техникалық шешімдерді енгізуге әкелді. Күрделі және төмен сұрыпты кен денелерін тиімді игеру, кен орындарының қорларын ашық тәсілмен қазудан кейін жерасты игеру мүмкіндіктерін іздеу жүргізілуде.

Кенді өздігінен бұзатын технологиясы қуатты кен орындарын, сондай-ақ кен денелерін өңдеу кезінде орташа қуаттылықта және күрт құлдыраумен, полиметалл, мыс, темір және кендердің басқа түрлерін өндіру кезінде қолданылуы мүмкін.

Кенді өздігінен құлату – шығынды азайтатын және өнімділігі жоғары әрі ашық тау-кен жұмыстарымен бәсекелесе алатын кенді жерасты қазу тәсілі [2]. Тау-кен кәсіпорнында жерасты тау-кен жұмыстарында жоғарғы қауіпсіздіктікті қамтамасыз етумен жылдық өнімділікті, өзіндік құнын артыру жолында кенді өздігінен құлату параметрлерін дәл табу, кендерді тасымалдау және жеткізу кезінде заманауи қуатты өздігінен жүретін өзіжүргі техникаларын, ұсату жабдықтарын таңдау үшін зерттеу жұмыстары белсенді жалғасуда. Кенді өздігінен құлату қазу жүйесін қабылдаған компаниялар металл нарығында бәсекеге қабілетті, өндіріс және экономика бойынша ең тиімді болып табылады.

Өздігінен құлату жүйелері – бұл тау-кен өнеркәсібінде, әсіресе шахталар мен карьерлерде қауіпті жағдайларды басқару және жұмысшылардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қолданылатын заманауи технологиялар [3]. Бұл жүйелер жер қыртысының үстіңгі қабаттарының бақылаулы түрде қопарылуын қамтамасыз етеді, осылайша кен қазу жұмыстарында үлкен апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді.

Әдістер/зерттеулер

Ең ірі және табысты тау-кен компанияларының қызметін талдау өздігінен құлату жүйелер бүгінгі таңда ең арзан және өнімділігі жоғары әзірлеу жүйелері екенін көрсетеді. Олардың ерекшелігі бұл табиғи, мәжбүрлі жарылыссыз, кенді түбінен қиғаннан кейін массивтің құлауы – массивте қажетті өлшемдердің көлденең әсерін жасау.

Әлемдік ірі тау-кен компанияларының тәжірибелеріне сараптама жасасақ, кенді өздігінен құлату жүйесі бүгінде жер асты қазудың ең арзан әрі жоғары өнімділікті екеніне көз жеткізуге болады. Оның ерекшелігі кен массивтерін табиғи, жару жұмыстарынсыз, өздігінен құлату болып табылады. Сол себепті бұл жүйе бойынша бірнеше мемлекеттер бет бұруда (1 сурет).

Кенді өздігінен құлату технологиясы өздігінен құлауға бейім полиметаллды, мыс, темір сияқты кеннің басқа түрлерін өндіргенде қуатты кенорындарын, сонымен қатар орташа қуатты және тік құлауымен кен денелерін қазу кезінде қолданылады. Кенді өздігімен құлатумен қазу жүйе-

Сурет 1. Кенді өздігінен құлатумен қазу жүйесін қолданатын кеніштер (жоспарланған қазбалар және жұмыс істеп тұрған және жабық кеніштер).
Figure 1. Mines using the self-caving system with the use of planned workings and existing, as well as closed mines.
Рис. 1. Шахты, использующие систему самообрушения с применением планируемых выработок и действующих, а также закрытых шахт.

сінің тобы профессор В.Р. Именитовтың класстар бойынша қазу жүйесінің үшінші классына жатады [4].

Негізгі артықшылықтар – төмен шығындар және жоғары өнімділік.

Кен орнын өздігінен құлату әдісімен ашуға және өңдеуге арналған күрделі шығындар айтарлықтай болуы мүмкін болса да, жоғары өнімділік пен өндіру көлемі кез келген басқа әдіспен кен орнын игеруге қарағанда әлдеқайда жоғары [5–6]. 1 кестеде кенді өздігінен құлату жүйесі бойынша қазу жұмыстарын жүргізген кеніштерге шолу жасаймыз.

Кесте 1
Кенді өздігінен құлату жүйесі бойынша қазу жұмыстарын жүргізген кеніштердің нәтежиелері
Table 1
Results of mining operations in mines using the self-caving system
Таблица 1
Результаты горных работ на шахтах, использующих систему самообрушения

Кеніштің атауы	Кен түрі	Жылдық өнімділігі т/жыл
«Нортпаркс» Австралия (1997)	мыс-алтын	5
«Хендерсон» США	молибден	10
«Коффифентейн» ЮАР	алмаз	1,5
«Финч» ЮАР (1990)	алмаз	5,5
«Палабора» ЮАР (1996)	мыс	2
«Эль-Тениенте» Чили	мыс	10,9
«Фриипорт» Индонезия	мыс-алтын	2,5-3

Өздігінен құлату әдісінің кемшіліктері:

• *кен орнын игерудің бастапқы кезеңдеріндегі миллиондаған долларлық шығындар;*

• *өндірістің баяу өсуі;*

• *болжамдық дәлсіздік. Құлау жағдайларын алдын ала болжау технологиялары әлі де толық жетілдірілмеген. Сондықтан кейде қопарылу болатыны туралы мәліметтер дұрыс болмауы мүмкін;*

• *тұрақты бақылау қажеттілігі. Құрылыс жұмыстарын қауіпсіз жүргізу үшін әрдайым бақылау мен арнайы білімі бар мамандарды қажет етеді, бұл қосымша шығындар туғызады;*

• *тау жыныстары мен өндіру жағдайларының болжау қиын жоғары инвестициялық тәуекелді білдіреді.*

Өздігінен құлату әдісінің артықшылықтары:

– Қауіпсіздікті арттыру. Өздігінен құлау әдісі үлкен және күтпеген құлаулардың алдын алу арқылы жұмысшылардың өмірін сақтап қалуға көмектеседі.

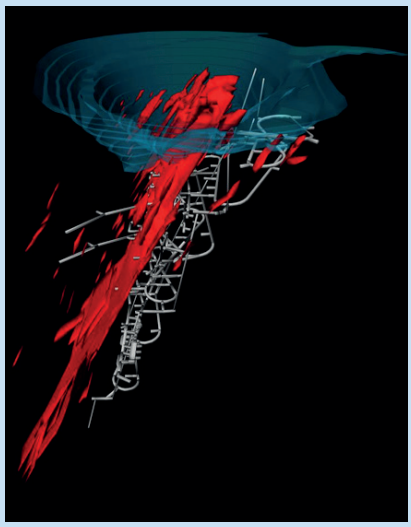
– Өндірістік тиімділік. Мұндай жүйелер пайдалы қазбаларды алу кезінде жоғалтуларды азайтып, жұмыс тиімділігін арттырады.

– Шығындарды азайту. Құлату мен апаттардың алдын алу жүйелері апаттық жағдайларды қалпына келтіруге кететін шығындарды азайтады.

Ашық қазбалар экономикалық тұрғыдан тиімді кәсіпорын болып табылады, өйткені өндірілген ресурстардың бағасы бос жынысты іріктеу шығындарынан асып түседі. Кез-келген ашық даму сыни тереңдікке жетеді және рентабельділігін жоғалтады. Минералды ресурстардың елеулі қорлары қолданыстағы игеруге қарағанда тереңірек болған жағдайда, жерасты өндіру әдістері қолданылады (2 сурет).

Ең терең ашық игеру ~1200 м, ал жер асты тау-кен жұмыстары 3000 м-ден астам тереңдікке жетуі мүмкін [7].

Көптеген қолданыстағы ашық қазбалар жер асты әдісіне көшуді жоспарлауда немесе қазірдің өзінде көшті. Үнемді және тиімді бола отырып, өздігінен құлату әдісі мұндай жобаларда жиі қолданылады.



Сурет 2. Ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу.
Figure 2. Transition from open-pit mining to underground mining.
Рис. 2. Переход от открытого способа добычи к подземному способу добычи.

Ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу кезінде [8–10] туындайтын қиындықтар:

• *Кен денесінің оңтайлы биіктігін таңдау;*

• *Кеннің барлық биіктігіне құлау қамтамасыз етілмеуі мүмкін;*

• *Карьерде және жерасты дамуында қауіпсіз бір мезгілде жұмыс істеуді қамтамасыз ету үшін төбенің ең аз қалыңдығы;*

• *Карьердегі жұмыс пен жерасты дамуын қанша уақыт біріктіруге болады;*

• *Топырақ деформациясының сипаты, олардың пайда болу уақыты және жер үсті және жер асты инфрақұрылымына әсері;*

• *Геотехникалық тәуекелдерді және оларды азайту жолдарын талдау.*

Ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу кезіндегі негізгі мәселелер:

• *Өздігінен құлауы сейсмиканың жоғарылауына әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде кенеттен құлауға әкеледі;*

• *Құлау фронтында айтарлықтай ауа қабатының дамуы тұтас құлаған жағдайда ауа жарылысына әкелуі мүмкін;*

• *Төбенің ерте құлауы жобаның сәтті аяқталуына күмән келтіруі мүмкін;*

• *Өздігінен құлауынан туындаған топырақтың деформациясы карьер беткейлерінің құлауын тудыруы мүмкін (3 сурет);*

• *Карьер еріген және жаңбыр суларын жинай алады, бұл қазудың су басу қаупін арттырады [11].*

Дегенмен, бүгінде өздігінен құлатумен жерасты қазу жүйесіне көшкен ашық қазу кеніштері біршама (2 кесте).

Палабора кенішінің ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу үлгісі (3 сурет). Жер асты қазу айтарлықтай топырақ массивінің қозғалысын тудырды. Жер бетіндегі жауын-шашын 2.5 метрге жетті, жарықтардың пайда болуы карьерден 300 метр қашықтықта байқалды [12]. Көлбеудің ішінара құлауы болды.

Өздігінен құлату жүйелерін қолдану тәжірибесі:

– Тау-кен өндірісіндегі жер асты жұмыстары:

Қауіпті қопару аймақтарында шахталарда және карьерлерде өздігінен құлату әдісі қолданылады, мұнда жыныстың үстіңгі қабатының қопарылуы алдын ала бақыланып, кеншілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін басқарылуы тиіс. Бұл әдіс қопарылатын қабаттарды бақылап, шағын апаттардың болуын алдын алады.

Кейбір шахталарда пайдалы қазбаларды алу өте қиын болған жағдайда, қопарылуға дайын емес аймақтарды «толық емес» әзірлеу әдісі қолданылады. Бұл әдіс қопарылатын қабаттың тұрақтылығын сақтау үшін, жерді алдын ала дайындықсыз қопаруға мүмкіндік береді.

– Геодинамикалық зерттеулер арқылы әдістер:

Қопарылудың алдын алу үшін геодинамикалық зерттеулер жүргізіледі, олардың негізінде қопарылудың ықтималдығын болжауға және геотехникалық басқару схемаларын құруға болады.

Қопарылу жағдайының болуына алдын ала болжам жасау үшін сейсмикалық және қысым датчиктері сияқты бақылау жүйелері қолданылады.

Кесте 2

Өздігінен құлатумен жерасты қазу жүйесіне көшкен ашық қазу кеніштері

Table 2

Quarries and opencast mines that have switched to underground mining using a self-caving system

Таблица 2

Карьеры, разрезы, перешедшие на подземную добычу с использованием системы самообрушения

Ел	Тау-кен өндірісі	Карьердің максималь-ды тереңдігі	ВРС тау-кен өндірісінің басталуы
Аустралия	Аргайль	300	2008
	Маунт Кейт кеніші	350	2015
	Нортпаркс	100	1996
Чили	Чукикамата	1100	2016
	Манса-Мина	400	2014
Индонезия	Грасберг	1000	2016
Оңтүстік Африка	Финч	420	2014
	Коффинтейн	240	1997
	Палабора	830	2001
	Премьер	190	1970
	Венетия	360	2011
АҚШ	Бингем каньоны	900	2012

Сурет 3. Палабора кенішінің ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу үлгісі.
Figure 3. Model of the transition of the Palabora mine from open pit mining to underground mining.
Рис. 3. Модель перехода рудника Палабора от открытого способа добычи к подземному способу добычи.

– Технологиялар мен жабдықтар:

Қопарылатын қабаттың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін арнайы қазу жабдықтары, мысалы, бұрғылау қондырғылары мен көтергіш құрылғылар пайдаланылады. Бұл құралдар жерді қопарғанда қабаттың қирауын алдын алу мақсатында пайдаланылады.

Қазіргі кезде қопарылуды бақылап, дабыл жүйелерімен жұмыс жасайтын автоматты бақылау жүйелері қолданылады, бұл жұмысшыларды қауіптен құтқарып қалуға мүмкіндік береді.

– Карьерлердегі қолдану тәжірибесі:

Ашық жерлерде қолданылатын әдістер, мысалы, «қорғаныш қабаттар» немесе «құлаудың алдын алу қабаттары» әдістері, жерді қазу кезінде тұрақты бақылауды қамтамасыз етеді. Бұл әдістер қабаттардың біркелкі қопарылуын қамтамасыз ету арқылы кеніштің қауіпсіздігін арттырады.

Оңтүстік Африка Республикасында тау-кен өнеркәсібі саласындағы қауіпсіздікке ерекше назар аударылады. Мұнда жер қыртысының өзгерістерін бақылайтын технологияларды қолдану арқылы үлкен қопарылулар мен апаттардың алдын алу жүзеге асырылады. Бұл тәжірибе жұмысшылардың қауіпсіздігін арттыруға және апаттардың санын азайтуға мүмкіндік береді.

Нәтижелер

Өздігінен құлау (қопарылатын қақпақ) жүйелерін қолданудың экономикалық көрсеткіштері

Өздігінен қопарылатын қақпақ жүйелерін тау-кен өнеркәсібінде қолдану экономикалық көрсеткіштермен тығыз байланысты. Бұл жүйелер қауіпсіздікті арттырып, шығындарды азайтуға мүмкіндік береді, сондай-ақ өндіріс тиімділігін арттырып, кәсіпорынның жалпы экономикасына оң әсер етеді.

1. Апаттық жағдайлар мен қалпына келтіру шығындарын азайту

Апаттар шығындарын төмендету. Өздігінен қопарылатын қақпақ технологияларын енгізу кеніштерде кенеттен қопарылу жағдайларын азайтады. Бұл құрылымдардың зақымдалуына және жұмысшылардың жарақат алуына байланысты шығындарды азайтуға көмектеседі.

Құтқару жұмыстарына кететін шығындарды азайту. Бақылау мен мониторинг жүйелері алдын ала қопарылу қауіпін болжауға мүмкіндік береді, бұл жұмысшыларды эвакуациялау уақытын қысқартады және құтқару операцияларына кететін шығындарды азайтады.

2. Шығын материалдары мен еңбек шығындарын оңтайландыру

Ресурстарды тиімді пайдалану. Өздігінен қопарылу жүйелері қопаруды тұрақтандыруға қажетті қосымша жұмыстарды азайтуға мүмкіндік береді, бұл құрылыс материалдары, мысалы, анкерлеу қондырғылары, металл құрылымдары және басқа да материалдарға кететін шығындарды оңтайландырады.

Еңбек шығындарын азайту. Бұл технологиялар қақпақтың жағдайын бақылауды және тұрақтандыруды азайтуға мүмкіндік береді, бұл жұмысшылардың санын қысқартуға және өнімділікті арттыруға әкеледі.

3. Өндірістік тиімділікті арттыру

Шахтаның немесе карьердің жұмыс мерзімін ұзарту. Өздігінен қопарылу әдістері жұмыс жағдайларын тұрақтандырып, шахталардың және карьерлердің пайдалану мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Алдын ала болжау мен бақылау қабаттардың қауіпсіздігіне оң әсер етеді, бұл кен орнын игерудің тиімділігін арттырады.

Қазбаны шығару кезіндегі жоғалтуларды азайту. Қопарылуды бақылау арқылы кенді өндіру кезінде үлкен шығындарды болдырмауға болады, бұл пайдалы қазбалардың жоғалуын азайтып, қайта өңдеу және қалпына келтіру шығындарын төмендетеді.

4. Технологиялар мен жабдықтарға инвестициялар

Құрылғыларды енгізу және техникалық қамтамасыз ету шығындары. Өздігінен қопарылу жүйелерін енгізу үшін бастапқыда қымбат жабдықтар мен мониторинг жүйелеріне инвестиция салу қажет. Алайда бұл шығындар ұзақ мерзімді экономикалық пайдамен өтеледі, өйткені апаттар саны азайып, қауіпсіздік пен өндірістің тиімділігі арттырады.

Құрылғылардың амортизациясы. Қазіргі заманауи технологиялар, мысалы, сейсмографтар, қысым және температура датчиктері, тұрақты техникалық қызмет көрсетуді және ауыстыруды қажет етеді. Бұл қосымша шығындарға әкеледі, бірақ бұл технологиялар жүйенің үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етіп, қымбатқа түсу ықтималдығын азайтады.

5. Жанама экономикалық артықшылықтар

Репутацияны арттыру және инвестициялар тарту. Қауіпсіз және заманауи технологияларды енгізетін компаниялар инвесторлардың назарын аударады және халықаралық нарықтарда өздерінің имиджін жақсартады. Бұл капиталды төмен пайызбен алу және сыртқы қаржыландыруға қол жеткізу мүмкіндіктерін арттырады.

Сақтандыру шығындарын азайту. Қауіпсіздік шараларын енгізген компаниялар әдетте сақтандыру компанияларынан арзан сақтандыру шарттарын алады, себебі тәуекелдер азаяды.

6. Ұзақ мерзімді экономикалық пайда

Ұзақ мерзімді шығындарды үнемдеу. Өздігінен қопарылу жүйелері қақпақтың тұрақтылығын қамтамасыз ету және геологиялық зерттеулер жүргізу шығындарын азайтады, бұл шахталар мен карьерлердің ұзақ мерзімді эксплуатациясында тиімді болады.

7. Экологиялық шығындарды азайту

Өздігінен қопарылуды бақылау экологиялық тәуекелдерді, мысалы, су көздерінің ластануын немесе экожүйелердің бұзылуын азайтады. Бұл экологиялық апаттармен күресуге арналған шығындарды айтарлықтай төмендетеді.

Нәтижелерді талқылау

Экономикалық есептеулер мысалдары:

Апаттық шығындарды азайту: Оңтүстік Африкада жүргізілген зерттеуде, өздігінен қопарылу жүйесін енгізу

апаттар санын 30%-ға төмендетіп, жылына 5 миллион доллар үнемдеуге мүмкіндік берді.

Өндіріс тиімділігін арттыру: Қақпақ жағдайын бақылау жүйесі енгізілген шахтада өндіріс көлемі 15%-ға артты, бұл жылына 3 миллион доллар қосымша пайда әкелді.

Қорытынды

Қорыта айтқанда, өздігінен қопару жүйелері тау-кен өнеркәсібінде үлкен қауіп-қатерлерді басқару және ресурстарды тиімді пайдалану үшін маңызды элемент болып табылады.

Кенді өздігінен бұзатын игеру жүйелері дамыған тау-кен өндіру елдерінің қуатты кен орындарында негізгі болып табылады. Жеке топқа бөліну, олар өндіріс көрсеткіштері бойынша да қарқынды дамыды. Ашық тау-кен жұмыстарының өзіндік құны мен өнімділігімен салыстыруға болады.

Өздігінен құлайтын жүйелер қолдану мүмкіндігін жасайды, ең қуатты заманауи техниканы жеткізу, тасымалдау, ұсақтау кезінде, бұл да өте тартымды: машиналар мен жабдықтардың шағын паркі жылына миллиондаған тонна тауарлық кен өндіруді қамтамасыз етеді.

Шығарылымды дұрыс жоспарлау және бақылау кезінде шығару көрсеткіштері жоғары деңгейде: шығындар мен разубоживание айтарлықтай қымбат даму жүйелерін қолданумен салыстыруға болады.

Төмен шығынды технологиялар рудалы кен орындарын, кен орындарының жоғары экономикалық учаскелерін игеруге мүмкіндік береді, ал қымбат жүйелерде олар тиімсіз пайда болады.

Қорытынды: Өздігінен құлату әдісін қолдану бірқатар күрделі геотехникалық мәселелермен байланысты, дегенмен, тәжірибе көрсеткендей, олар шешіледі. Ең басты кілті сапалы геологиялық және геомеханикалық ізденістер болып табылады.

Өздігінен қопарылу жүйелері тау-кен өнеркәсібінде үлкен экономикалық пайда әкелетін технологиялар болып табылады. Бастапқыда қымбат тұратын инвестициялар мен жабдықтарды ескере отырып, апаттар мен апаттық жағдайлардан үнемдеу, қауіпсіздік пен өнімділікті арттыру және материалдық шығындарды азайту осы технологиялардың экономикалық тиімділігін айқын көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Упадхай Р. Пайдалы қазбалар кен орындары: Сингапур: Springer, 2025. Б. 423–494 (ағылшын тілінде)*
2. *Кузьмин Е.В., Өзбекова А.Р. Жерасты өндірісі кезінде кеннің өздігінен жойылуы: М.: МГМУ, 2006. Б. 200–220 (орыс тілінде)*
3. *Сандық кескіндердің корреляциясына негізделген жақын қашықтықтағы көмір қабаттарының дамуындағы шатырдың деформациясы мен бұзылу заңын зерттеу / Ян С. [және т. б.] // Эксперименттік әдістер. 2024. Т. 48. 1005–1026 (ағылшын тілінде)*
4. *Стариков Н.А. Кен орындарын игеру жүйелері: М.: Металлургиздат, 1967. Б. 528–536 (орыс тілінде)*
5. *Өндірілген кеңістіктегі құлаған шатырдың дизайн формасы мен эволюциясының сипаттамалары / Ли Ю. [және т. б.] // Мейтан Сюебао. Қытай көмір қоғамының журналы. 2021. Т. 46. Б. 3771–3780 (ағылшын тілінде)*
6. *АҚШ-тың тау-кен өнеркәсібінде шатыр якорьлерін қолданумен байланысты жазатайым оқиғалар мен жарақаттарды талдау / Саммарко Дж.Дж. [және т. б.] // Транзакциялар. 2016. Т. 340. Б. 11–20 (ағылшын тілінде)*
7. *Именитов В.Р. Қуатты кен орындарын игеру жүйелері: М.: Металлургиздат, 1955. Б. 92–95 (орыс тілінде)*
8. *Ашық тау-кен жұмыстарынан жерасты жұмыстарына өту кезінде тау жыныстарының құлауын бақылау әдісі / Ли Х.Ю. [және т. б.] // Солтүстік-шығыс университетінің журналы (жаратылыстану ғылымдары). 2015. Т. 36. Б. 419–422, 447 (ағылшын тілінде)*
9. *Кешенді ашық және жерасты тау-кен жұмыстарының экологиялық таза технологиялары / Ступник Н. [және т. б.] // Тау-кен шолуы. 2024. Б. 25–31 (орыс тілінде)*
10. *Верма Чандрани, Сони Абхай. Ашық дамудан жер астына өту кезінде тәж бағанының тұрақтылығы: IntechOpen, 2024. Б. 3–14 (ағылшын тілінде)*
11. *Тау-кен жөніндегі анықтамалық. Жерасты жұмыстары / Ред. А.М. Терпигорев, Р.П. Каплунов. М.: Тау-кен жөніндегі әдебиеттің мемлекеттік ғылыми-техникалық баспасы, 1961. Б. 808 (орыс тілінде)*
12. *Доусон Л.Р. Австралияда Нортпаркес шахталарында алғашқы блокты үңгірді игеру-Индевор кен орны: Австралия тау-кен және металлургия институты, 1995. Б. 155–164 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Upadhyay R. Mineral Deposits: Singapore: Springer, 2025. 423–494 pp. (in English)*
2. *Kuzmin E.V., Uzbekova A.R. Samoobrushenie rudy pri podzemnoi dobyche [Self-caving of ore during underground mining], Moscow: MGMU, 2006. 200–220 pp. (in Russian)*

3. *Study on Roof Deformation and Failure Law of Close Distance Coal Seams Mining Based on Digital Image Correlation / Yang S. [et al.] // Experimental Techniques. 2024. V. 48. 1005–1026 pp. (in English)*
4. *Starikov N.A. Sistemy razrabotki mestorozhdenii [Systems of deposit development], Moscow: Metallurgizdat, 1967. 528–536 pp. (in Russian)*
5. *Structure form and evolution characteristics of collapsed roof in goaf / Li Y. [et al.] // Meitan Xuebao. Journal of the China Coal Society. 2021. V. 46. 3771–3780 pp. (in English)*
6. *An analysis of roof bolter fatalities and injuries in U.S. mining / Sammarco J.J. [et al.] // Transactions. V. 340. 11–20 pp. (in English)*
7. *Imenitov V.R. Sistemy razrabotki moshchnykh mestorozhdenii [Systems for developing powerful deposits], Moscow: Metallurgizdat, 1955. 92–95 pp. (in Russian)*
8. *Control method of rock caving hazard during transition from open pit to underground mining / Li H.Y. [et al.] // Journal of Northeastern University (Natural Science). 2015. V. 36. 419–422, 447 pp. (in English)*
9. *Ekologicheski chistye tekhnologii kompleksnoi otkrytoi i podzemnoi dobychi poleznykh iskopaemykh [Environmentally friendly technologies of integrated open and underground mining], Stupnik, N. [et al.], Gornoe obozrenie [Mining Review]. 2024. 25–31 pp. (in Russian)*
10. *Verma Chandrani, Soni, Abhay. Stability of Crown Pillar during Transition from Open Pit to Underground Mining: IntechOpen, 2024. 3–14 pp. (in English)*
11. *Spravochnik po gornorudnomu delu. Podzemnye raboty [Handbook of Mining. Underground Works], Edited by A.M. Terpigorev, R.P. Kaplunov. Moscow: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo gornoi literatury, 1961. 808 p. (in Russian)*
12. *Dawson L.R. Developing Australia's First Block Cave Operation at Northparkes Mines – Endeavour Deposit: The Australian Institute of Mining and Metallurgy, 1995. 155–164 pp. (in English)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Упадхьяй Р. Месторождения полезных ископаемых: Сингапур: Springer, 2025. С. 423–494 (на английском языке)*
2. *Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р. Самообрушение руды при подземной добыче: М.: МГМУ, 2006. С. 200–220 (на русском языке)*
3. *Исследование закона деформации и разрушения кровли при разработке угольных пластов на близком расстоянии на основе корреляции цифровых изображений / Ян С. [и др.] // Экспериментальные методы. 2024. Т. 48. С. 1005–1026 (на английском языке)*
4. *Стариков Н.А. Системы разработки месторождений: М.: Металлургиздат, 1967. С. 528–536 (на русском языке)*
5. *Форма конструкции и характеристики эволюции обрушившейся кровли в выработанном пространстве. / Ли Ю. [и др.] // Мэйтан Сюэбао. Журнал Китайского угольного общества. 2021. Т. 46. С. 3771–3780 (на английском языке)*
6. *Анализ несчастных случаев и травм, связанных с применением кровельных анкеров в горнодобывающей промышленности США. / Саммарко Дж.Дж. [и др.] // Транзакции. 2016. Т. 340. С. 11–20 (на английском языке)*
7. *Именитов В.Р. Системы разработки мощных месторождений: М.: Металлургиздат, 1955. С. 92–95 (на русском языке)*
8. *Метод контроля опасности обрушения горных пород при переходе с открытого на подземный способ добычи / Ли Х.Й. [и др.] // Журнал Северо-Восточного университета (естественные науки). 2015. Т. 36. С. 419–422 (на английском языке)*
9. *Экологически чистые технологии комплексной открытой и подземной добычи полезных ископаемых. / Ступник Н. [и др.] // Горное обозрение. 2024. С. 25–31 (на русском языке)*
10. *Верма Чандрани, Сони Абхай. Устойчивость колонны короны при переходе от открытой разработки к подземной: IntechOpen, 2024. С. 3–14 (на английском языке)*
11. *Справочник по горнорудному делу. Подземные работы / Под ред. А.М. Терпигорева, Р.П. Каплунова. М.: Государственное научно-техническое издательство горной литературы, 1961. 808 с. (на русском языке)*
12. *Доусон Л.Р. Разработка первой в Австралии блочной пещерной разработки на шахтах Нортпаркес – месторождение Индевор: Австралийский институт горного дела и металлургии, 1995. С. 155–164 (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:
Хусан Б., ПҚКӨ кафедрасының аға оқытушысы, Ph.D, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), *husanb@mail.ru;* 0000-0003-0996-348X
Имашев А.Ж., ПҚКӨ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Ph.D, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), *a.imashev@kstu.kz;* 0000-0002-9799-8115
Ивадилинова Д.Т., Ph.D, ПҚКӨ кафедрасының доцент м.а., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), *dinulb@mail.ru;* 0000-0002-9731-0587
Искаков Р.Ж., ПҚКӨ кафедрасының 2 курс докторанты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), *Rusik91R@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0000-1261-4921

Information about the authors:
Khussan B., senior lecturer of the Department of Working out of mineral deposits, Ph.D, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)
Imashev A.Zh., Associate Professor of the Department of Working out of mineral deposits, Ph.D, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)
Ivadilinova D.T., Ph.D, Acting docent of the Department of Working out of mineral deposits, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)
Iskakov R.Zh., 2nd year doctoral student of the Department of Working out of mineral deposits, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Сведения об авторах:
Хусан Б., старший преподаватель кафедры РМПИ, Ph.D, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)
Имашев А.Ж., ассоциированный профессор кафедры РМПИ, Ph.D, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)
Ивадилинова Д.Т., Ph.D, и.о. доцента кафедры РМПИ, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)
Искаков Р.Ж., докторант 2 курса кафедры РМПИ, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

VICTORIA FORTRESS chemical solutions

ТОО "VICTORIA FORTRESS ALMATY"
050059, Республика Казахстан,
г.Алматы, пр.Аль-Фараби 13,
БЦ «Нурлы-тау» 2В, 601

Tel: + 7 701 796 88 55/ + 7 771 796 88 88
Email: almaty@vf-chem.com

www.vfchemical.com

Код МРНТИ 38.21.01

A. Duisebekova*, A. Ubaydullaeva, A. Seytmetova, A. Yerimova
Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan)

STUDY OF GEOLOGICAL PROCESSES IN SOUTHERN KAZAKHSTAN UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE

Abstract. The article presents the results of a study of geological processes occurring in the territory of Southern Kazakhstan. The analysis of the spatial and temporal dynamics of water and wind erosion, mudflow formation, landslides and slope deformation is carried out. Based on stratigraphic, paleotectonic and lithological data, the characteristic of the geodynamic development of the region is presented. The accumulation of thick sedimentary rock strata in intermountain depressions and the transformation of tectonic relief, the activation of exogenous processes in the context of modern climatic changes are noted. The work highlights the importance of the geological approach for forecasting modern geological risks and sustainable development of natural resources. The results can be applied in the design and operation of engineering structures in seismically active and erosion-hazardous areas of Southern Kazakhstan.
Key words: *Southern Kazakhstan, geological processes, climatic changes, erosion, tectonics, paleogeography, stratigraphy.*

Климаттық өзгерістердің әсерінен Оңтүстік Қазақстанның геологиялық процестерін зерттеу

Аңдатпа. Мақалада Оңтүстік Қазақстан аумағында болып жатқан геологиялық процестерді зерттеу нәтижелері келтірілген. Су және жел эрозиясы, селдің пайда болуы, көшкін және беткейлердің деформациясы процестерінің кеңістіктік-уақыттық динамикасына талдау жүргізілді. Стратиграфиялық, палеотектоникалық және литологиялық мәліметтер негізінде аймақтың геодинамикалық дамуының сипаттамасы келтірілген. Тау аралық ойпаттарда шөгінді жыныстардың қуатты қабаттарының жинақталуы және тектоникалық рельефтің өзгеруі, қазіргі климаттық өзгерістер контекстінде экзогендік процестердің белсендірілуі байқалды. Жұмыс қазіргі геологиялық тәуекелдерді болжау және табиғи ресурстарды тұрақты игеру үшін геологиялық тәсілдің маңыздылығын көрсетеді. Нәтижелер Оңтүстік Қазақстанның сейсмикалық-белсенді және эрозиялық-қауіпті аудандарындағы инженерлік құрылыстарды жобалау және пайдалану кезінде қолданылуы мүмкін.
Түйінді сөздер: *Оңтүстік Қазақстан, геологиялық процестер, климаттық өзгерістер, эрозия, тектоника, палеогеография, стратиграфия.*

Изучение геологических процессов Южного Казахстана под влиянием климатических изменений

Аннотация. В статье представлены результаты исследования геологических процессов, происходящих на территории Южного Казахстана. Проведен анализ пространственно-временной динамики процессов водной и ветровой эрозии, селеобразования, оползней и деформации склонов. На основе стратиграфических, палеотектонических и литологических данных представлена характеристика геодинамического развития региона. Отмечено накопление мощных толщ осадочных пород в межгорных впадинах и трансформации тектонического рельефа, активизацией экзогенных процессов в контексте современных климатических изменений. Работа подчеркивает значимость геологического подхода для прогнозирования современных геологических рисков и устойчивого освоения природных ресурсов. Результаты могут быть применимы при проектировании и эксплуатации инженерных сооружений в сейсмоактивных и эрозионно-опасных районах Южного Казахстана.
Ключевые слова: *Южный Казахстан, геологические процессы, климатические изменения, эрозия, тектоника, палеогеография, стратиграфия.*

Introduction

South Kazakhstan is a region with diverse geological structures that are affected by climate change. In recent decades, there has been a clear climate change that affects ecological and geological processes, including soil erosion, changes in water resources, mudslides, and other geodynamic phenomena. In this regard, the study of the geological processes of Southern Kazakhstan in the context of climate change is of great importance for understanding how climate change affects the sustainability of natural systems and infrastructure in the region [1].

Geological processes such as the activation of mudflows, changes in the water balance of rivers, intensive destruction of rocks and soil erosion are closely related to climatic factors such as rising temperatures, changes in precipitation and the frequency of extreme climatic events. These processes can lead to serious consequences for ecosystems, as well as for the economic activities and livelihoods of the population.

Research in this area is important for developing strategies for adaptation to climate change, effective management of water resources, improving infrastructure to prevent natural disasters, as well as for implementing measures to conserve the region's natural resources. With the help of such studies, it is possible not only to assess current geodynamic changes, but also to predict possible consequences for future generations, contributing to the sustainable development of Southern Kazakhstan in a changing climate [2].

In connection with the above, this study aims to identify the relationship between climate change and geological processes, as well as to develop recommendations for minimizing risks and adapting the region to new climatic conditions.

The purpose: to study the impact of climate change on the geological processes of Southern Kazakhstan in order to identify patterns of changes in natural processes, assess their impact on the ecological and socio-economic state of the region, as well as develop recommendations for minimizing risks associated with climatic fluctuations and effective management of natural resources in a changing climate.

The characteristic of the geological appearance of Southern Kazakhstan, caused by climatic changes, can be given taking into account multiple aspects. South Kazakhstan is a territory that includes the Turkestan, Zhambyl, Kyzylorda regions and the south of Zhetysu. The area is characterized by a continental, arid climate with hot summers and cold winters. There is little precipitation, which affects all geological and natural processes [3].

The arid climate promotes intensive physical weathering of rocks, especially in foothill and desert areas (Kyzylkum, Moyinkum). Heavy rains, although rare, cause pronounced erosion processes – gullies and gullies form, and the upper soil layers are washed away. The wind increases deflation – which is the blowing of small particles, especially in desert areas, which leads to the formation of dunes and sandy massifs. Rivers (Syrdarya, Shu, Talas) in arid climates bring a large amount of sedimentary material – alluvium. This contributes to the formation of fertile valleys, but also changes the structure of geological strata. When the climate changes (for example, during periods of cooling or warming), riverbeds move, which deposits new soil layers and changes the geological structure of valleys [4, 5].

Under evaporation conditions (at high temperatures and rare precipitation), salt marsh and gypsum deposits form, especially in areas of former lakes and depressions. This reflects the geochemical evolution of the region. During the Quaternary period (Pleistocene and Holocene), the climate of Southern Kazakhstan changed several times. This led to:

- regressions and transgressions of ancient lakes (for example, the Aral Sea);
- the formation of loess deposits in the foothills of the Tien Shan;
- the formation of terraces along rivers that record the alternation of wet and dry epochs [6].

Modern climatic and geological threats include: desertification of territories due to rising temperatures and lowering ground water levels; dust storms as a result of soil erosion; activation of mudflow processes in the mountains in case of short-term rains. The geological appearance of Southern Kazakhstan is largely shaped and continues to change under the influence of climate. Aridity, sudden temperature fluctuations and rare but powerful precipitation contribute to active processes of weathering, erosion, precipitation accumulation and changes in the geomorphology of the region.

The valley of the Syrdarya River with climatic and geological changes. The Syrdarya is the largest river in the region and plays a key role in the formation of alluvial deposits. Climatic fluctuations (especially droughts) led to: the movement of the riverbed and the creation of ancient riverbeds – «yailov»; drainage of swamps and estuaries, which are now represented as salt flats; terraces formed around the valley, indicating the ancient phases of fluctuation of the water level. Geological consequences: the growth of thick layers of sandy-clay alluvium; formation of fertile but saline soils [7].

The foothills of Karatau are located at the junction of the desert and the mountainous climate. The influence of climatic factors (high temperature fluctuations, rare showers) causes physical weathering of rocks, mudflows after heavy rains, accumulation of loess and detrital material at the foot of the slopes. Geological consequences the formation of loess covers – loose, easily eroded. Activation of landslide processes at high humidity. The development of erosive relief forms – gullies [8].

Methods and materials

In the framework of this study, an integrated approach was used, including both materials from traditional geological methods and the theory of modern spatial analysis technologies. Lithological and stratigraphic analysis is used to study the sequence of sedimentary and igneous rocks in geological sections of Southern Kazakhstan, with the identification of rock characteristics by geological era. Paleotectonic analysis is used to reconstruct the tectonic evolution of a region in various geological periods, taking into account the formation of folded systems, faults and rift structures. Analysis of scientific, archival and stock materials – using data from the Geological Survey of Kazakhstan [9, 10]. The comparative geochronological method is used to establish the sequence of geodynamic events and compare processes in different structural and tectonic zones of the region. The research covered key geological regions of Southern Kazakhstan, including the foothills of the Tien Shan, the Karatau Range and other large geostructural units.

Results

The geological structure of the southern region of the Republic of Kazakhstan (RK) is diverse and complex (fig. 1). This region covers such regions as Turkestan, Zhambyl, Kyzylorda and partially Almaty regions. Southern Kazakhstan is located at the junction of various tectonic structures, including folded and platform zones. A brief overview of the geological structure.

1. *Tectonic structures.* The south of Kazakhstan is a part of the Tien Shan folded region and partly of the South Kazakhstan Plate. The following main tectonic zones are distinguished here. The Northern Tien Shan is a folded system formed as a result of Hercynian and later Alpine tectonics. It is represented by the Karatau, Talas Alatau and other ridges. The Turanian plate (platform) is a relatively stable structure covered by a sedimentary cover located in the west and southwest of the region. The Ferghana Trough is an intermountain depression that partially enters the southern regions of Kazakhstan.

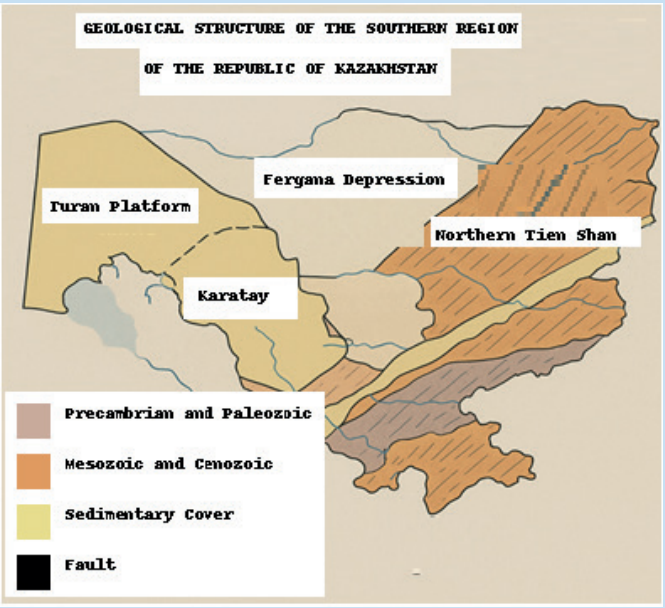


Figure 1. Map of the geological structure of the Earth's surface in the southern region of the Republic of Kazakhstan.
Сурет 1. ҚР оңтүстік өңірінің жер беті құрылымының геологиялық құрылымының картасы.
Рис. 1. Карта геологической структуры строения земной поверхности южного региона РК.

2. *Lithological composition.* Precambrian and Paleozoic formations predominate in mountainous areas (for example, Karatau), and include metamorphosed shales, quartzites, limestones, and granites. Mesozoic and Cenozoic – widespread in the foothills and plains, especially in the basins of the Syrdarya and Chu rivers. Sandstones, clays, conglomerates and alluvial deposits predominate here. Sedimentary cover – within the Turanian plate, its thickness reaches several kilometers, and includes oil and gas horizons.

3. *Minerals.* Southern Kazakhstan is rich in mineral resources:
- *phosphorites (Karatau);*
- *uranium (deposits of Issyk-Kul, Yuzhny Inkul, etc.);*
- *polymetals (lead, zinc, silver);*
- *building materials (gypsum, limestones, clays);*
- *groundwater and thermal waters.*

4. *Modern geological processes.* Seismicity – southern Kazakhstan is located in a zone of increased seismic activity. Karst processes are characteristic of Karatau limestone rocks. Erosion and deflation are active in desert and semi-desert areas, especially in the Kyzylorda region.

This is a brief diagram of the geological structure of the southern region of the Republic of Kazakhstan. It shows the main tectonic and geological elements. The Turanian plate is located in the west, covered by a powerful sedimentary cover. The Northern Tien Shan and Karatau are folded mountain ranges in the central and eastern parts. The Ferghana Trough is an intermountain depression in the southeastern edge. Tectonic boundaries are dotted. The Turan platform is a large geostructural unit covering the west and south-west of Kazakhstan (Kyzylorda region and part of Turkestan). It is a stable area of the earth's crust with a thick sedimentary cover (table 1).

The Kumkol group of deposits – large deposits of oil and gas in the Jurassic sandstones. Aryskum, Aktobe, Yuzhny Turgay – promising oil and gas exploration areas. Reservoirs porous sandstones of Jurassic and Cretaceous. Tires, clay and salt deposits of the Cenozoic. Tectonic stability: little disturbed by faults, slow vertical movements. It is prone to precipitation accumulation, especially in the interfluves of the Syr Darya and Arys rivers.

The Turan Platform is one of the largest platform structures in Central Asia, covering a significant part of Western and Southern Kazakhstan. Its stratigraphic column reflects a long geological evolution from the Precambrian to the Cenozoic and is characterized by a pronounced platform sedimentary sequence (fig. 2).

Precambrian – the basement of the platform is represented by deep-lying metamorphosed complexes of the Archean-Proterozoic age, consisting mainly of gneisses, crystalline schists and granitoids. They do not come out on the surface, they are studied using seismic and drilling data. Paleozoic – the Paleozoic era is represented in a limited way in the column. Devonian and Carboniferous deposits are mainly developed in the southern and eastern parts of the platform, represented by terrigenous and carbonate strata, including limestones and dolomites. They indicate the development of marine basins and reef structures during a period of relative tectonic stability. Mesozoic – Triassic, Jurassic, and Cretaceous sediments are widely developed. Triassic it is mainly represented by conti-

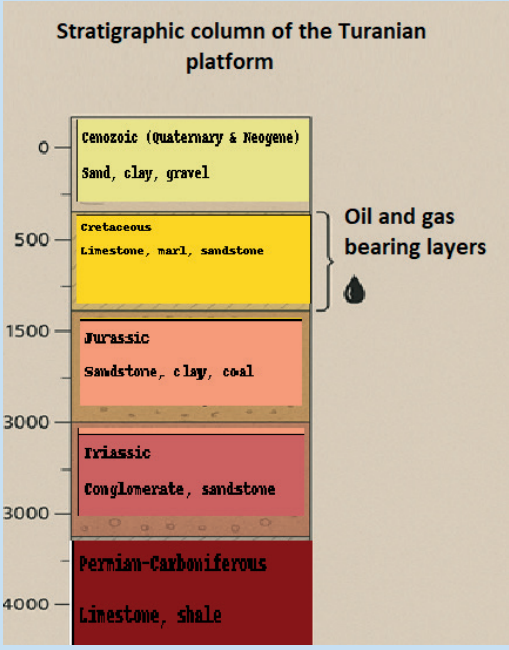


Figure 2. Sequence of geological layers of the stratigraphic column of the Turanian platform.
Сурет 2. Тұран платформасының стратиграфиялық бағанының геологиялық қабаттарының реттілігі.
Рис. 2. Последовательность геологических слоев стратиграфической колонки Туранской платформы.

Table 1

Кесте 1

Таблица 1

The structure of the sedimentary cover

Шөгінді платформаның құрылымы

Строение осадочной платформы

The geological period	Depth of occurrence, м	The main breeds	Characteristic
Cenozoic (Quaternary, Neogene)	0–500	Clays, sands, pebbles, Alluvial and Aeolian deposits	Modern precipitation, often aquifers
Cretaceous (Cretaceous system)	500–1500	Limestones, marls, and sandstones	Hydrocarbon Reservoir sites
Jurassic	1500–3000	Sandstones, clays, coals	Major oil and gas horizons (for example, in the Kumkol area)
The Triassic	3000–4000	Conglomerates, sandstones	Deep reservoirs, sometimes with oil/gas residues
Perm and carboniferous (in places)	> 4000	Limestones, shales	Residual sections of the foundation

nental terrigenous deposits – sandstones and siltstones. Jurassic characterized by alternating marine and lagoon facies with a predominance of coal-bearing layers, which is associated with the formation of swampy conditions. Chalk it is represented by thick strata of sandstones, clays and marls, including those of marine origin, which indicates transgression. Cenozoic – the most powerful part of the sedimentary cover. Paleogene represented by marine clays, limestones, phosphorites. Neogene and Quaternary period: expressed in the form of continental Alluvial, Lacustrine and Aeolian deposits. During this period, precipitation actively accumulated in an arid climate and the modern stage of tectonic uplift and erosion began. Features

The total thickness of the sedimentary cover reaches 5–8 km in the troughs and intermountain depressions. The column is well stratified, especially in oil and gas bearing areas, which makes the region important from the point of view of geological exploration. Here is the stratigraphic column of the Turanian platform. It shows the sequence of geological layers from the Cenozoic to the Carboniferous/Permian, indicating the depths, rock types and oil and gas horizons (fig. 3).

3D figure of the section of the Turan platform: the sedimentary cover layers are presented indicating the geological periods (from the Cenozoic to the Permian), as well as hydrocarbon deposits in the Jurassic and Cretaceous sandstones. Aquifers of the Turan platform, especially in the south of Kazakhstan (Kyzylorda and Turkestan regions) (table 2).

The Syrdarya Valley is the most water-rich area with a developed upper alluvial horizon. Arys-Turkestan region has a developed shallow aquifer used for household needs and irrigation. Kyzylorda region – lenticular horizons of fresh water in saline sediments are frequent and require local study. Hydrogeological significance: the main horizons are used for centralized and decentralized water supply; agriculture (irrigation); for drinking and technical needs. Waters often have high pressure (pressure horizons), especially at depths > 300 m.

The modern geological structure of the Karatau plate (Karatau ridge/anticlinorium), located in the southern region of the Republic of Kazakhstan, is part of the complex tectonic

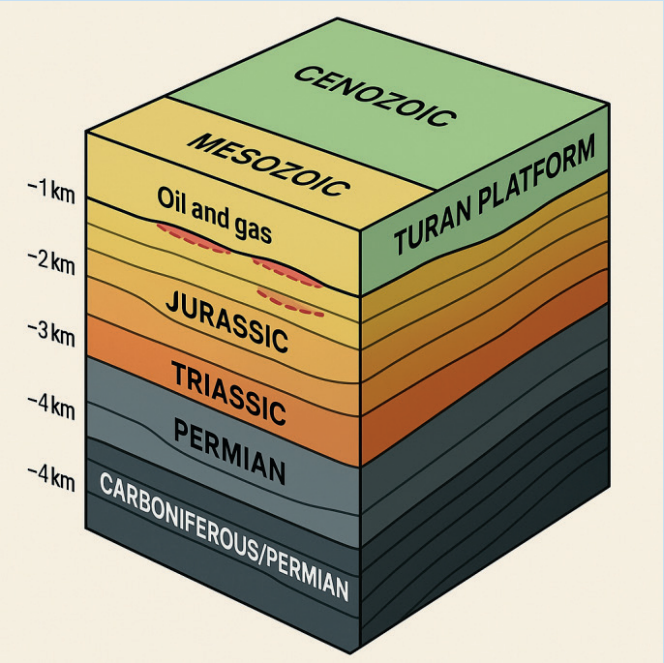


Figure 3. Total thickness of sedimentary rock of the Turanian platform.
Сурет 3. Тұран платформасының шөгінді жыныстарының жалпы қуаты.
Рис. 3. Общая мощность осадочной породы Туранской платформы.

and structural framework of the Tien Shan orogenic belt. Lies in the transitional zone between the Turan Platform (west) and the Tien Shan orogen (east). Extends NW-SE across Turkistan and Zhambyl regions. Karatau is a Paleozoic fold system forming an anticlinorium structure. It is uplifted and deformed, with numerous thrusts and faults. Represents a structural high, separating deep sedimentary basins.

Changes in the geological structure of the earth's surface in the southern region of the Republic of Kazakhstan under the

Table 2

The main aquifers of the Turan platform

Кесте 2

Тұран платформасының негізгі Сулы қабаттары

Таблица 2

Основные водоносные горизонты платформы Туран

Geological level	Depth of occurrence, м	Type of waters	Characteristic
Quaternary (Cenozoic)	0–50	Fresh (HCO_3-Na, HCO_3-Ca)	Alluvial-delta and floodplain deposits along the Syr Darya. The main source of water supply.
Pliocene–Miocene (Neogene)	50–300	Slightly Mineralized	Sandy-clay strata are often used for land reclamation.
Cretaceous (Cretaceous system)	300–600	Fresh and slightly mineralized	Interplastic horizons, occur in sandstones and limestones.
Jurassic	600–1500	Brackish – mineralization up to 5–10 g/l	Deep waters are found in areas with fractured reservoirs.
Triassic and below	> 1500	Highly mineralized	They are practically not used because of the salinity and depth.

influence of climatic factors are an important aspect of modern geomorphology and engineering geology.

Changes in the geological structure under the influence of climate. 1. Aridization (increased aridity): South Kazakhstan belongs to the zone of arid and semiarid climate, which leads to increased wind erosion (Aeolian processes – dunes, sand ridges); deflation and blowing of fine earth from the surface of the sedimentary cover; formation of salt marshes and dry lake basins (like Sarykamys). 2. Fluctuations in groundwater and surface water levels: climate change affects water exchange in aquifers reduction of groundwater level → shallowing of springs and wells; the salinity of soils increases with the rise of saline groundwater; clay shrinkage and fracturing in Cenozoic sediments. 3. Surface processes (modern geodynamic changes): landslides and landslides in clay and loess rocks with rare but heavy rainfall; karst processes in limestones (especially in areas of Cretaceous deposits); fluvial processes – processing of Syrdarya, Arys, and Chu river valleys formation of new river terraces; activation of riverbed erosion 4. Climatic cycles of the Quaternary period: traces of glacial and interglacial epochs are pronounced fluctuations in the thickness of Quaternary sediments; alternating humus and barren horizons. The changes are most noticeable in the Ferghana and Chu-Sarysui basins – weathering, deflation, carbonate crusts; the foothills of Karatau and Talas Alatau – active talus, mudflows; in Kyzylkum – progressive desert with shifting sands (fig. 4).

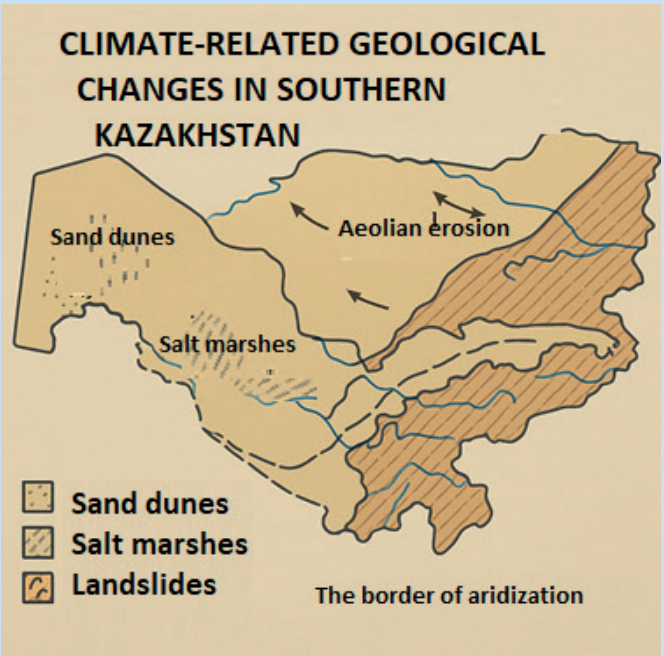


Figure 4. Geological climate-induced changes in the southern region of Kazakhstan.
Сурет 4. Қазақстанның оңтүстік өңіріндегі климаттан туындаған геологиялық өзгерістер.
Рис. 4. Геологические изменения, вызванные климатом, в южном регионе Казахстана.

Climate-related geological changes in Southern Kazakhstan are associated with the impact of climate change on natural processes occurring in the geological environment. The following major climate-related geological changes are observed in the region. Due to the intensification of dry periods and rising temperatures, as well as changes in precipitation distribution, the erosion process is significantly enhanced. This leads to the loss of fertile soils, deterioration of land quality and reduction of agricultural potential.

Soil moisture after heavy rains, as well as changes in precipitation patterns, lead to the activation of mudslides, landslides and other geodynamic processes. These phenomena are becoming more frequent and destructive, threatening agriculture, infrastructure and the population. Climate changes, such as decreased precipitation and rising temperatures, affect the region's water resources. This leads to a decrease in the level of rivers, lakes, and reservoirs, as well as changes in the hydrological regime, which in turn affects geological processes such as coastal erosion and riverbed changes. Due to rising temperatures and changing wind conditions, the frequency of sandstorms is increasing in the southern region, which increases the processes of sand drifting and soil destruction. This affects agricultural land and may threaten residential areas. These climate-related changes require the development of effective measures to protect the ecosystem and infrastructure of the region, including the management of water and land resources, as well as the creation of early warning systems for possible natural disasters (fig. 5).

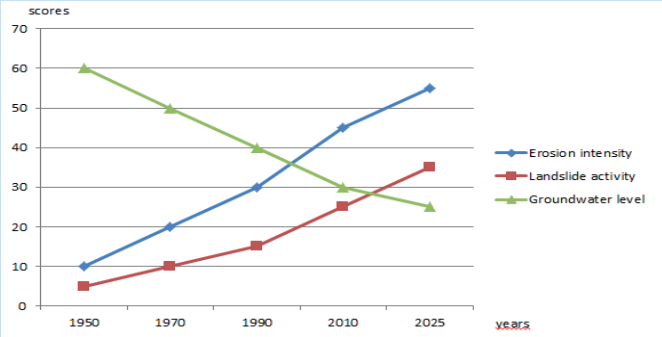


Figure 5. Graph of dynamic changes in the geological structures of Southern Kazakhstan.
Сурет 5. Оңтүстік Қазақстанның геологиялық құрылымдарының динамикалық өзгеру сызбасы.
Рис. 5. График динамических изменений геологических структур Южного Казахстана.

The graph reflects changes in geological processes over time due to the influence of climatic factors. The graph shows such parameters as:

– the frequency and intensity of mudslides and landslides – there has been an increase in recent decades, especially in mountainous areas (Tien Shan, Karatau).

– the level of soil erosion shows a steady upward trend, especially in dry years with severe rain events.

– riverbed changes – displacements and washouts are recorded, especially due to melting glaciers and seasonal floods.

– the rate of degradation of the landscape is gradually increasing, as can be seen from the expansion of desertification zones and a decrease in groundwater levels.

The graph shows that since the 1990s, in parallel with rising global temperatures and changing precipitation patterns,

geological processes in the region have become more active and destructive, which requires attention from scientists, environmentalists and natural resource management authorities.

Conclusions

Southern Kazakhstan is characterized by a complex geological structure that includes diverse geomorphological units such as mountain systems, plains, steppes, and deserts. These structures determine the tectonic activity of the region, as well as the availability of natural resources such as minerals, water and soil, which makes this region important from an economic point of view. The climatic conditions of the region significantly affect the dynamics of geological processes. Rising temperatures, changes in precipitation patterns, increased dry periods, and an increase in the frequency of extreme climatic events (such as rains, mudslides, and sandstorms) contribute to accelerated soil erosion, rock destruction, and disruption of hydrological cycles. Climate change leads to a reduction in the volume of water resources in the region, which affects water supply for both agriculture and human settlements. Rivers, lakes, and reservoirs do not have enough water, which leads to changes in their geological activity (changes in water levels, waterlogging, etc.).

Geological processes activated by climate change increase the risks to the region's ecosystems. Erosion processes, changes in riverbeds and mountain slopes, as well as the intensification of mudslides and landslides can threaten the sustainability of agriculture, infrastructure and residential areas. Natural disasters such as floods and landslides are becoming more frequent and destructive.

In the context of climate change, adaptation strategies must be developed that include integrated management of water and land resources, improvement of infrastructure to protect against natural disasters, and creation of a system for monitoring and forecasting geological processes caused by climate change. The geological processes of Southern Kazakhstan are closely interrelated with climate change, and for the effective use of the region's natural resources, as well as to minimize risks, it is necessary to take these changes into account when planning the sustainable development of the region. It is important to continue research to better predict the impact of climate change and develop adaptation measures.

REFERENCES

1. *High-pressure metamorphism of Precambrian continental crust in the southwestern part of the Central Asian Orogenic Belt (South Kazakhstan and North Tien Shan) and tectonic implications for the evolution of the Palaeo-Asian Ocean / Skoblenko A.V. [et al.] // Geological Magazine. 2023. No. 160 (8). 1624–1648 pp. (in English)*
2. *Valeev A.G. K izucheniyu obval'no-osypnyh processov v Almatinskoj oblasti: Gidrometeorologiya i ekologiya [On the study of landslide processes in the Almaty region: Hydrometeorology and ecology]. 2023. No. 4. 101–108 pp. (in Russian)*
3. *Tulemisova ZH.S. Specifika geodinamicheskogo i strukturnogo razvitiya osadochnyh bassejnov YUzhnogo Kazahstana i kriterii ih neftegazonosnosti na osnove kompleksnogo geologo-geofizicheskogo analiza: dis. ... doktora filosofii (PhD) [Specifics of geodynamic and structural development of sedimentary basins of Southern Kazakhstan and criteria of their oil and gas potential based on complex geological and geophysical analysis: diss. ... doctor of philosophy (PhD], Almaty, 2020, 173 p. (in Russian)*
4. *Nigmatova S.A. Prirodno-klimaticheskie faktory razvitiya zemledeliya YUzhnogo Kazahstana v Srednie veka [Natural and climatic factors of the development of agriculture in Southern Kazakhstan in the Middle Ages], Arheologiya Kazahstana [Archeology Kazakhstan]. 2020. V. 3 (9). 118–133 pp. (in Russian)*
5. *Kinematic Analysis of Jurassic Grabens of Southern Turgai and the Role of the Mesozoic Stage in the Evolution of the Karatau-Talas-Ferghana Strike-Slip Fault, Southern Kazakhstan and Tian Shan / Alexeiev D. [et al.] // Geotectonics. 2017. V. 51. 105–120 (in English)*
6. *Dangerous geological processes on Lake Kolsai and the impact of Anthropogenic load on the DGP / Zapparov M. [et al.] // Engineering Journal of Satbayev University. 2022. V. 144 (4). 46–51 pp. (in English)*
7. *Koshim A.G. Formirovanie antropogennyh processov v neftenosnyh rajonah Zapadnogo Kazahstana [Formation of anthropogenic processes in oil-bearing regions of Western Kazakhstan], Gidrometeorologiya i ekologiya [Hydrometeorology and ecology]. 2023. V. 3. 151–156 pp. (in Russian)*
8. *Korobkin V.V., CHaklikov A. E., Tulemisova ZH. S. Tektonicheskoe rajonirovanie paleozoid Kazahstana i ego neftegazonosnyh regionov [Tectonic zoning of the Paleozoic regions of Kazakhstan and its oil and gas regions], Vestnik neftegazovoj otrasli Kazahstana [Bulletin of the oil and gas industry of Kazakhstan]. 2022. No. 4 (1). 39–49 pp. (in Russian)*
9. *Nurabayev N. Geological structure and petroleum systems of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea South Mangyshlak sedimentary basin // Kazakhstan journal for oil & gas industry. 2024. V. 6. 5–17 pp. (in English)*
10. *Kinematic Analysis of Jurassic Grabens of Southern Turgai and the Role of the Mesozoic Stage in the Evolution of the Karatau–Talas–Ferghana Strike-Slip Fault, Southern Kazakhstan and Tian Shan. / Alexeiev D. [et al.] // Geotectonics. 2017. V. 51. 105–120 pp. (in English)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Орталық Азия орогендік белдеуінің (Оңтүстік Қазақстан және Солтүстік Тянь-Шань) оңтүстік-батыс бөлігінің кембрийге дейінгі континенттік қыртысының жоғары қысымды метаморфизмі және оның Палеоазиялық мұхит эволюциясы үшін тектоникалық салдары. / Скобленко А.В. [және т. б.] // Геологиялық журнал. 2023. № 160 (8). Б. 1624–1648 (ағылшын тілінде)*
2. *Валеев А.Г. Алматы облысындағы көшкін процестерін зерттеу туралы // Гидрометеорология және экология. 2023. № 4. Б. 101–108 (орыс тілінде)*
3. *Түлемісова Ж.С. Оңтүстік Қазақстанның шөгінді бассейндерінің геодинамикалық және құрылымдық дамуының спецификалық ерекшеліктері және кешенді геологиялық-геофизикалық талдау негізінде олардың мұнай-газ потенциалының критерийлері: дис. ... философия ғылымдарының докторы (PhD), Алматы. 2020. 173 б. (орыс тілінде)*
4. *Нигматова С.А.Орта ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстандағы егіншіліктің дамуындағы табиғи-климаттық факторлар // Қазақстан археологиясы. 2020. № 3 (9). Б. 118–133 (орыс тілінде)*
5. *Оңтүстік Торғайдың юра грабендеріне кинематикалық талдау және мезозой кезеңінің Қаратау-Талас-Ферғана сілемді жарылыстың, Оңтүстік Қазақстан мен Тянь-Шаньның дамуындағы рөлі. / Алексеев Д. [және т. б.] // Геотектоника. 2017. № 51. Б. 105–120 (ағылшын тілінде)*
6. *Көлсай көліндегі қауіпті геологиялық процестер және антропогендік жүктеменің ДГП-ға әсері. / Заппаров М. [және т. б.] // Сәтбаев университетінің инженерлік журналы. 2022. № 144 (4). Б. 46–51 (ағылшын тілінде)*
7. *Көшім А.Г. Батыс Қазақстанның мұнайлы аймақтарындағы антропогендік процестердің қалыптасуы // Гидрометеорология және экология. 2023. Т. 3. Б. 151–156 (орыс тілінде)*
8. *Коробкин В.В., Чакликов А.Е., Тулемисова Ж.С. Қазақстанның палеозойлық аймақтары мен оның мұнайлы-газды аймақтарының тектоникалық аудандастырылуы // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2022. № 4 (1). Б. 39–49 (орыс тілінде)*
9. *Нұрабаев Н.Д. Оңтүстік Маңғышлақ шөгінді бассейнінің Каспий теңізінің қазақстандық секторының геологиялық құрылымы және мұнай-газдыру жүйелері // Қазақстанның мұнай-газ өнеркәсібінің хабаршысы. 2024. № 6 (1). Б. 5–17 (ағылшынша)*
10. *Оңтүстік Торғай юра грабендеріне кинематикалық талдау және мезозой кезеңінің Қаратау-Талас-Ферғана ауысымының (Оңтүстік Қазақстан және Тянь-Шань) дамуындағы рөлі. / Алексеев Д.В. [және т. б.] // Геотектоника. 2017. № 51. Б. 105–120 (ағылшын тілінде)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Высокобарический метаморфизм докембрийской континентальной коры юго-западной части Центрально-Азиатского орогенного пояса (Южный Казахстан и Северный Тянь-Шань) и его тектонические последствия для эволюции Палеоазиатского океана / Скобленко А.В. [и др.] // Геологический журнал. 2023. № 160 (8). С. 1624–1648 (на английском языке)*
2. *Валеев А.Г. К изучению обвально-осыпных процессов в Алматинской области // Гидрометеорология и экология. 2023. № 4. С. 101–108 (на русском языке)*
3. *Тулемисова Ж.С. Специфика геодинамического и структурного развития осадочных бассейнов Южного Казахстана и критерии их нефтегазоносности на основе комплексного геолого-геофизического анализа: дис. ... докт.философии (PhD), Алматы. 2020. 173 с. (на русском языке)*
4. *Нигматова С.А. Природно-климатические факторы развития земледелия Южного Казахстана в Средние века // Археология Казахстана. 2020. № 3 (9). С. 118–133 (на русском языке)*
5. *Кинематический анализ юрских грабенов Южного Тургая и роль мезозойского этапа в развитии Каратау-Таласско-Ферганского сдвигового разлома, Южный Казахстан и Тянь-Шань. / [и др.] // Геотектоника. 2017. № 51. С. 105–120 (на английском языке)*
6. *Опасные геологические процессы на озере Кольсай и влияние антропогенной нагрузки на DGP. / Заппаров М. [и др.] // Инженерный журнал Университета Сатбаева. 2022. № 144 (4). С. 46–51 (на английском языке)*
7. *Кошим А.Г. Формирование антропогенных процессов в нефтеносных районах Западного Казахстана // Гидрометеорология и экология. 2023. Т. 3. С. 151–156 (на русском языке)*
8. *Коробкин В.В., Чакликов А. Е., Тулемисова Ж. С. Тектоническое районирование палеозоид Казахстана и его нефтегазоносных регионов // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2022. № 4 (1). С. 39–49 (на русском языке)*
9. *Нурабаев Н.Д. Геологическое строение и нефтегазоносные системы казахстанского сектора Каспийского моря Южно-Мангышлакского осадочного бассейна // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2024. № 6 (1). С. 5–17 (на английском языке)*
10. *Кинематический анализ юрских грабенов Южного Тургая и роль мезозойского этапа в развитии Каратау-Таласско-Ферганского сдвига (Южный Казахстан и Тянь-Шань) / Алексеев Д.В. [и др.] // Геотектоника. 2017. № 51. С. 105–120 (на английском языке)*

Information about the authors:

Duisebekova A., Candidate of Chemical Sciences, Acting Associate Professor, Department of Biology, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), *Alia.duisebekova@ayu.edu.kz;* https://orcid.org/0000-0003-0670-6322

Ubaydullaeva A., Candidate of biological sciences, associate professor of the Department of Biology, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), *almagul.ubaydullayeva@ayu.edu.kz;* https://orcid.org/0000-0002-2353-4852

Seytmetova A., Candidate of biological sciences, associate professor of the Department of Biology, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), *aiman.seitmetova@ayu.edu.kz;* https://orsid.org/0000-0002-5321-9730

Yerimova A., Senior Lecturer of the Department of Biology, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), *Aknur.erimova@ayu.edu.kz;* https//orcid.org/0000-0002-1989-8194

Авторлар туралы мәліметтер:

Дүйсебекова А., Химия ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Биология кафедрасының доцент м.а. (Түркістан қ., Қазақстан)

Убайдуллаева А., биология ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Биология кафедрасының доцент м.а. (Түркістан қ., Қазақстан)

Сейтметова А., биология ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Биология кафедрасының доценті (Түркістан қ., Қазақстан)

Еримова А., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Биология кафедрасының аға оқытушысы (Түркістан қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Дуйсебекова А., канд. хим. наук, и.о. доцента биологического факультета Международного Казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Яссави (г. Туркестан, Казахстан)

Убайдуллаева А., канд. биол. наук, доцент кафедры биологии Международного Казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Яссави (г. Туркестан, Казахстан)

Сейтметова А., канд. биол. наук, доцент кафедры биологии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Яссави (г. Туркестан, Казахстан)

Еримова А., старший преподаватель кафедры биологии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Яссави (г. Туркестан, Казахстан)

CENTRAL ASIA
PLAST WORLD

17-АЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ИНДУСТРИИ ПЛАСТМАСС И ПОЛИМЕРОВ

25-27 ИЮНЯ 2025

КАЗАХСТАН, АЛМАТЫ
МВЦ "АТАКЕНТ"

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- ОБОРУДОВАНИЕ
- ПОЛИМЕРЫ
- КАУЧУКИ
- СЫРЬЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- ДОБАВКИ И СУПЕРКОНЦЕНТРАТЫ
- ПРЕСС-ФОРМЫ, -ШТАМПЫ
- ТЕПЛО И КОНТРОЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- КОМПРЕССОРЫ
- ЧИЛЛЕРЫ
- ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ
- NEW! КОМПОЗИТЫ
- NEW! ПОЛИУРИТАНЫ

ОЖИДАЕМАЯ СТАТИСТИКА НА 2025 г.

6000 ПОСЕТИТЕЛЕЙ

200 УЧАСТНИКОВ

13 СТРАН-УЧАСТНИЦ

ПОЛУЧИТЕ БИЛЕТ НА ВЫСТАВКУ

+7 (707) 611 81 04
info@plastworld.kz plastworld.kz www.plastworld.kz

ОРГАНИЗАТОР: Central Asia Trade Exhibitions

IN COOPERATION WITH: Messe Düsseldorf

POWERED BY

MEMBER OF: k-globalgate.com

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА: PGA, KAZHIMPROM, РУППЛАСТИКА, Сеть PlastNet, КАZХИМИЯ

ИНФОПОДДЕРЖКА: 塑胶工业 Plastics Industry, packworld, Looking Plas, ГОРНЫЙ

Код МРНТИ 52.13.04

Д.М. Қырғызбаева, *Т.Б. Нұрпейісова, Ж.Т. Кожаев, Д.С. Мұханбеткәрім
Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

ЖЫЛАНДЫ КЕНІШІНДЕГІ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ ҮДЕРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада Жыланды кенішінің кен орнын зерттеу, атап айтқанда геологиялық, тектоникалық және құрылымдық ерекшеліктері, оның тау-кен өнеркәсібі үшін маңызы, сондай-ақ аймақтың экономикалық дамуына әсері келтірілген. Заманауи геодезиялық әдістер мен құралдарды қолдануға ерекше назар аударылады. Зерттеу геомеханикалық мониторингте спутниктік технологияларды, ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ұшқышсыз ұшу аппараттарын), лазерлік сканерлеуді, цифрлық модельдеуді және басқа да инновациялық шешімдерді пайдалану мүмкіндіктерін қарастырады. Бұл технологиялар жер бетіндегі деформацияларды жоғары дәлдікпен бағалауға, ықтимал қауіпті аймақтарды анықтауға және геодинамикалық өзгерістерді болжауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін арттыруға, экологиялық тәуекелдерді азайтуға, сондай-ақ тау-кен объектілерінің ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етуге ықпал етеді.
Түйінді сөздер: *мыс кенорны, геологиялық карта, тау-кен жұмыстары, жылжу процессі, мониторинг, GNSS өлшеулер.*

Study of geomechanical processes at the Zhylandy mine

Abstract. The article presents studies of the Zhilandinsky mine deposit, namely geological, tectonic and structural features, its importance for the mining industry, as well as its impact on the economic development of the region. Special attention is paid to the application of modern geodetic methods and tools. The study examines the possibilities of using satellite technologies, unmanned aerial vehicles (UAVs), laser scanning, digital modeling and other innovative solutions in geomechanical monitoring. These technologies allow us to accurately assess the deformations of the Earth's surface, identify potentially dangerous areas and predict geodynamic changes. This approach helps to improve the safety of mining operations, reduce environmental risks, and ensure the long-term sustainability of mining facilities.
Key words: *copper deposit, geological map, mining operations, movement process, monitoring, GNSS measurements.*

Исследование геомеханических процессов на руднике Жыланды

Аннотация. В статье приведены исследования месторождения Жыландинского рудника, а именно геологические, тектонические и структурные особенности, его значение для горнодобывающей отрасли, а также влияние на экономическое развитие региона. Особое внимание уделено применению современных геодезических методов и инструментов. В исследовании рассмотрены возможности использования спутниковых технологий, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), лазерного сканирования, цифрового моделирования и других инновационных решений в геомеханическом мониторинге. Эти технологии позволяют с высокой точностью оценивать деформации земной поверхности, выявлять потенциально опасные зоны и прогнозировать геодинамические изменения. Такой подход способствует повышению безопасности горных работ, снижению экологических рисков, а также обеспечению долгосрочной устойчивости горнопромышленных объектов.
Ключевые слова: *медное месторождение, геологическая карта, горные работы, процесс перемещения, мониторинг, GNSS измерения.*

Кіріспе

Қазақтың қасиетті топырағы XX-ғасырда көптеген ғалымдарды өмірге әкелді, солардың арасында Қаныш Имантайұлының тұлғасы құзар шыңға ұқсайды. Аты аңызға айналған, жер қойнауының сиқырлы сырларын тамаша көрегендікпен аша білген, 100 жылдық мерейтойы ЮНЕСКО аясында аталып өткен, академик Қ.И. Сәтбаевтың Ұлытау өңірінде ашып кеткен, бүгінде игеріліп жатқан кенорындары жайлы айтпақпыз.

Қ.И. Сәтбаевтың сонау 1932 жылы жарияланған «Жезқазған мыс кен ауданы және оның минералдық байлықтары» деген еңбегі, бүгінгі таңда «Жезқазған мысы – ел ырысы» деген ұранға айналып отырғаны баршаға белгілі. Мәскеудің тапсырмасы бойынша Қазақстанның жерасты қазба байлығының болжамды (металлогендік) картасын жасаған кезде Қаныш Сәтбаев барлау жүргізілген аймақтан төрт-бес кен орындарын геологиялық картаға кіргізбеген. «Ондағы руда қоры өте тереңде. Қаржыны да, техниканы да көп қажет етеді. Толық пісіп пісіп-жетілмеген жерлерді картаға енгізуге әлі ерте», – деген әріптестеріне. Ал, өзімен сырлас достары Мұхтар Әуезов пен Әлкей Марғұланға: «Әдейі жасырып алып қалдым. Кейінгі ұрпаққа да керек емес пе», – деген екен [1, 2]. Ғұлама ғалымның сол еңбегінің жемісін бүгінгі ұрпақ көріп отыр.

Материалдар мен әдістер

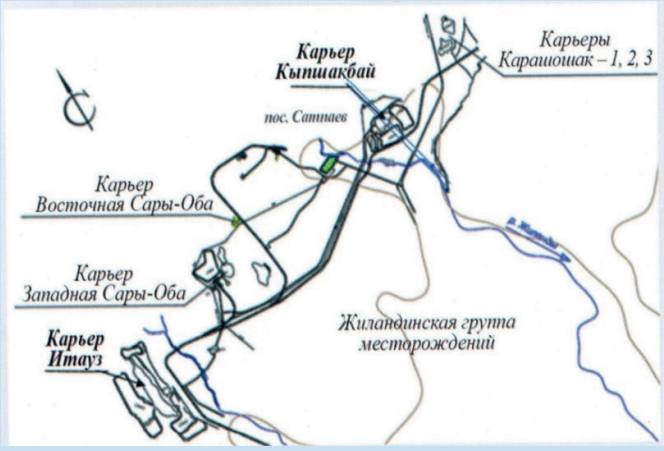
Зерттеу нысаны кезінде біздерге Қ.И. Сәтбаев мұра қылып тастап кеткен Жыланды кен орындары тобы. Тау жыныстары мен жер бетінің деформациялық процестерін зерттеу ғарыштық, электронды тахеометр, лазерлік маркшейдерлік заманауи аспаптарды қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Нәтижелері және талқылаулар

Бүгінде кен орындарын игерудің соңғы жылдары аса күрделі геологиялық құрылымдық және терең қабаттарда орналасқан жағдайларда жүргізіліп жатқандығы мәлім. Соладың бірі Жыланды кен орны тобы қорына жататын «Шығыс Сарыоба» кен орны. Экономикада туындаған күрделі ахуал мен қиындықтарға қарамастан, кен орындарының көкжиегі кеңейіп келеді, соның ішінде «Шығыс Сарыоба» мыс кенін игеру Сарыарқа өңірінде тау-кен жұмысын жандандырды [3, 4].

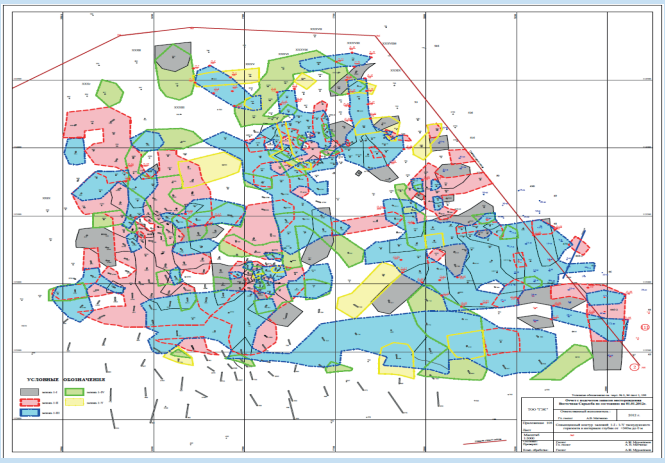
Қазақстанның жер қойнауы пайдалы қазбалардың, оның ішінде мыс кен орындарына бай. Олардың ішінде Ұлытау ауданында Жезқазған кенішінен солтүстікке қарай 30–35 шақырым жерде орналасқан Сарыоба кен орны (Шығыс және Батыс) ерекше орын алады. Бірінші кен орны 1938–40 жылдары ашылды және Қ.И. Сәтпаевтың басшылығымен онда алғашқы геологиялық-барлау жұмыстары жүргізілді «Шығыс Сарыоба» кен орны Жезқазған кенішінің солтүстігінде 30–45 км жерде орналасқан (сурет 1).

Жалпы кен алаңы бойынша B+C1+C2 санаттары бойынша ірі өнеркәсіптік объектілер қатарына енгізуге мүмкіндік беретін мөлшерде қорлар барланды және бекітілді. Сонымен қатар, кен денелері көптеген дизъюнктивтік бұзылыстармен күрделенген және олар кен қазу жұмыстарын едәуір қиындата түседі.



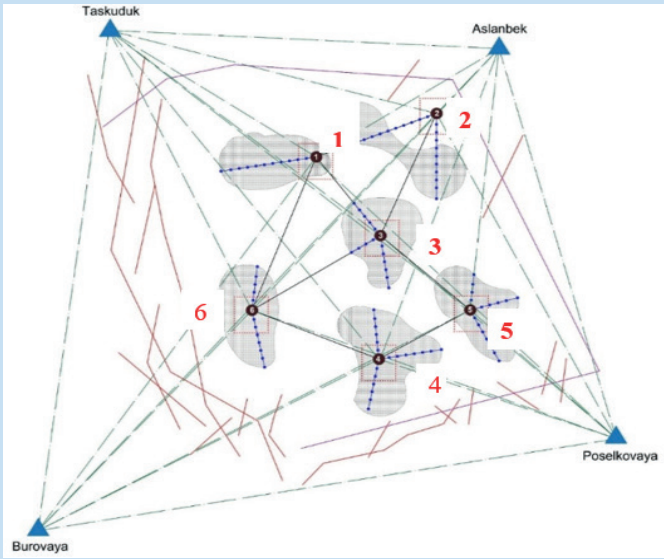
Сурет 1. Жыланды тобы кен орындары.
Figure 1. Deposits of the Zhilandinskaya group.
Рис. 1. Месторождения Жиландинской группы.

Иә, көрнекті ғалымның пайғамбарлығы бүгін біздің алдымызда. Терең қабаттардан кен игеру, қазіргі кезде тау жыныстарының деформациялануы, жылжуы және олардың кернеулі күйлерінің өзгеруімен елеулі геодинамикалық процестердің туындауымен ерекшеленуде. Жер қойнауын кең көлемде игеру, әсіресе Ұлытау обылысындағы геологиялық ортаның геодинамикалық режимі өзгереді. Кен игеру кезіндегі мұндай геодинамикалық процестердің әсерінен өте қолайсыз *технологиялық, экологиялық және экономикалық* салдарлар туындауы мүмкін. Сол себеептен де, кен орнының геологиялық жағдайына көз жіберсек (сурет 2), олардың әр қабатта әр қилы орналасқандығын, кен денелерінің көптеген дизъюнктивтік бұзылыстармен күрделенгендігін және оларкен игеру жұмыстарын едәуір қиындата түсететіндігін байқауға болады [5, 6].



Сурет 2. Шығыс Сарыоба кен шоғырларының біріктірілген контуры, тереңдігі +340 м-дейін.
Figure 2. Combined contour of East Saryoba deposits, depth up to 340 m.
Рис. 2. Комбинированный контур залежей Восточной Сарыобы, глубина до +340 м.

Міне осындай, үлкен алқапты алып жатқан, бірнеше кен шоғырларынан тұратын және әртүрлі терең қабаттарда түзілген алып мыс кен орнын игеру жұмыстары жоғары дәлдікті геодезиялық негіздемені құруды талап етеді. Осыған байланысты Жыланды тобы кен орындары үшін, тірек пункттері мен деформациялық нивелирлік реперлерден тұратын «Бұталы» тармақталған жаңа полигон құрылды [7] және оның пункттері 3 метрлік тереңдікте орнатылған тұрақты мәжбүрлеп центрлеу пункттері [8]. Барлық тұрақты пункттер рудалық желілердің үстіне орнатылды және Мемлекеттік геодезиялық триангуляция (Таскудук, Асланбек, Буровая Поселковая) пункттеріне байланыстырылды (3-сурет).



△ *– тригонометриялық пункттер*; ● **5** *– полигонның «бұталы» пункттері*

Сурет 3. Сарыоба кен орны аумағындағы геодезиялық пункттер.
Figure 3. Geodetic points on the territory of the Saryoba deposit.
Рис. 3. Геодезические пункты на территории месторождения Сарыоба.

Мінекей осы жұмыстардың барлығы геодезиялық заманауи технологияны қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл ретте геодезиялық жұмыстардың жоғары тиімділігіне тек жерсеріктік технологиялар арқылы қол жеткізіледі (4-сурет). Қазіргі заманғы техникалық құралдарды қолдану мониторингтік жұмыстардың жоғары деңгейде жүргізудің кең мүмкіндіктерін ашады. Геодезиялық негізді жиілетуді жылдам дамыту, жоғары дәлдікпен жергілікті жерге профильдерді шығару, өлшеу және деректерді өңдеуді автоматтандыру, күрделі физика-географиялық және климаттық жағдайларда жұмыс жүргізу мүмкіндігі тек заманауи аспатар негізгінде жүзеге асырылады [9, 10].

Бастапқы нүкт ретінде Мемлекеттік геодезиялық желінің триангуляция нүктелері, WGS-84 координаталар жүйесіне көшіруде Буровая пункты базалық нүкте ретінде пайдаланылды. Алынған деректер мен жерсеерік өлшеулердің өңделген нәтижелері келесі кестелерде келтірілген.

Сурет 4. Шығыс Сарыоба кен орнында кезекті мониторинг жүргізу.
Figure 4. Regular monitoring of the Vostochno-Saryobinskoye field.
Рис. 4. Проведение очередного мониторинга Восточно-Сарыобинского месторождения.

WGS-84 координаталар жүйесінен жергілікті координаталар жүйесіне және биіктік жүйесіне көшуде жерсеріктік бақылаулар мәліметтерінің өңделуі 2 кестеде көрсетілген. Жерсеріктік бақылаулар швейцария фирмасының Leica GS16 – 2 GNSS қабылдағышы, ал биіктік белгілері Leica TS06 5» электрондық тахеометр арқылы жүзеге асырылды. Алынған нәтижелер 2-кестеде келтірілген.

Бірнеше кезеңде мониторинг жүрізу нәтижелері біріктірілген (ашық және жерасты) әдіспен кен игеру жер қойнауында кернеулердің қайта бөлінуіне әкеліп соғады, бұл кернеу концентрацияларының карьер түбінен жоғарылауына және тау-кен массаларының өндірілетін кеңістікке қарай ығысуына әкеледі. Карьер беткейлернінің деформациялануы жерасты қазбаларының айналасындағы кернеулі күйді өзгертіп, кен өндіруді қиындатады.

Кен орындарын қауіпсіз және тиімді игеруді қамтамасыз ету үшін тау-кен массасының геомеханикалық жағдайын жүйелі түрде бағалау, осы жағдайдағы өзгерістерге болжам жасау, деформациялық процестердің дамуын бақылау және тау-кен массасының тұрақсыз учаскелерін жасанды түрде нығайту арқылы оларды басқару қажеттігі туындайды.

Сөйтіп, мониторингтеу процесінде алынған нәтижелер геодинамикалық тәуекелді одан әрі бағалау және теріс салдарларды төмендету бойынша іс-шараларды әзірлеу үшін пайдаланылатын болады.

Кесте 1

Пункттердің теңестірілгенен кейінгі координаталары

Table 1

Coordinates of points after alignment

Таблица 1

Координаты пунктов после выравнивания

Пункттер атаулары	Класс	WGS-84 эллипсоидындағы географиялық координаталар		WGS-84 эллипсоидындағы биіктіктер
		Ендік	Бойлық	H, м
Поселковый	4	48° 08′ 47.43544″N	67° 29′ 36.25553″ E	402, 7452
Асланбек	4	48° 11′ 24.85021″N	67° 35′ 48.34038″ E	427, 2772
4735	4	48° 09′ 17.91359″N	67° 28′ 38.42796″ E	402, 7452
5784	4	48°09′ 48.06852″N	67° 27′ 00.26502″ E	434, 6978
Буровая	4	48° 08′ 12.72727″N	67° 27′ 41.60400″ E	420, 4767

Кесте 2

Жерсеріктік бақылаулардың өңделген нәтижелері

Table 2

Processed satellite observation results

Таблица 2

Обработанные результаты спутниковых наблюдений

	ITRF2008			WGS84			UTM 42N		
Имя Пункта	X, м	Y, м	Z, м	B	L	h, м	X	Y	h, м
RP02	1632200,5571	3937264,7502	4729578,8152	48°10’01,00481»N	067°29’00,44123»E	404,6638	5335967,857	387239,534	404,664
RP03	1632741,9030	3937565,5219	4729137,8417	48°09’39,78017»N	067°28’41,81649»E	399,7218	5335320,178	386841,903	399,722
RP04	1633280,7021	3937890,2852	4728683,2077	48°09’17,74868»N	067°28’23,75454»E	398,8271	5334647,385	386455,317	398,827
RP05	1632111,4814	3937723,5393	4729218,9788	48°09’43,83469»N	067°29’12,92478»E	396,4978	5335432,674	387486,927	396,498
RP06	1633215,0023	3937251,3304	4729235,7251	48°09’44,52246»N	067°28’14,84566»E	399,9548	5335477,642	386287,716	399,955
RP01	1632921,1178	3937041,9195	4729532,5184	48°09’58,31277»N	067°28’24,09944»E	416,9637	5335899,6	386487,308	416,964
RP02.10	1632391,6424	3937148,8425	4729615,0502	48°10’02,60468»N	067°28’49,75059»E	409,0589	5336021,61	387019,714	409,059
RP05.10	1632288,9604	3937600,6683	4729268,3701	48°09’45,99982»N	067°29’02,71440»E	402,9158	5335503,674	387277,348	402,916

Қорытынды

Жоғарыда келтірілген терең қабаттарда орналасқан, праметрлері де әрқилы кен орындарын сеймикалық барлау кезінде жерсеіктік жүйелерді тиімділігі өте зор. Жылжымайтын геодезиялық тірек торабы пункттерде жұмыс істей отырып, барлық қателіктерді ескеруге мүмкіндік береді және де станциядағы түзетулерді барлық GNSS қабылдағыштарға жібере алады, ал олар позициялау нәижелеріне түзетулерді енгізе отыра, сенімді нәтижелер алуға толық мүмкіндік береді.

Алғыс

Ғылыми жұмыс ҚР Ғылым және Жоғары білім министрлігінің гранттық қаржыландыру жобасы аясында орындалды (AP23489269 «Өнеркәсіптік сенімділікті қамтамасыз ету үшін жер қойнауын игеру кезінде тау жыныстары массивінің геологиялық-құрылымдық ортасының геодинамикалық жай-күйін геотехникалық мониторингтеу»).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Қаныш аға (естеліктер): Алматы: Жазушы, 1989. 400 б. (орыс тілінде)*
2 *Есенов Ш.Е., Штифанов В.И. Жезқазған ауданының табиғи байлығын зерттеу мен игерудегі Қ.И. Сәтбаевтың рөлі. Кітапта академик Қ.И. Сәтбаев: Алматы, Ғылым, 1965. Б. 111–122 (орыс тілінде)*
3. *Попов И.И., Низаметдинов Ф.К., Окатов Р.П. Карьердің жиектері мен борттарының тұрақтылығын басқарудың табиғи және техногендік негіздері: Алматы: Ғылым, 1997. 215 б. (орыс тілінде)*
4. *Жер қойнауын ауқымды игеру кезіндегі тау жыныстарының жай-күйін кешенді бақылау / Базалык О. [және т. б.] // Жер туралы ғылымдағы шекаралар. 2022. Б. 1–12 (ағылшын тілінде)*
5. *Геотехниканың заманауи әдістері-шахталарда өнеркәсіптік қауіпсіздікті қамтамасыз етудің тиімді әдісі / Нурпеисова М.Б. [және т. б.] // Еуразиялық тау-кен өндірісі. 2021. Б. 18–21 (ағылшын тілінде)*
6. *«Геодинамикалық полигонды құрудың жаңа тәсілі» 17.09.2021 ж. № 20302 ҚР Ғылым туындысына куәлік / Қырғызбаева Г.М., Исағазы М.Д., Мұхаметкарим Д.С. (орыс тілінде)*
7. *«Аспаптарды мәжбүрлеп орталықтандырудың жерүсті тұрақты геодезиялық пункті» 19.08.2022 жылғы № 35798 ҚР патенті / Рысбеков К.Б., Айтқазинова Ш.К., Доненбаева Н.С. және т. б. (орыс тілінде)*
8. *Нұрпейісова М.Б., Мұханбетқарым Д.С. Мәжбүрлеу орталығының жер үсті пункті туралы // Қазақстанның тау-кен журналы. 2021. Б. 18–22 (орыс тілінде)*
9. *Қасымқанова, К.К., Истекова, С., Рысбеков, К., Солтабаева, С., Қырғызбаева, Г., Доссетова, Г. Белгілі бір тектоникалық бұзылыстарды ескере отырып, тау-кен жыныстардың шекараларын анықтаудың геофизикалық әдісін жетілдіру / Қасымқанова К.К. [және т. б.] // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. 2023. № 17 (1). Б. 17–27 (ағылшын тілінде)*
10. *Сайк П. Карьердің беткейлерінің тау-кен жыныстарының жай-күйін зерттеу және оның тұрақтылығын басқару / Сайк П. [және т. б.] // Жер туралы ғылымдағы шекаралар. 2024. Т. 12. Б. 1–13 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Kanysh aga (vospominaniya) [Kanysh aga (memories)], Almaty: Pisatel, 1989. 400 p. (in Russian)*
2. *Yesenov Sh.E., Shtifanov V.I. Rol' K.I. Satpaeva v izuchenii i osvoenii prirodnykh resursov Dzhezkazganskogo regiona. V kn. akademika K.I. Satpaeva [The role of K.I. Satpayev in the study and development of natural resources of the Dzhezkazgan region. In the book of academician K.I. Satpayev], Alma-Ata, Nauka, 1965. 111–122 pp. (in Russian)*
3. *Popov I.I., Nizametdinov F.K., Okatov R.P. Prirodnye i tekhnogennye osnovy upravleniya ustoichivost'yu ustupov i bortov kar'erov [Natural and man-made foundations of stability management of ledges and sides of a quarry], Almaty, Nauka, 1997. 215 p. (in Russian)*
4. *Integrated Monitoring for the Rock Mass State During Large-Scale Subsoil Development / Bazaluk O. [et al.] // Frontiers in Environmental Science. 2022. 1–12 pp. (in English)*
5. *Modern geotechnical methods are an effective way to ensure industrial safety in mines / Nurpeisova M.B. [et al.] // Mining of Eurasia. 2021. V. 36. Issue 2. 18–21 pp. (in English)*
6. *Svidetel'stvo o nauchnoi deyatel'nosti Respubliki Kazakhstan № 20302 ot 17.09.2021 g. «Novyi podkhod k sozdaniyu geodinamicheskogo poligona» [«A new approach to the creation of a Geodynamic landfill» certificate for the work of science of the Republic of Kazakhstan dated 17.09.2021 No. 20302], Kyrgyzbaeva G.M., Isagazy M.D., Mukhametkarim D.S. (in Russian)*
7. *Pat. № 35798 ot 19.08.2022 g., Respubliki Kazakhstan. Nazemnyi postoyannyi geodezicheskii punkt dlya prinuditel'nogo tsentrirovaniya priborov [Patent of the Republic of Kazakhstan No. 35798 dated August 19, 2022. «Ground-based permanent geodetic point for forced centering of instruments»], Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B., Aitkazinova Sh.K., Donenbaeva et al.) (in Russian)*

9. *Nurpeisova M.B., Mukhanbetkarim D.S. O nazemnom punkte prinuditel'nogo tsentrirovaniya [On the ground point of forced centering], Gornyi zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]. 2021. 18–22 pp. (in Russian)*
10. *Kassymkanova, K.K., Istekova, S., Rysbekov, K., Soltabayeva, S., Kyrgizbayeva, G. Improving a geophysical method to determine the boundaries of ore-bearing rocks considering certain tectonic disturbances / Kassymkanova K.K. [et al.] // Mining of Mineral Deposits. 2023. No. 17 (1). 17–27 pp. (in English)*
10. *Investigation of the rock mass state in the near-wall part of the quarry and its stability management / Saik P. [et al.] // Frontiers in Earth Science. 2024. V. 12. 1–13 pp. (in English)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Каныш ага (воспоминания): Алматы: Писатель, 1989. 400 с. (на русском языке)*
2. *Есенов Ш.Э., Штифанов В.И. Роль К.И. Сатпаева в изучении и освоении природных ресурсов Джезказганского региона. В кн. академика К.И. Сатпаева: Алма-Ата, Наука, 1965. С. 111–122 (на русском языке)*
3. *Попов И.И., Низаметдинов Ф.К., Окатов Р.П. Природные и техногенные основы управления устойчивостью уступов и бортов карьеров: Алматы: Ғылым, 1997. 215 с. (на русском языке)*
4. *Комплексный мониторинг состояния горных пород при крупномасштабном освоении недр / Базалук О. [и др.] // Границы в науке о Земле. 2022. С. 1–12 (на английском языке)*
5. *Современные методы геотехники – эффективный способ обеспечения промышленной безопасности на шахтах / Нурпеисова М.Б. [и др.] // Горное дело Евразии. 2021. Т. 36. Вып. 2. С. 18–21 (на английском языке)*
6. *Свидетельство о научной деятельности Республики Казахстан № 20302 от 17.09.2021 г. «Новый подход к созданию геодинамического полигона» / Кыргызбаева Г.М., Нурпеисова М.Б., Исагазы М.Д., Мухаметкарим Д.С. (на русском языке)*
7. *Пат. № 35798 от 19.08.2022 г., Республики Казахстан. Наземный постоянный геодезический пункт для принудительного центрирования приборов / Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Айтказинова Ш.К., Доненбаева и др. (на русском языке)*
8. *Нурпеисова М.Б., Муханбеткарым Д.С. О наземном пункте принудительного центрирования // Горный журнал Казахстана. 2021. С. 18–22 (на русском языке)*
9. *Совершенствование геофизического метода определения границ горных пород с учетом определенных тектонических нарушений / Касымканова К.К. [и др.] // Добыча месторождений полезных ископаемых. 2023. № 17 (1). С. 17–27 (на английском языке)*
10. *Исследование состояния горных пород склонов карьера и управление их устойчивостью / Сайк П. [и др.] // Границы в науке о Земле. 2024. Т. 12. С. 1–13 (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:
Қырғызбаева Д.М., Ph.D докторы, Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауым. профессор (Алматы қ., Қазақстан), *d.kirgizbaeva@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0002-5043-4275
Нурпеисова Т.Б., т.ғ.к., Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан), *t.nurpeissova@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0001-8162-6053
Кожаев Ж.Т., Ph.D докторы, Satbayev University Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасының қауымдастырылған профессор (Алматы қ., Қазақстан), *zh.kozhayev@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0002-9976-9375
Мұханбеткарім Д.С., Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының магистранты (Алматы қ., Қазақстан), *m19.dimash@gmail.com;* https://orcid.org/0009-0006-1273-4775

Information about the authors:
Kirgizbaeva D.M., doctor Ph.D, Associate Professor of the Department of «Surveying and Geodesy» Satbaev University (Almaty, Kazakhstan)
Nurpeisova T.B., Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department «Surveying and Geodesy» Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Kozhaev Zh.T., Ph.D, Associate Professor of Department of Surveying and Geodesy Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Mukhanbetkarim D.S., master's student of the Department of «Surveying and Geodesy» Satbaev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:
Киргизбаева Д.М., доктор Ph.D, ассоц. профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия»» Satbaev University (г. Алматы, Казахстан)
Нурпеисова Т.Б., к.т.н., профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbaev University (г. Алматы, Казахстан)
Кожаев Ж.Т., Ph.D, ассоц. профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbaev University (г. Алматы, Казахстан)
Муханбеткарим Д.С., магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия»» Satbaev University (г. Алматы, Казахстан)

Код МРНТИ 36.23.25

Г. Рахимов, А.Ж. Жанибек, *М.Б. Игемберлина, Ж.М. Батыршаева
НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ОЗЕРА БАЛХАШ С ПОМОЩЬЮ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПЛАТФОРМЫ GOOGLE EARTH ENGINE

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования изменения площади озера Балхаш за период с 2001 по 2023 годы с использованием спутниковых данных MODIS и платформы Google Earth Engine. Целью исследования являлось изучение динамики площади озера. Для достижения поставленной цели была разработана методология, включающая обработку спутниковых данных MODIS, расчет индекса NDWI для выделения водной поверхности, классификацию изображений, расчет площади озера и создание временного ряда. В результате исследования были получены данные о динамике площади озера Балхаш за 20-летний период. Полученные результаты свидетельствуют о наличии колебаний площади озера Балхаш, однако существенных изменений не выявлено. Исследование демонстрирует эффективность использования спутниковых данных MODIS и платформы Google Earth Engine для мониторинга озер и выявления факторов, влияющих на их динамику.
Ключевые слова: *мониторинг, временной ряд, MODIS, NDWI, дистанционное зондирование, динамика площади.*

Балқаш көлінің ауданының өзгеруін Google Earth Engine геокеңістіктік платформасы арқылы бақылау

Аңдатпа. Бұл мақалада MODIS спутниктік деректері мен Google Earth Engine платформасы арқылы 2001–2023 жылдар аралығында Балқаш көлінің ауданының өзгеруін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеудің мақсаты – Балқаш көлінің ауданының динамикасын зерттеу. Қойылған мақсатқа жету үшін MODIS спутниктік деректерін өңдеу, су бетін бөлу үшін NDWI индексін есептеу, кескіндерді классификациялау, көл ауданын есептеу және уақыттық қатарды құруды қамтитын әдістеме әзірленді. Зерттеу нәтижесінде Балқаш көлінің ауданының 20 жылдық динамикасы туралы деректер алынды. Алынған нәтижелер бойынша Балқаш көлі ауданының өзгерістер анықталды, бірақ айтарлықтай ауытқулардың байқалмады. Зерттеу көлдердің жағдайын бақылау және олардың динамикасына әсер ететін факторларды анықтау үшін MODIS спутниктік деректері мен Google Earth Engine платформасын пайдалану тиімді екендігін көрсетеді.
Түйінді сөздер: *мониторинг, уақыттық қатар, MODIS, NDWI, қашықтан зондтау, аудан динамикасы.*

Monitoring lake Balkhash area changes using the Google Earth Engine geospatial platform

Abstract. This article presents the results of a study on changes in the area of Lake Balkhash from 2001 to 2023 using MODIS satellite data and the Google Earth Engine platform. The aim of the study was to examine the dynamics of the lake's area. To achieve this goal, a methodology was developed that included processing MODIS satellite data, calculating the NDWI index to identify the water surface, classifying images, calculating the lake area, and creating a time series. The study provided data on the dynamics of the Lake Balkhash area over a 20-year period. The results indicate fluctuations in the Lake Balkhash area during the study period, but no significant changes were observed. The study demonstrates the effectiveness of using MODIS satellite data and the Google Earth Engine platform to monitor the condition of lakes and identify the factors that affect their dynamics.
Key words: *monitoring, time series, MODIS, NDWI, remote sensing, area dynamics.*

Введение

Балхаш – бессточное, полупресное и полусоленое озеро, расположенное в полупустынной зоне на юго-востоке Республики Казахстан, в Балхаш-Алакольском бассейне. Этот исследуемый объект является вторым по величине многолетним соленым озером и занимает четырнадцатое место среди пятидесяти крупнейших озер мира. Расположено в Алматинской, Жамбылской и Карагандинской областях Республики Казахстан [1].

Изменение климата и возрастающая антропогенная нагрузка оказывают значительное влияние на водные экосистемы по всему миру, приводя к изменениям гидрологического режима, сокращению площади водных поверхностей и другим негативным последствиям. Озера, являясь важными компонентами гидросферы, особенно чувствительны к подобным воздействиям. В связи с этим, мониторинг площади озер приобретает особую актуальность.

В последние годы широкое распространение получили методы дистанционного зондирования Земли, которые позволяют получать оперативную и объективную информацию о состоянии водных объектов. Спутниковые данные MODIS, благодаря высокому временному разрешению и глобальному охвату, являются эффективным инструментом для мониторинга изменений площади озер на протяжении длительных периодов времени.

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) – это спектрорадиометр среднего разрешения, установленный на борту спутников Terra и Aqua, запущенных НАСА. Он предоставляет данные о Земле в 36 спектральных диапазонах, что позволяет получать информацию о растительности, снежном покрове, температуре поверхности, облачности и других параметрах [2–7].

Однако обработка и анализ больших объемов спутниковых данных требуют значительных вычислительных ресурсов и специализированного программного обеспечения. В этом контексте платформа Google Earth Engine представляет собой мощный инструмент для решения задач мониторинга водных ресурсов. Google Earth Engine – это облачная платформа, которая предоставляет доступ к огромным коллекциям геопространственных данных, включая спутниковые снимки MODIS, а также мощные средства для их обработки и анализа.

Использование Google Earth Engine[1] позволяет автоматизировать процесс обработки данных, сократить время и ресурсы, необходимые для исследования, и получить результаты в кратчайшие сроки [8–9].

Методы исследования

Для мониторинга использовались спутниковые данные MODIS Surface Reflectance (Terra) с 8-дневным интервалом и пространственным разрешением 500 метров (рис. 1).

[1]*Платформа Google Earth Engine. URL: https://earthengine.google.com/platform/ (дата обращения: 17.02.2025).*

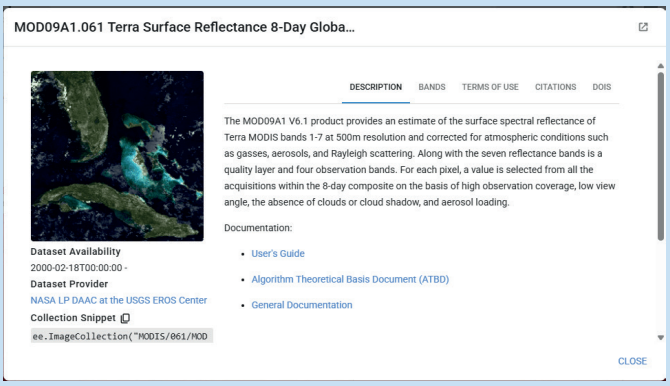


Рис. 1. Описание спутниковых данных MODIS Surface Reflectance.
Сурет 1. MODIS Surface Reflectance спутниктік деректерінің сипаттамасы.
Figure 1. Description of MODIS Surface Reflectance satellite data.

Исследования были проведены в период с 2001 по 2023 гг. Обработка спутниковых снимков состоит из нескольких этапов.

Определение области интереса: область исследования – озеро Балхаш (рис. 2) – была выделена с использованием инструмента «полигон» (geometry).

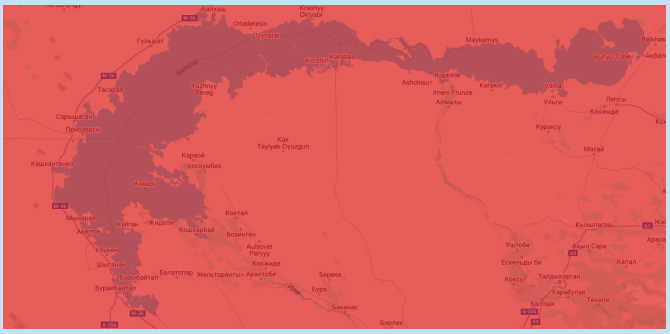


Рис. 2. Область исследования – озеро Балхаш.
Сурет 2. Зерттеу аймағы – Балқаш көлі.
Figure 2. Study area – Lake Balkhash.

Фильтрация данных: спутниковые снимки MODIS были отфильтрованы по дате (с 2001 по 2023 гг.) с использованием функций filterDate для получения данных за интересующий период. Затем, используя функцию print (…), можем узнать, сколько данных доступно, в данном случае 1057 снимков (рис. 3).

Выбор спектральных каналов и масштабирование. Для дальнейшего анализа были выбраны необходимые спектральные каналы (зеленый и ближний инфракрасный), соответствующие каналам 4 и 2 продукта MODIS Surface Reflectance. К выбранным каналам был применен коэффициент масштабирования 0.0001 для преобразования значений в истинные значения отражательной способности. Данные по каналам данных MODIS Surface Reflectance представлены на рис. 4.

Расчет индекса NDWI. Для выделения водной поверхности озера Балхаш был рассчитан нормализованный дифференциальный индекс воды (NDWI) с использованием следующей формулы:

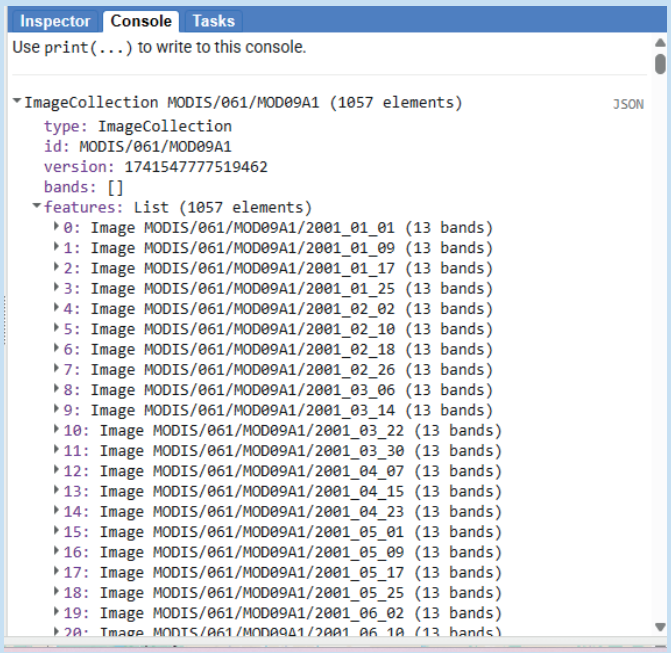


Рис. 3. Перечень спутниковых снимков области исследования.
Сурет 3. Зерттеу аймағының спутниктік суреттерінің тізімі.
Figure 3. List of satellite images of the research area.

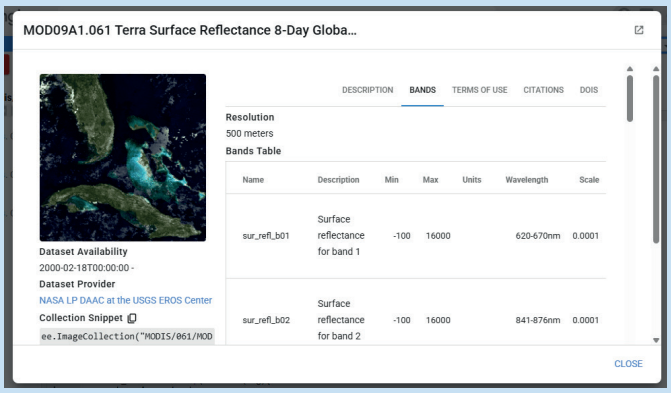


Рис. 4. Данные спутниковых данных MODIS Surface Reflectance.
Сурет 4. MODIS Surface Reflectance спутниктік деректері.
Figure 4. MODIS Surface Reflectance satellite data.

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)},$$

где ***Green*** – отражательная способность в зеленом канале;

NIR – отражательная способность в ближнем инфракрасном канале.

Расчет NDWI выполнялся для каждого изображения MODIS.

Классификация и маскирование. Для создания бинарной маски водной поверхности было применено пороговое значение NDWI, равное 0.1. Пиксели со значением NDWI больше 0.1 классифицировались как вода (значение 1), остальные – как не вода (значение 0). Значения, равные 0, были замаскированы (updateMask). Данный метод

позволяет визуально оценить распределение значений NDWI и выбрать оптимальное пороговое значение для выделения водной поверхности.

Получение снимков. Используя две функции программного обеспечения, а именно Map.addLayer и filterDate, были получены спутниковые снимки озера Балхаш. На рис. 5–8 предоставлены спутниковые снимки за 2010, 2015, 2018 и 2022 годы.

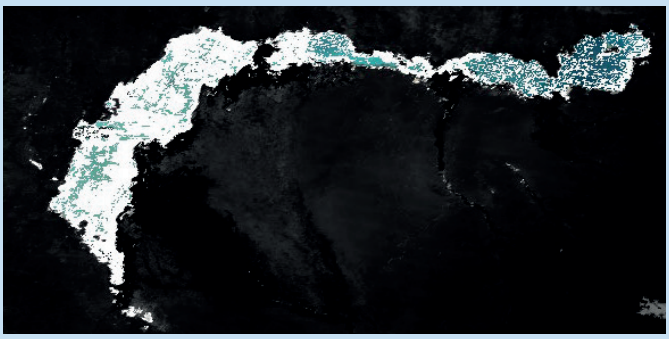


Рис. 5. Спутниковый снимок, полученный за июнь 2010 г.
Сурет 5. 2010 жылдың маусым айында алынған спутниктік сурет.
Figure 5. Satellite image taken in June 2010.

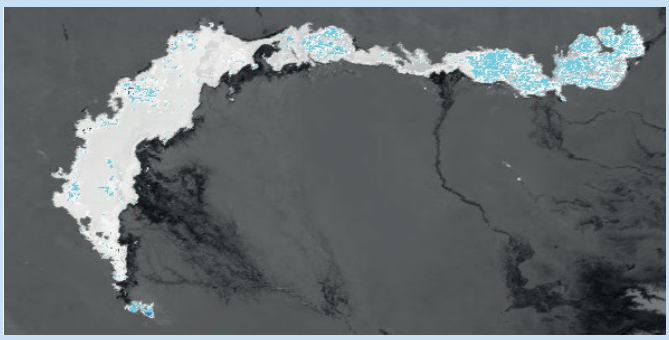


Рис. 6. Спутниковый снимок, полученный за июнь 2015 г.
Сурет 6. 2015 жылдың маусым айында алынған спутниктік сурет.
Figure 6. Satellite image taken in June 2015.

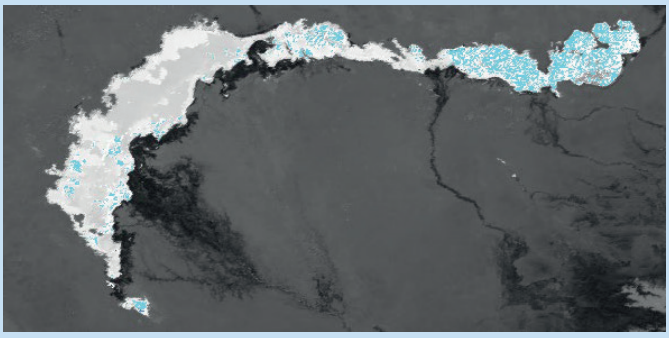


Рис. 7. Спутниковый снимок, полученный за июнь 2018 г.
Сурет 7. 2018 жылдың маусым айында алынған спутниктік сурет.
Figure 7. Satellite image taken in June 2018.

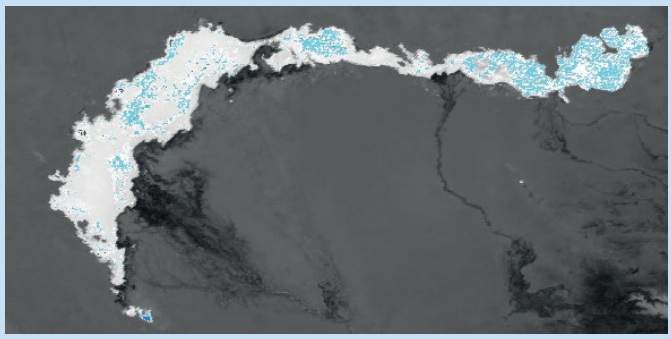


Рис. 8. Спутниковый снимок, полученный за июнь 2022 г.
Сурет 8. 2022 жылдың маусым айында алынған спутниктік сурет.
Figure 8. Satellite image taken in June 2022.

Расчет площади. Площадь каждого пикселя, классифицированного как вода, была рассчитана с использованием функции pixelArea (). Полученные значения были преобразованы из квадратных метров в квадратные километры путем деления на 1 миллион.

Результаты

Создание временного ряда. Для каждого изображения MODIS, обработанного описанным выше способом, была рассчитана сумма площадей всех пикселей, классифицированных как вода. Полученные значения площадей и соответствующие им даты были использованы для построения временного ряда изменения площади озера Балхаш (рис. 9). Для этого использовалась функция ui.Chart.image.series, где в качестве входных параметров указывались коллекция изображений с площадями, область интереса, метод сведения (reducer.sum), масштаб (500 м) и свойство времени (system:time_start).

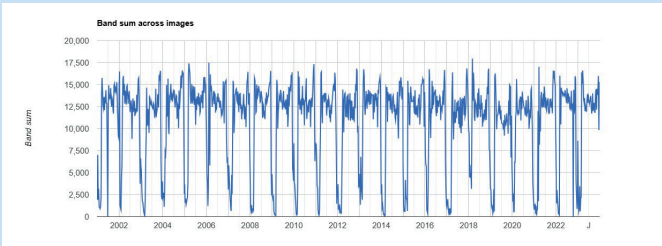


Рис. 9. Временной ряд изменения площади озера Балхаш.
Сурет 9. Балқаш көлі ауданының өзгеруінің уақыттық қатары.
Figure 9. Time series of Lake Balkhash area change.

Обсуждение результатов

Циклический характер данных обусловлен сезонными изменениями гидрологического режима озера Балхаш, связанными с температурными колебаниями. В зимний период, когда озеро покрывается льдом, значения снижаются, в то время как в летний период, когда лед тает, значения возрастают. На рис. 10–14 показаны

точные значения NDWI за определенный промежуток времени.

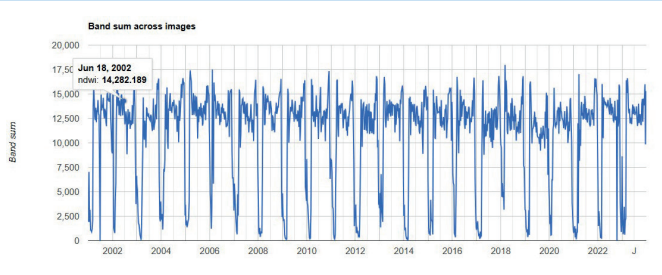


Рис. 10. Значение NDWI за 18 июня 2002 года.
Сурет 10. 2002 жылғы 18 маусымдағы NDWI мәні.
Figure 10. NDWI value for June 18, 2002.

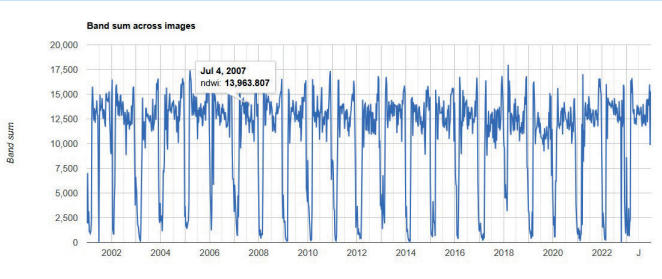


Рис. 11. Значение NDWI за 4 июля 2007 года.
Сурет 11. 2007 жылғы 18 шілдедегі NDWI мәні.
Figure 11. NDWI value for July 18, 2007.

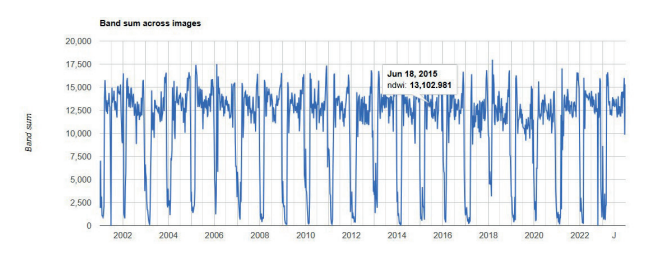


Рис. 12. Значение NDWI за 18 июня 2015 года.
Сурет 12. 2015 жылғы 18 маусымдағы NDWI мәні.
Figure 12. NDWI value for June 18, 2015.

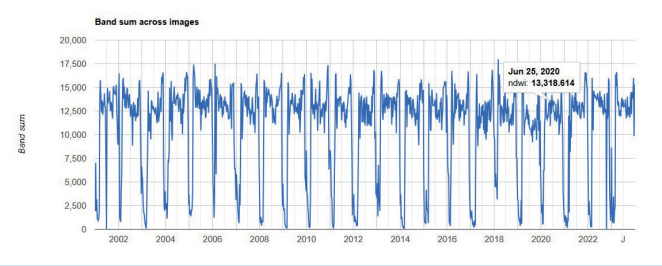


Рис. 13. Значение NDWI за 25 июня 2020 года.
Сурет 13. 2020 жылғы 25 маусымдағы NDWI мәні.
Figure 13. NDWI value for June 25, 2020.

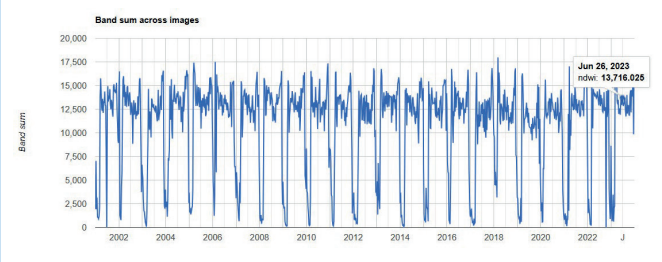


Рис. 14. Значение NDWI за 26 июня 2023 года.
Сурет 14. 2023 жылғы 26 маусымдағы NDWI мәні.
Figure 14. NDWI value for June 26, 2023.

По результатам анализа периода открытой воды не выявлено существенных колебаний площади озера (рис. 15).

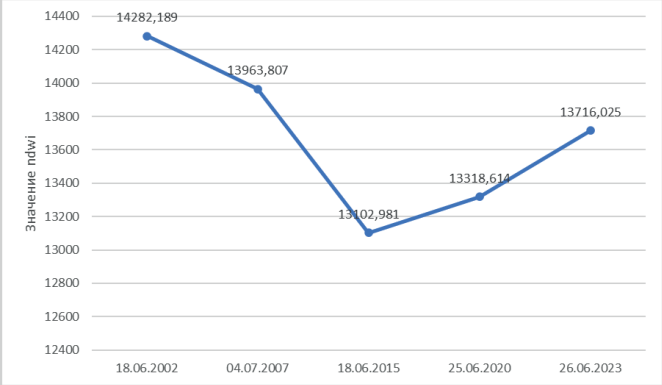


Рис. 15. Динамика площади озера Балхаш.
Сурет 15. Балқаш көлі ауданының динамикасы.
Figure 15. Lake Balkhash area dynamics.

Заключение

Проведенное исследование, основанное на анализе спутниковых данных MODIS с использованием платформы Google Earth Engine, позволило получить детальную информацию о динамике площади озера Балхаш за период с 2001 по 2023 годы. Результаты исследования демонстрируют, что, несмотря на некоторые колебания, площадь озера Балхаш в целом оставалась относительно стабильной на протяжении исследуемого периода.

Данное исследование подчеркивает эффективность использования спутниковых данных MODIS и платформы Google Earth Engine для мониторинга состояния водных объектов. Полученные результаты могут быть использованы для принятия решений в области управления водными ресурсами и охраны окружающей среды в регионе озера Балхаш.

Благодарность

Авторы выражают благодарность сотрудникам ТОО «Lukos Group» и профессорско-преподавательскому составу кафедры МДиГ НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» за помощь и советы по написанию данной статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Муратханов Д.Б., Рахимов Т.А., Рахметов И.К. Применение методов математического моделирования для прогноза антропогенного влияния подземных вод на гидроэкологическое состояние оз. Балхаш (Казахстан) // Сергеевские чтения. Фундаментальные и прикладные вопросы инженерной геодинамики. 2023. № 24. С. 233–238 (на русском языке)*
2. *Katlane R. Мониторинг температуры поверхности моря, хлорофилла и мутности в тунисских водах с 2005 по 2020 год с использованием изображений MODIS и Google Earth Engine // Региональные исследования в области морских наук. 2023. Т. 66. С. 103–113 (на английском языке)*
3. *Karimzadeh S. Мониторинг прибрежных вод с помощью Google Earth Engine: тематическое исследование южного побережья Каспийского моря // Международный архив фотограмметрии, дистанционного зондирования и пространственных информационных наук. 2023. Т. 48. С. 59–64 (на английском языке)*
4. *Velastegui-Montoya A. Google Earth Engine: глобальный анализ и перспективы развития // Дистанционное зондирование. 2023. Т. 15. № 14. С. 36–45 (на английском языке)*
5. *Данилова И. В., Федотова Е. В., Буренина Т. А. Использование Google Earth Engine для расчета составляющих водного баланса в бассейне реки подкаменная тунгуска // Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления. 2023. № 10. С. 80–84 (на русском языке)*
6. *Дробинина Е.В. Опыт использования платформы Google Earth Engine для оценки площадей термокарстовых озер // Аэрокосмические методы в геологии. 2021. № 3. С. 289–294 (на русском языке)*
7. *Федотова Е.В., Гостева А.А. Использование Google Earth Engine в системах мониторинга // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. 2021. № 6. С. 132–135 (на русском языке)*
8. *Ding Y. Мониторинг динамики береговой линии Малайских островов с использованием Google Earth Engine и данных дистанционного зондирования с высокой периодичностью // Дистанционное зондирование. 2021. Т. 13. № 19. С. 3842 (на английском языке)*
9. *Васильев В.Н. Обзор существующих ГИС // Молодой ученый. 2016. № 14. С. 62–66 (на русском языке)*

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Мұратханов Д.Б., Рахимов Т.А., Рахметов И.К. Жер асты суларының Балқаш көлінің гидроэкологиялық жағдайына антропогендік әсерін болжау үшін математикалық модельдеу әдістерін қолдану (Қазақстан) // Сергеев оқулары. Инженерлік геодинамиканың іргелі және қолданбалы мәселелері. 2023. № 24. Б. 233–238 (орыс тілінде)*
2. *Katlane R. MODIS суреттері және Google Earth Engine көмегімен Тунис суларындағы теңіз бетінің температурасын, хлорофиллді және лайлылықты 2005–2020 жылдар аралығында бақылау // Теңіз ғылымдарының өңірлік зерттеулері. 2023. Т. 66. Б. 103–113 (ағылшын тілінде)*
3. *Karimzadeh S. Google Earth Engine көмегімен жағалау суларын бақылау: Каспий теңізінің оңтүстік жағалауының тематикалық зерттеуі // Фотограмметрияның, қашықтан зондтаудың және кеңістіктік ақпараттық ғылымдардың халықаралық мұрағаты. 2023. Т. 48. Б. 59–64 (ағылшын тілінде)*
4. *Velastegui-Montoya A. Google Earth Engine: жаһандық талдау және болашақ тенденциялар // Қашықтан зондтау. 2023. Т. 15. № 14. Б. 36–45 (ағылшын тілінде)*
5. *Данилова И.В., Федотова Е.В., Буренина Т.А. Подкаменная Тунгуска өзені бассейніндегі су балансы құрамдас бөліктерін есептеу үшін Google Earth Engine қолдану // Ақпараттық технологиялар және жоғары өнімді есептеу. 2023. № 10. Б. 80–84 (орыс тілінде)*
6. *Дробинина Е.В. Термокарсттық көлдердің аудандарын бағалау үшін Google Earth Engine платформасын қолдану тәжірибесі // Геологиядағы аэроғарыштық әдістер. 2021. № 3. Б. 289–294 (орыс тілінде)*
7. *Федотова Е.В., Гостева А.А. Бақылау жүйелерінде Google Earth Engine қолдану // Жерді қашықтан зондтаудың өңірлік мәселелері. 2021. № 6. Б. 132–135 (орыс тілінде)*
8. *Динг Ю. Google Earth Engine және жоғары мерзімділік қашықтан зондтау деректерін қолдана отырып Малай аралдарының жағалау сызығының динамикасын бақылау // Қашықтан зондтау. 2021. Т. 13. № 19. Б. 3842 (орыс тілінде)*
9. *Васильев В.Н. Қолданыстағы ГАЖ шолуы // Жас ғалым. 2016. № 14. Б. 62–66 (орыс тілінде)*

REFERENCES

1. *Muratkhanov D.B., Rakhimov T.A., Rakhmetov I.K. Primenenie metodov matematicheskogo modelirovaniya dlya prognoza antropogennogo vliyaniya podzemnykh vod na gidroekologicheskoe sostoyanie oz. Balkhash (Kazakhstan) [Application of mathematical modeling methods to predict the*

anthropogenic impact of groundwater on the hydroecological state of Lake Balkhash (Kazakhstan)], Sergeevskie chteniya. Fundamental'nye i prikladnye voprosy inzhenernoi geodinamiki [Sergeev's Readings. Fundamental and Applied Questions of Engineering Geodynamics]. 2023. No. 24. 233–238 pp. (in Russian)

2. *Katlane R. Monitoring of sea surface temperature, chlorophyll, and turbidity in Tunisian waters from 2005 to 2020 using MODIS imagery and the Google Earth Engine // Regional Studies in Marine Science. 2023. V. 66. 103–113 pp. (in English)*
3. *Karimzadeh S. Google Earth Engine Based Approach for Coastal Water Monitoring: a Case Study of the Southern Shore of Caspian Sea // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2023. V. 48. 59–64 pp. (in English)*
4. *Velastegui-Montoya A. Google Earth Engine: a global analysis and future trends // Remote Sensing. 2023. V. 15. No. 14. 3675 p. (in English)*
5. *Danilova I.V., Fedotova E.V., Burenina T.A. Ispol'zovanie Google Earth Engine dlya rascheta sostavlyayushchikh vodnogo balansa v basseine reki podkamennaya tunguska [Using Google Earth Engine to calculate the components of the water balance in the Podkamennaya Tunguska River basin], Informatsionnye tekhnologii i vysokoproizvoditel'nye vychisleniya [Information Technology and High-Performance Computing]. 2023. No. 10. 80–84 pp. (in Russian)*
6. *Drobinina E.V. Opyt ispol'zovaniya platformy Google Earth Engine dlya otsenki ploshchadei termokarstovykh ozer [Experience using the Google Earth Engine platform to assess the areas of thermokarst lakes], Aerokosmicheskie metody v geologii [Aerospace Methods in Geology]. 2021. No. 3. 289–294 pp. (in Russian)*
7. *Fedotova E.V., Gosteva A.A. Ispol'zovanie Google Earth Engine v sistemakh monitoringa [Using Google Earth Engine in monitoring systems], Regional'nye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Regional Problems of Remote Sensing of the Earth]. 2021. No. 6. 132–135 pp. (in Russian)*
8. *Ding Y. Monitoring coastline changes of the malay islands based on google earth engine and dense time-series remote sensing images // Remote Sensing. 2021. V. 13. No. 19. 3842 p. (in English)*
9. *Vasiliev V.N. Obzor sushchestvuyushchikh GIS [Overview of existing GIS], Molodoi uchenyi [The Young Scientist]. 2016. No. 14. 62–66 pp. (in Russian)*

Сведения об авторах:
Рахимов Г., к.т.н., старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), *gelman.rakhimov@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0003-4930-4075
Игемберлина М.Б., доктор Ph.D, и.о. доцента кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), *igemberlina@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0003-4243-7748
Жанибек А.Ж., магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), *asem.zhanibek@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0000-3555-9638
Батыршаева Ж.М., м.т.н., старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), *cara-bm@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0002-4795-3904

Авторлар туралы мәліметтер:
Рахимов Г., т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)
Игемберлина М.Б., Ph.D докторы, «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доцент м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)
Жанібек Ә.Ж., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының магистранты (Қарағанды қ., Қазақстан)
Батыршаева Ж.М., т.ғ.м., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:
Rakhimov G., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)
Igemberlina M.B., Doctor of Ph.D, acting associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)
Zhanibek A.Zh., undergraduate student of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)
Batyrshayeva Zh.M., Master of Engineering Science, Senior Lecturer of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ И ДОКАЗАННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

ME Elecmetal обладает знаниями, опытом и производственными возможностями для обеспечения вашего предприятия надежными и эффективными решениями в технологиях дробления и измельчения.

ME FIT Grinding

Изнашиваемые детали для мельниц и дробилок всех типов

- Полусамоизмельчения
- Самоизмельчения
- Шаровых
- Стержневых
- Гирационных
- Щековых
- Конусных
- Вертикальных

ME Elecmetal
тел.:
+7 914 880 4545
+7 777 247 0787
+1 778 875 7525

mongolia@me-elecmetal.com
www.me-elecmetal.com

Код МРНТИ 52.45.17

М.Р. Шаутенов, *Н.Т. Акказина Т.М. Алменов, Р.К. Жанакова
Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

СИРЕК ЖЕР КЕНДЕРІНІҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ БАЙЫТЫЛУЫН ФРАКЦИЯЛЫҚ ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Құндыбай кен орны Қазақстанның Қостанай облысында орналасқан. Кен әр түрлі минералдардан тұрады әрі сирек кездесетін жер элементтеріне (СЖЭ) бай. Сирек кездесетін жер элементі – иттрий гидрофосфаты (черчит $YPO_4 \cdot 2H_2O$) негізгі кен минералы болып табылады. Титан минералдары (ильменит, рутил, лейкоксен) – олармен қатар жүретін компоненттер. Кен қопсыған құмды мору қыртысына жатады. Мақалада Құндыбай кен орнындағы кенінің құрамы мен қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Кен орнынан кеннің өкілетті сынамасы алынды. Зерттелетін кенді гравитациялық байытудың фракциялық талдау нәтижелері мен технологиялық көрсеткіштері ұсынылды. Кеннің құрамындағы минералдардық элементтердің өте майда ұсақтығына байланысты кенді байыту үрдісі біз әзірлеген дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратты пайдалана отырып, гравитациялық байыту әдісімен жүзеге асырылды.
Түйінді сөздер: *сирек жер металды кен, ірілік класс, фракциялық талдау, гравитациялық байыту, концентрат, қалдық.*

Study of gravity concentration of rare earth ores on the basis of fractional analysis

Abstract. The Kundybay deposit is located in the Kostanai region of Kazakhstan. Ore is represented by various minerals – rich in rare earth elements (REE). The main ore mineral is yttrium-rare earth hydrophosphate ($YPO_4 \cdot 2H_2O$). Associated components are titanium minerals (ilmenite, rutile, leucoxene). The ore belongs to the loose sandy weathering crusts. This article presents the results of studies on determining the composition and properties of ore Kundybay deposit. A representative sample of ore was taken from the deposit. The results of fractional analysis and technological indicators of gravity concentration of the study ore are presented. Due to the fine dissemination of useful mineral elements contained in it, the ore enrichment process was carried out by gravity enrichment method using our developed vibrocentrifugal more frequent apparatus.
Key words: *rare-earth ore, size class, fractional analysis, gravitational enrichment, concentrate, tailings.*

Исследование гравитационного обогащения редкоземельных руд на основе фракционного анализа

Аннотация. Месторождение Кундыбай расположено в Костанайской области Казахстана. Руда представлена различными минералами – богатыми редкоземельными элементами (РЗЭ). Основным рудным минералам является гидрофосфат иттрия – редких земель (черчит $YPO_4 \cdot 2H_2O$). Попутными компонентами являются титановые минералы (ильменит, рутил, лейкоксен). Руда относится к рыхлым песчанистым корам выветривания. В статье приведены результаты исследований по определению состава и свойств руды Кундыбайского месторождения. Из месторождения отобрана представительная проба руды. Представлены результаты фракционного анализа и технологические показатели гравитационного обогащения исследуемой руды. В связи с тонкой вкрапленностью содержащихся в нем полезных минеральных элементов. Процесс обогащения руды осуществлялся гравитационным методом обогащения с использованием нами разработанного виброцентробежного чащевого аппарата.
Ключевые слова: *редкоземельная руда, класс крупности, фракционный анализ, гравитационное обогащение, концентрат, хвосты.*

Кіріспе

Сирек кездесетін бай металдардың кен орындары таусылып, өндіріске кедей немесе байытылуы қиын кендерді тарту қажеттілігінің туындағаны белгілі. Соңғыларына сирек кездесетін жер элементтерінің (СКЖЭ) фосфаттары (черчит, рабдофонит, ксенотим немесе монацит) арқылы берілетін мору қыртысындағы кендер жатады.

Шынында да, зерттелетін кеннің осы технологиялық ерекшеліктері оны бірегей және құнды етеді. Радиоактивтіліктің болмауы елеулі артықшылық болып табылады, себебі бұл кенді өндіру және қайта өңдеу кезінде қосымша қауіпсіздік шараларын болдырмауға мүмкіндік береді, сондай-ақ соңғы өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Бұдан басқа, кеннің қопсыған құм-сазды гранулометриялық құрамы ұсату және ұнтақтау операцияларына жұмсалатын шығынды айтарлықтай үнемдеуге мүмкіндік береді, бұл да маңызды факторға жатады. Дефицитті иттрий, европий және басқа да ауыр лантаноидтар кіретін лантаноидтардың ерекше құрамы осы кенді ерекше құнды етеді, себебі бұл элементтердің құны жоғары және өнеркәсіптің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады [1].

Осыған байланысты кен құрамындағы пайдалы компоненттердің бөлінуінің өзгермелілігін және оларды қайта өңдеудің технологиялық ерекшеліктерін белгілей отырып, кеннің заттай құрамын зерделеу мақсатында толық ауқымды ғылыми зерттеулер жүргізу қажеттілігі туындады. Кен минералдары өте ұсақ, олар көбінесе аралас тау жыныстары түйіршіктерінің ішінде кездеседі. Сирек кездесетін шикізатты өңдеуге бұрын жүргізілген зерттеулерді талдау негізінде [2, 3] зерттелетін минералдық шикізатты қайта өңдеудің технологиялық әдістерінің әдістемесі белгіленіп, бастапқы сирек кездесетін кенді гравитациялық байыту бойынша зертханалық зерттеулер жүргізілді. Ірілік класы 0,10 мм асатын кенді гравитациялық байыту мүмкіндігі белгіленді.

Іріктелген сынаманың құрамы мен қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізу үшін физикалық-химиялық талдаулардың: спектралдық, минералогиялық, химиялық, рентгендік-фазалық талдау және растрлық электрондық микроскопия әдістері пайдаланылды.

Бастапқы сирек кездесетін кенді гравитациялық байыту бойынша зерттеулер жүргізілді.

Сирек кездесетін кенге 17 элементтен тұратын топ кіреді, оның құрамында: скандий ***(Sc),*** иттрий ***(Y)***, лантан ***(La),*** церий ***(Ce),*** празеодим ***(Pr),*** неодим ***(Nd),*** прометий ***(Pm),*** самарий ***(Sm),*** европий ***(Eu),*** гадолиний ***(Gd),*** тербий ***(Tb),*** диспрозий ***(Dy),*** гольмий ***(Ho),*** эрбий ***(Er),*** тулий ***(Tm),*** иттербий ***(Yb),*** лютеций ***(Lu)*** бар. Сирек кездесетін элементтер аспап жасауда, радиоэлектроникада, машина жасауда, атом техникасында, химия өнеркәсібінде, металлургияда және басқа түрлі салаларда пайдаланылады. ***Nd, Y, Sm, Er, Eu, Fe-B***-мен (темір бориды) негізінде, атап айтқанда, жел генераторлары мен электромобильдер қозғалтқышында қолданылатын тұрақты магниттерді жасау үшін жоғары магниттеу және коэрцитиметр күші бар қорытпалар алынады [4].

Қазіргі уақытта сирек кездесетін металдар (СКМ) – заманауи материалдар мен технологиялардың негізгі компоненттері. Оларға үнемі қызығушылық таныту, әлемдік нарықта сұраныстың өсуінен оларды жоғары технологиялық өнеркәсіп салаларында кеңінен тұтынуға байланысты [5].

Өндірілетін СКМ қуатты тұрақты магниттер, мұнай крекингіне, каучук синтезіне арналған катализаторлар өндірісінде, сондай-ақ пайдаланылған автокөлік газдарының каталитикалық сүзгі-бейтараптандырғыштарын, мониторлар мен энергия үнемдейтін шамдарға арналған люминофорларды шығару үшін пайдаланылады.

СКМ-ның бірегей қасиеттері металлургия, аспап жасау, машина жасау, радиоэлектроника, химия, қорғаныс өнеркәсібі және т. б. заманауи озық технологияларды іске асыру үшін негіз болып табылады.

Құрамында сирек кездесетін жер элементтерінің (СКЖЭ) минералдары бар кендер, әдетте, монацит, ксенотим, эвксенит және т.б сияқты ауыр минералдарды бөлу үшін гравитациялық байытуға ұшырайды [6, 7].

Қазақстандағы Қостанай облысында орналасқан Құндыбай кен орнының минералдық шикізаты зерттеу нысаны болып табылады [8]. Мору қыртыстарының басты құндылығы – бастнезит, черчит және рабдофонит сияқты сирек кездесетін қайталама жер минералдары. Кен орнындағы барынша кең таралған минерал – черчит. Рабдофонит құрамы жағынан $\sum TR_2O_3$ – 42,57%, черчит минералына жақын минерал болып табылады, оған иттрийдің жоғары құрамы (4,76%) тән.

Өнеркәсіптің жоғары технологиялық салаларының жылдам дамуы аспап жасауда, радиоэлектроникада пайдаланылатын сирек жер металдар есебінен жүргізіледі. Олардың материалдары бірінші кезекте әскери-өнеркәсіптік және авиациялық-ғарыш салаларында қолданылады, сондай-ақ мемлекет үшін маңызды стратегиялық мәнге ие.

Материалдар және негізгі әдістер

Құндыбай кен орны кенінің құрамы мен қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізу үшін кеннің өкілетті сынамасы іріктеп алынды. Физикалық-химиялық талдаулардың: спектралдық, минералогиялық, химиялық, рентгендік-фазалық талдау және растрлық электрондық микроскопия әдістері пайдаланылды.

Зерттелетін кеннің және байыту өнімдерінің сынамаларына атомдық-эмиссиялық сапалық спектралдық талдау ДФС-13 дифракциялық спектрографында, МИН-8 микроскопын (өтетін жарық) және Deica инвертацияланған микроскопын (шағылысқан жарық) пайдалана отырып минералогиялық талдау жүргізілді. D8 Advance (Bruker) аппаратында рентгендік-фазалық талдау жүргізілді.

Минералдық-технологиялық зерттеулердің құрамына мынадай үрдістер: зерттелетін минералдық шикізаттың гранулометриялық және минералогиялық құрамын зерттеу; кеннің сазды фракциясын шламсыздандыру үрдісі; фракциялық талдау және гравитациялық байыту негізінде гравитациялық байыту кірді.

Жұмыста химиялық, минералогиялық және гранулометриялық талдау әдістері зерттелінді. Байытудың гравитациялық әдісі негізінде сирек кездесетін минералды шикізаттың іріктелген маңызды сынамасының байытылуына тәжірибелік зерттеулер жүргізілді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Фракциялық талдау, негізінде гравитациялық байыту алдында жүргізіледі. Соның негізінде байытылатын кеннің технологиялық сипаттамасы анықталады. Ол үшін фракциялық талдауға байытылатын кеннің әртүрлі ірілік кластары жұмылдырылады. Тығыздық бойынша бөліну ортасы ретінде минералдық тұздардың сулы ерітінділері, органикалық сұйықтықтар, суспензиялар қолданылады [9, 10].

Алынған кен сынамасынан ірілігі 2,50–0,315 мм және 0,315–0,10 мм құрайтын ірілік кластарына фракциялық талдау жүргізілді. Аталған ірілік кластары М-45 ауыр сұйық ерітіндісінде келесі тығыздық фракцияларына бөлінді (кг/м^3): 2550-ден төмен, 2550–2650, 2650–2750, 2750–2850, 2850–2950 және 2950-дан жоғары.

0,10–0,0 мм ірілік класс тығыздығы 2850 кг/м^3 құрайтын сұйықтықта ортадан тепкіш күш өрісінде өңделініп екі фракция алынды: 2850 кг/м^3 төмен және одан жоғары.

Фракциялық талдауға арналған кен сынамасының гранулометриялық құрамы 1-кестеде, ал фракциялық талдау нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Фракциялық талдауға арналған кен сынамасының гранулометриялық құрамы

Table 1

Particle size distribution of ore sample for fractional analysis

Таблица 1

Гранулометрический состав пробы руды для фракционного анализа

Кластар, мм	Шығым, %	ΣСКЖЭ құрамы, г/т	ΣСКЖЭ таралуы, %
-2.5-0.315	31,37	92,35	9,414
-0,315+0.1	19,82	146,96	9,465
-0.1-0,0	48,81	511,44	81,121
Барлығы	100,0	307,73	100,0

Гранулометриялық құрамның нәтижелері бойынша зерттелетін кен сынамасындағы орташа өлшенген ΣСКЖЭ құрамы 307,73 г/т (1-кесте) құрады. Кен сынамасының гранулометриялық құрамының нәтижелерін талдау көрсеткендей, ірілігі 2,5–0,315 мм болатын класс шығымы 31,37%-ды, сондай-ақ құрамында ΣСКЖЭ 92,35 г/т және бөліп алу дәрежесі 9,414% құрады. Ал ірілігі 0,315–0,0 мм болатын класс шығымы 19,82%-ды, құрамында ΣСКЖЭ 146,96 г/т және бөліп алу дәрежесі 9,465% құрады.

Ең үлкен шығым мен бөліп алу дәрежесі 0,1–0,0 мм болатын ірілік класында байқалады. Оның құрамында ΣСКЖЭ 511,44 г/т, ал бөліп алу дәрежесі 81,121% кезінде шығымы 48,81% құрады. Фракциялық талдау нәтижелері бойынша зерттелетін кен сынамасындағы орташа өлшенген құрамы ΣСКЖЭ 307,83 г/т құрады (2-кесте).

Фракциялық құрамды зерттеу нәтижелерін талдау (2-кесте) ірілігі 2,5–0,315 мм кластан теориялық тұрғыдан сирек жер элементтерінің ең көп шоғырлануы байқалатын тығыздығы 2850–2950 кг/м^3 және 2950 кг/м^3 астам ауыр концентратты фракциялар бөлінуі мүмкін екенін көрсетеді. Осылайша, тығыздығы 2850–2950 кг/м^3 фракцияның шығымы 0,58%-ды, ал тығыздығы 2950 кг/м^3 асатын фракцияның шығымы – 1,13%, ΣСКЖЭ 432,96 г/т және

Кесте 2

Фракциялық талдаудың нәтижелері

Table 2

Results of the fractional analysis

Таблица 2

Результаты фракционного анализа

Ірілік класс, мм	Фракциялардың тығыздығы, кг/м^3	Шығым, %		ΣСКЖЭ құрамы, г/т	ΣСКЖЭ таралуы, %	
		кластан	кеннен		кластан	кеннен
2.5–0,315	-2550	9,45	2,96	68,1	6,97	0,65
	2550-2650	60,33	18,92	42,93	28,05	2,64
	2650-2750	15,0	4,71	145,75	23,67	2,23
	2750-2850	9,78	3,07	128,17	13,58	1,28
	2850-2950	1,85	0,58	432,96	8,67	0,82
	+2950	3,59	1,13	490,22	19,06	1,80
	Барлығы	100,0	31,37	92,34	100,0	9,42
0,315–0,10	-2550	2,74	0,54	191,343	3,57	0,34
	2550-2650	42,1	8,34	47,876	13,72	1,30
	2650-2750	16,21	3,21	98,199	10,83	1,02
	2750-2850	30,74	6,09	81,948	17,14	1,62
	2850-2950	2,32	0,47	643,937	10,16	0,98
	+2950	5,89	1,17	1112,162	44,58	4,23
	Барлығы	100,0	19,82	146,95	100,0	9,49
2,5–0.10	-2550	6,84	3,50	87,11	5,33	0,99
	2550-2650	53,25	27,26	44,44	21,16	3,94
	2650-2750	15,47	7,92	126,48	17,50	3,25
	2750-2850	17,89	9,16	97,44	15,59	2,90
	2850-2950	2,05	1,05	527,74	10,08	1,80
	+2950	4,50	2,3	806,60	30,34	6,03
	Барлығы	100,0	51,19	111,83	100,0	18,91
0,10–0,0	-	-	48,81	511,45	–	81,09
Кен	-	-	100,0	307,83	-	100

490,22 г/т тиісінше, осы ірілік класында бастапқы құрамында ΣСКЖЭ 92,34% бар. Осы тығыздық фракцияларын бірлесіп бөлген жағдайда олардың жалпы шығымы 1,71%, ал орташа құрамы ΣСКЖЭ 470,80 г/т құрайтыны анықталды.

Теориялық тұрғыдан алғанда, сирек кездесетін жер элементтердің ең аз құрамы байқалатын тығыздығы 2550 кг/м^3 және 2550-2650 кг/м^3 жеңіл фракциялардың ықтимал шығымы 2,96% және 18,92% құрады, ал олардың құрамы сәйкесінше ΣСКЖЭ 68,10 г/т және 42,93 г/т болды. Оларды тығыздығы 2650 кг/м^3 аз бір жалпы фракцияға бөлген кезде олардың жалпы шығымы 21,88%-ды құрайды, ΣСКЖЭ орташа құрамы 46,385 г/т тең.

Бір мезгілде зерттелетін ірілік класында тығыздығы 2650–2750 кг/м^3 және 2750–2850 кг/м^3 аралық фракциялар бар, олардың шығымы 4,71% және 3,07%, ал құрамы сәйкесінше ΣСКЖЭ 145,75 г/т және 128,17 г/т құрады. Аралық тығыздықтағы фракциялар (2650–2850 кг/м^3) бірлесіп бөлінген жағдайда, олардың жалпы шығымы 7,78%-ды құрайды, орташа құрамы ΣСКЖЭ 128,53 г/т.

Ірілігі 2,5–0,315 мм кластың фракциялық құрамының нәтижелерін талдау негізінде оны гравитациялық байыту кезінде үш өнім бөлінуі мүмкін: концентрат, аралық өнім және қалдықтар. Осы ірілік класын тек 2850 кг/м^3 тығыздығы бойынша бөлген жағдайда, жеңіл өнімге 2850 кг/м^3 кем тығыздықтағы фракциялар бөліп шығарылған жағдайда, олардың жалпы шығымы 29,66%, орташа құрамы ΣСКЖЭ 67,895 г/т құрайды. 0,315–0,10 мм ірілік класының фракциялық құрамы теориялық тұрғыдан сирек жер элементтерінің елеулі шоғырлануы байқалатын тығыздықтарда 2850–2950 кг/м^3 және 2950 кг/м^3 астам ауыр концентратты фракциялардың бөлінуі мүмкін екенін көрсетеді. Осылайша, тығыздығы 2850–2950 кг/м^3 және 2950 кг/м^3 астам фракцияның шығымы 0,47% және 1,17% құрады, ал ΣСКЖЭ құрамында 643,937 г/т және 1112,162 г/т бар, осы ірілік кластың бастапқы құрамында ΣСКЖЭ 146,95 г/т бар. Осы тығыздық фракцияларының жиынтық шығымы 1,64% құрайды, орташа құрамымен ΣСКЖЭ 977,95 г/т.

Талдау нәтижелері көрсеткендей, ірілігі 0,315–0,10 мм болатын класта, тығыздығы 2850 кг/м^3 аз барлық фрак-

цияларда іс жүзінде бірдей ΣСКЖЭ құрамы байқалады, 191,343 г/т – 47,876 г/т шегінде. Осының негізінде осы ірілік класында жеңіл және аралық фракциялар арасында айқын шекара байқалмайтынын атап өтуге болады. Тиісінше, тығыздығы 2850 кг/м^3 аз фракцияларды бірлесіп бөлген кезде олардың жалпы шығымы 18,18%-ды құрайды, ал орташа құрамы ΣСКЖЭ – 72,436 г/т. Бұл ретте ұқсас тығыздықтағы фракцияда, бірақ 2,5–0,315 мм болатын ірілік класта ΣСКЖЭ құрамы іс жүзінде бірдей және 67,895 г/т тең екенін атап өту қажет.

Жоғарыда баяндалғанның негізінде екі ірілік класта да ауыр (концентратты) фракцияға тығыздығы 2850 кг/м^3 үлкен фракцияларды бөлу қажет деп айтуға болады. Осыған сәйкес екі ірілік кластың да концентратты фракцияларын бөлу үшін қажетті бөлу тығыздығы 2850 кг/м^3 құрайды. 2,5–0,315 және 0,315–0,10 мм екі ірілік класты 2850 кг/м^3 тығыздығы бойынша бөлген жағдайда, теориялық жағынан ауыр концентратты фракцияның ықтимал жалпы шығымы 3,35%, орташа құрамы ΣСКЖЭ – 719,088 г/т құрайды. Осының негізінде концентратты фракцияларға ΣСКЖЭ шоғырлануының орташа дәрежесі 6,34 есені құрады деп айтуға болады.

Сәйкесінше, 2850 кг/м^3 тығыздығы бойынша гравитациялық бөліну кезінде барлық жеңіл фракциялардың шығымы 47,84%, орташа құрамы ΣСКЖЭ – 69,620 г/т құрайды.

Ірілігі 0,10–0,00 мм класты фракциялық талдау тығыздығы 2850 кг/м^3 центрифугадағы ортадан тепкіш күшін пайдалана отырып орындалды.

Ірілігі 0,10–0,00 мм класты фракциялық талдау нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Ірілігі 0,10–0,00 мм кластың фракциялық құрамы бөлу тығыздығы 2850 кг/м^3 болған кезде, сондай-ақ сирек жер элементтердің 2850 кг/м^3 астам тығыздықта (3-кесте) шоғырлануы байқалатынын көрсетеді. Бұл ретте тығыздығы 2850 кг/м^3 аз фракцияларда да сирек жер элементтердің жоғары құрамы байқалады. Бұл іріліктің осы класта едәуір мөлшерде жұқа және шламды кластардың болуымен түсіндіруге болады, оларды тіпті орталықтан тепкіш күшті пайдалана отырып, салыстырмалы түрде жоғары тұтқырлыққа ие ауыр сұйықтықтарда да бөлінуі қиын.

Зерттелетін кеннен жұқа дисперсті сирек жер элеметтерін бөліп алуда гравитациялық байыту әдісі қолданылады. Гравитациялық байыту әзірленген ортадан тепкіш дірілді табақшалы аппаратта [11] атқарылды. Дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппарат өзінің құрылымдық параметрлері мен жұмыс істеуі тұрғысынан әзірленген гидроконцентраторларға жақын келеді. Оның басқа аппараттардан ерекшелігі: концентратордың табақшасына (роторына) қосымша су берілмейді, байыту өніміндегі пайдалы заттардың бөліну дәрежесі жоғары (200-ге дейін) келеді, сондай-ақ осы аппаратпен зерттелетін өнімдердің шағын сынамаларымен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Концентратор табақшасының қабатында материалды қопсыту оның дірілі (3000–6000 діріл/минутына) есебінен жүзеге асырылады.

Винттік сепараторда ірілігі -2,5+0,1 мм кен класы байытылды. Сумен қаттының қатынасы (С:Қ = 1:3) құрады. Алынған концентраттың сапасын жетілдіру винтті сепараторда және дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратта атқарылды. Қолданылған үрдістің технологиялық параметрлері: С:Қ қатынасы 1:3, табақшаның айналу жиілігі 500 айналым/минутына. Аппараттардың көрінісі 1, 2 суреттерде келтірілген.

Сурет 1. Винтті сепаратор.
Figure 1. Screw Separator.
Рис. 1. Винтовой сепаратор.

Кесте 3

Ірілігі 0,10–0,00 мм кластың фракциялық құрамы

Table 3

Fractional composition of size class 0.10–0.00 mm

Таблица 3

Фракционный состав класса крупности 0,10–0,00 мм

Ірілік класс, мм	Фракция тығыздығы, кг/м^3	Шығым, %		ΣСКЖЭ құрамы, %	Бөліп алу дәрежесі, %	
		кластан	кеннен		кластан	кеннен
0,10–0,00	-2850	73,96	36,10	369,090	53,37	43,296
	+ 2850	26,04	12,71	915,792	46,63	37,825
	Барлығы	100,0	48,81	511,450	100,0	81,121

A B

Сурет 2. А – дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппараттың жалпы көрінісі. В – фторопластан жасалынған жұмыс табақшасының көрінісі.
Figure 2. A – General view of the vibrating centrifugal apparatus. B – General view of the fluoroplastic working bowl.
Рис. 2. А – Общий вид виброцентробежного аппарата. В – общий вид рабочей чаши из фторопласта.

Зерттелетін кеннің гравитациялық байытылуы 1, 2 суреттерде ұсынылған және әзірленген ірілендірілген технологиялық қондырғыда жүзеге асырылды.

Қорытынды

Алынған іздестірілетін зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, мынандай қорытындылар жасауға болады:

1. Ірілігі 2,5–0,315 мм және 0,315–0,10 мм ірілік кластарын гравитациялық байыту кезінде ауыр концентратты фракцияларды бөлу мүмкіндігі айқындалды;

2. Іріліктің екі класы үшін тығыздығы 2850 кг/м^3 асатын фракциядағы СКЖЭ шоғырлану дәрежесі 5–7 құрады;

3. Концентратты фракцияларға бөлу үшін қажетті бөлу тығыздығы 2850 кг/м^3 болды;

4. Тазартылмаған сирек кездесетін жер концентраттарды алу мақсатында іріліктің барлық кластарын байытудың неғұрлым қолайлы үрдісі дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппарат пен ортадан тепкіш гидроконцентраторлар болып табылады;

5. Кеннің фракциялық құрамын зерделеу бойынша алынған нәтижелер зерттелетін кенді, атап айтқанда 0,10 мм-ден үлкен класты гравитациялық үрдістерді пайдалана отырып байытуға болатынын көрсетті;

6. Зерттелетін кенде пайдалы компоненттердің болуын зерттеу негізінде гравитациялық байыту бойынша зерттеулер жүргізілді;

7. Зерттелетін кеннің гравитациялық байытылуы әзірленген дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратта жүзеге асырылды

8. Зерттеу нәтижелері мору қыртысындағы байытылуы қиын сирек кездесетін кендерді, сондай-ақ басқа да кендерді өңдеудің технологиялық үрдістерінде пайдаланылуы мүмкін.

Алғыс

Мақала 2024–2026 жылдарға арналған гранттық қаржыландыру шеңберінде AP23488914 «Табиғи және техногендік объектілердегі жұқа дисперсті алтынды сандық бағалау технологиясын әзірлеу және оны Қазақстан аумағында табу перспективаларын бағалау» жобасы бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша жазылған, жоба жетекшісі, т.ғ.к., профессор М.Р. Шаутенов. Жоба тақырыбы бойынша зерттеулер Қазақстан Республикасы ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетімен қаржыландырылған.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Акказина Н.Т. Мору қыртысындағы кендегі сирек жер элементтердің қосынды таралуын зерттеу // «Кен және техногендік шикізатты өңдеудің ғылыми негіздері мен практикасы» XXVIII халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы, Екатеринбург, 2023. Б. 201–206 (орыс тілінде)*
2. *Сирек жер минералдарды өңдеу технологиясына шолу / Suli L.M. [және т. б.] // Химиялық инженерияны зерттеу бюллетені. 2017. Т.19. Б. 20–35 (ағылшын тілінде)*
3. *Koen Binnemans. Сирек жер элементтерді өңдеу, сыни шолу. / Koen Binnemans [және т. б.] // «Таза өндіріс» журналы. 2013. Т. 51. Б. 1–22 (ағылшын тілінде)*
4. *СЖМ нарығына шолу және сирек жер шикізатын қайта өңдеу технологиялары / Юшина Т.И. [және т. б.] // ГИАБ. 2015. № 1. Б. 577–605 (орыс тілінде)*
5. *Сирек жер элементтерін байыту және металлургия саласындағы соңғы әзірлемелері: шолу / Cheng S.K. [және т. б.] // «Сирек элементтер» журналы. 2023. Б. 629–642 (ағылшын тілінде)*
6. *Ауыр минералдарды физикалық байыту. 1 – бөлім: Гравитациялық байыту әдістері бойынша әдебиеттің қазіргі жағдайына шолу / Nzeh N.S. [және т. б.] // Heliyon. 2023. Т. 9. Шығ. 8. Б. 1–30 (ағылшын тілінде)*
7. *Монацит минералынан сирек жер металдарын бөліп алу үрдісін жасақтау: шолу. / Kumari A. [және т. б.] // Байыту саласындағы инженерия. 2015. Т. 79. Б. 102–115 (ағылшын тілінде)*
8. *Ниязов А.Р. Геологиялық жазба «Құндыбай титан-иттрий-сирек жер кен орны (Қазақстан Республикасы, Қостанай облысы)». АҚ «Құндыбай» қоры, 2010. 15 б. (орыс тілінде)*
9. *Томов Т.Г. Кендерді ауыр сұйықтықтарда байыту: М: Ғылым, 1969. 158 б. (орыс тілінде)*
10. *Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыги В.Д. Пайдалы қазбаларды байытуға зерттеу: М.: Жер қойнауы, 1974. 352 б. (орыс тілінде)*
11. *Инновациялық патент № 30418, Қазақстан Республикасы, ХПК B03B 5/32 (2006.01). Табақшалы ортадан тепкіш үзілімді жұмыс істейтін аппарат / Перегудов В.В., Шаутенов М.Р.,*

Ожогин Г.А., Мотовилов И.Ю.; өтініш беруші және патент иеленушісі Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ КЕАҚ (KZ.) – 2014/1096.1; мәлімделген 15.05.2014; жарияланды 15.10.2015. Бюлл. №10, 8 б. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. *Akkazina N.T. Raspredelenie summy redkozemel'nykh elementov v issleduemoi rude kory vyvetrivaniya [Distribution of the sum of rare-earth elements in the studied ore of the weathering crust], Materialy XXVIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Nauchnye osnovy i praktika pererabotki rud i tekhnogennogo syr'ya» [XXVIII International Scientific and Technical Conference «Scientific bases and practice of processing of ores and technogenic raw materials»], Ekaterinburg, 2023. 201–206 pp. (in Russian)*
2. *A Review of Rare Earth Mineral Processing Technology / Suli L.M. [et al.] // Chemical Engineering Research Bulletin. 2017. V. 19. 20–35 pp. (in English)*
3. *Recycling of rare earths: a critical review / Koen Binnemans [et al.] // Journal of Cleaner Production. 2013. V. 51. 1–22 pp. (in English)*
4. *Obzor rynka RZM i tekhnologii pererabotki redkozemel'nogo syr'ya [Review of the REM market and technologies for processing of rare earth raw materials], Yushina T.I. [et al.], GIAB [GIAB]. 2015. No. 1. 577–605 pp. (in Russian)*
5. *Recent process developments in beneficiation and metallurgy of rare earths: A review / Cheng S.K. [et al.] // J. Rare Earths. 2023. 629–642 pp. (in English)*
6. *Physical beneficiation of heavy minerals – Part 1: A state of the art literature review on gravity concentration techniques / Nzeh N.S. [et al.] // Heliyon. 2023. V. 9. Issue 8. 1–30 pp. (in English)*
7. *Process development to recover rare earth metals from monazite mineral: a review / Kumari A. [et al.] // Miner. Eng. 2015. V. 79. 102–115 pp. (in English)*
8. *Niyazov A.R. Geologicheskaya zapiska «Kundybaiskoe titan-ittrii-redkozemel'noe mestorozhdenie (Respublika Kazakhstan, Kostanaiskaya oblast')» [Geological note «Kundybay titanium-yttrium-rare earth deposit (Republic of Kazakhstan, Kostanay region)»]. Fonds of JSC «Kundybay», 2010, 15 p. (in Russian)*
9. *Tomov T.G. Obogashchenie rud v tyazhelykh zhidkostyakh [Ore enrichment in heavy liquids], Moscow: Nauka, 1969. 158 p. (in Russian)*
10. *Mitrofanov S.I., Barsky L.A., Samygin V.D. Issledovanie poleznykh iskopaemykh na obogatimost' [Investigation of minerals for enrichability], Moscow: Nedra, 1974. 352 p. (in Russian)*
11. *Innovation patent No. 30418, Republic of Kazakhstan, MPK B03B 5/32 (2006.01). Vibrotsentrobezhnyi chashevyi apparat periodicheskogo deistviya [Vibrocentrifugal bowl apparatus of batch action], Peregudov V.V., Shautenov M.R., Ozhogin G.A., Shautenov M.R., Ozhogin G.A., Motovilov I.Yu.; applicant and patent holder NAO K.I. Satpayev KazNITU (KZ.) – 2014/1096.1; avt.15.05.2014; publ. 15.10.2015. Bulletin No. 10. 8 p. (in Russian)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Акказина Н.Т. Распределение суммы редкоземельных элементов в исследуемой руде коры выветривания // Материалы XXVIII межд. научно-технической конф. «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья», Екатеринбург, 2023. С. 201–206 (на русском языке)*
2. *Обзор технологии переработки редкоземельных минералов / Suli L.M. [и др.] // Бюллетень исследований в области химической инженерии. 2017. Т. 19. С. 20–35 (на английском языке)*
3. *Переработка редкоземельных металлов: критический обзор. / Koen Binnemans [и др.] // Журнал «Чистое производство». 2013. Т. 15. С. 1–22 (на английском языке)*
4. *Обзор рынка РЗМ и технологий переработки редкоземельного сырья / Юшина Т.И. [и др.] // ГИАБ. 2015. № 1. С. 577–605 (на русском языке)*
5. *Последние разработки в области обогащения и металлургии редкоземельных металлов: обзор / Cheng S.K. [и др.] // Журнал «Редкие элементы». 2023. С. 629–642 (на английском языке)*
6. *Физическое обогащение тяжелых минералов – Часть 1: Обзор современного состояния литературы по методам гравитационного обогащения / Nzeh N.S. [и др.] // Heliyon. 2023. Т. 9. Вып. 8. С. 1–30 (на английском языке)*
7. *Разработка процесса извлечения редкоземельных металлов из минерала монацита: обзор / Kumari A. [и др.] // Инженерное дело в области добычи полезных ископаемых. 2015. Т. 79. С. 102–115 (на английском языке)*
8. *Ниязов А.Р. Геологическая записка «Кундыбайское титан-иттрий- редкоземельное месторождение (Республика Казахстан, Костанайская область)». Фонды АО «Кундыбай», 2010, 15 с. (на русском языке)*

9. *Томов Т.Г. Обогащение руд в тяжелых жидкостях: М.: Наука, 1969. 158 с. (на русском языке)*
10. *Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость: М.: Недра, 1974. 352 с. (на русском языке)*
11. *Инновационный патент №30418, Республика Казахстан, МПК B03B 5/32 (2006.01). Виброцентробежный чашевый аппарат периодического действия / Перегудов В.В., Шаутенов М.Р., Ожогин Г.А., Мотовилов И.Ю.; заявитель и патентообладатель НАО КазНИТУ имени К.И. Сатпаева (KZ.) – 2014/1096.1; заявл. 15.05.2014; опубл. 15.10.2015. Бюлл. № 10, 8 с. (на русском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:
Шаутенов М.Р., т.ғ.к., «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының профессоры, Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), *m.shautenov@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0002-0266-3882
Акказина Н.Т., техника ғылымдарының магистры, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының оқытушысы, Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), *n.akkazina@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0002-9042-6130
Алменов Т.М., т.ғ.к., «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры, Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), *t.almenov@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0001-9674-8598
Жанакова Р.К., т.ғ.к., «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), *r.zhanakova@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0003-0845-8449

Information about the authors:
Shautenov M., Candidate of Technical Sciences, Professor of «Metallurgy and Mineral Processing» department, Mining and Metallurgical Institute after named O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Akkazina N., Master of Technical Sciences, Lecturer at the Department of «Metallurgy and Mineral Processing», Mining and Metallurgical Institute after named O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Almenov T., Candidate of Technical Sciences, Professor of «Mining» department, Mining and Metallurgical Institute after named O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Zhanakova R., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of «Mining» department, Mining and Metallurgical Institute after named O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:
Шаутенов М.Р., к.т.н., профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Акказина Н.Т., магистр технических наук, преподаватель кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Алменов Т.М., к.т.н., профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Жанакова Р.К., к.т.н., ассоц. профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Код МРНТИ 87.21.07

*Д.К. Сунакбаева[1], Д.Х. Юлдашбек[1], К.У. Айтекова[2], Ж.Т. Уйсимбаева[3]
[1]Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан),
[2]Международный Таразский университет имени Шерхана Муртазы (г. Тараз, Казахстан),
[3]Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации (г. Тараз, Казахстан)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ НА СОСТАВ ПОЧВЫ

Аннотация. В статье рассмотрено влияние природных минералов на состав и физико-химические свойства почвы, а также их роль в формировании экосистемных процессов. Проведен комплексный анализ геохимического состава различных почвенных образцов, включающих минералы, такие как кварц, полевые шпаты, карбонаты и глинистые частицы. Исследованы их эффекты на водный режим почвы, кислотно-щелочной баланс, а также на содержание макро- и микроэлементов. Особое внимание уделено экологическим аспектам, связанным с использованием природных минералов, включая снижение негативного воздействия химических веществ на окружающую среду и повышение устойчивости почвенных экосистем. Результаты исследования могут быть использованы для разработки методов восстановления и улучшения качества почв, повышения их устойчивости к изменениям климата.
Ключевые слова: *геоэкология, природные минералы, состав почвы, микроэлементы, почвенные условия.*

Табиғи минералдардың топырақ құрамына әсерін геоэкологиялық бағалау

Аңдатпа. Мақалада табиғи минералдардың топырақтың құрамы мен физика-химиялық қасиеттеріне әсері, сондай-ақ олардың экожүйелік процестерді қалыптастырудағы рөлі қарастырылады. Кварц, дала шпаттары, карбонаттар және саз бөлшектері сияқты минералдарды қамтитын әртүрлі топырақ үлгілерінің геохимиялық құрамына кешенді талдау жүргізілді. Олардың топырақтың су режиміне, қышқыл-негіз балансына, сондай-ақ макро және микроэлементтердің құрамына әсері зерттелді. Табиғи минералдарды пайдаланумен байланысты экологиялық аспектілерге, соның ішінде химиялық заттардың қоршаған ортаға теріс әсерін азайтуға және топырақ экожүйелерінің тұрақтылығын арттыруға ерекше назар аударылады. Зерттеу нәтижелерін топырақтың сапасын қалпына келтіру және жақсарту, олардың климаттың өзгеруіне төзімділігін арттыру әдістерін әзірлеу үшін пайдалануға болады.
Түйінді сөздер: *геоэкология, табиғи минералдар, топырақ құрамы, микроэлементтер, топырақ жағдайлары.*

Geoecological assessment of the effect of natural minerals on soil composition

Abstract. The article examines the influence of natural minerals on the composition and physico-chemical properties of the soil, as well as their role in the formation of ecosystem processes. A comprehensive analysis of the geochemical composition of various soil samples, including minerals such as quartz, feldspar, carbonates and clay particles, has been carried out. Their effects on the water regime of the soil, acid-base balance, as well as on the content of macro- and microelements have been studied. Special attention is paid to environmental aspects related to the use of natural minerals, including reducing the negative effects of chemicals on the environment and increasing the stability of soil ecosystems. The results of the study can be used to develop methods for restoring and improving soil quality, increasing their resistance to climate change.
Key words: *geoecology, natural minerals, soil composition, trace elements, soil conditions.*

Введение

Почва является одним из важнейших элементов экосистемы, обеспечивающим основу для жизни растений и животных. Ее состав и свойства напрямую влияют на качество и количество экологически чистого производства, а также на здоровье экосистем в целом. Один из ключевых факторов, определяющих продуктивность почвы, это ее минеральный состав. Минералы в почве могут изменять ее физико-химические характеристики, такие как водопоглощение, удержание влаги, кислотно-щелочной баланс и содержание микроэлементов, что, в свою очередь, влияет на рост и развитие растений [1–3].

Природные минералы, такие как кварц, полевые шпаты, карбонаты и глинистые частицы, играют особую роль в этих процессах. Кварц, будучи основным компонентом силикатных минералов, влияет на структуру почвы, улучшая ее водопроницаемость. Полевые шпаты, содержащие калий и другие элементы, участвуют в обеспечении почвы микроэлементами, которые необходимы для роста растений. Карбонаты, в свою очередь, влияют на кислотно-щелочной баланс почвы, повышая ее pH и создавая щелочные условия. Глинистые минералы, обладая высокой водоудерживающей способностью, оказывают влияние на структуру почвы, ее аэрацию и способность поддерживать оптимальные условия для роста корней растений [4–5].

Изучение геохимического состава почвы, включающего анализ минералогических и химических свойств, имеет большое значение для оценки ее пригодности для экологически чистого производства и понимания процессов, происходящих в экосистемах. В связи с этим, важной задачей является понимание того, как различные минералы влияют на биологическую активность почвы, особенно на процессы прорастания растений [6–8].

Данное исследование направлено на изучение влияния природных минералов на состав почвы и их воздействие на экологически чистое производство. В работе рассматриваются почвы с различным минеральным составом, в том числе с преобладанием кварца, полевых шпатов, карбонатов и глинистых частиц. Оценено их влияние на водный режим почвы, кислотно-щелочной баланс, содержание микроэлементов и, наконец, на процессы прорастания зерен пшеницы, маша и черноглазой фасоли.

Геоэкологическое направление производства напрямую зависит от состояния почвы, и понимание того, как минералы влияют на ее характеристики, поможет более эффективно управлять почвенной системой. Важно подчеркнуть, что геоэкологический анализ почвы и ее состав могут способствовать минимизации использования химических удобрений и улучшению экологической устойчивости производства, что является важной частью концепции устойчивого развития [9–10].

Целью данного исследования является оценка влияния минералов на состав почвы и ее способности поддерживать рост и развитие растений, что может быть полезно

как для производства, так и для восстановления экосистем в целом.

Материалы и методы

Почвенные образцы

Для исследования были выбраны три почвенных образца, отражающие различные типы минерального состава. Каждый образец был получен с различных географических регионов, что позволило создать условия для сравнения почв с различными характеристиками.

• *Почва 1.* Содержит преимущественно *кварц и полевые шпаты.* Эти минералы характеризуются высоким содержанием кремния и малым количеством микроэлементов, что обычно делает такие почвы более устойчивыми к водной эрозии, но при этом слабо способными к удержанию питательных веществ.

• *Почва 2.* Почва, богатая *карбонатами* (главным образом кальцитом и доломитом), что придает ей щелочную реакцию. Почвы с таким составом могут содержать избыточное количество кальция и магния, что влияет на доступность других микроэлементов, таких как железо и фосфор.

• *Почва 3.* Содержит преобладание *глинистых частиц.* Глинистые почвы обладают высокой способностью к удержанию воды, но могут страдать от недостатка кислорода в корневой зоне, что влияет на прорастание и рост растений.

Методика исследования

Для оценки влияния минералов на почву были проведены следующие этапы:

1. Геохимический анализ почвы:

- Измерение pH почвы с использованием водной суспензии.

- Определение содержания микроэлементов (***Fe, Mg, Ca, K***).

2. Влияние на водный режим:

○ Оценка способности почвы удерживать воду с помощью капиллярного водопоглощения.

○ Проведение лабораторных экспериментов по определению объема воды, который может удерживать почва (сравнение водопоглощения и удержания влаги).

3. Эксперимент по определению минералов:

○ В качестве объектов эксперимента были выбраны различные минералы: пшеница, маш и черноглазая фасоль.

○ Для каждого типа почвы были подготовлены три экспериментальные группы (по три образца почвы на каждую группу): глинистые минералы, щелочные минералы, кислотные минералы, нейтральные минералы.

Результаты

Геохимический состав почв

Результаты показывают, что почвы с преобладанием карбонатов (Почва 2) имеют более высокие значения pH, что указывает на их щелочную реакцию. Почвы с высокими концентрациями кальция (Почва 2) могут оказывать негативное влияние на растения, чувствительные к высокому pH, например, на прорастание зерен пшеницы (таблица 1).

Таблица 1

Геохимический состав почвенных образцов

Кесте 1

Топырақ үлгілерінің геохимиялық құрамы

Table 1

Geochemical composition of soil samples

Параметр	Почва 1 (кварц + полевые шпаты)	Почва 2 (карбонаты)	Почва 3 (глинистые частицы)
pH (активная кислотность)	6.2	7.5	6.8
Железо (*Fe*), мг/кг	15	12	14
Магний (*Mg*), мг/кг	25	30	35
Кальций (*Ca*), мг/кг	20	45	40
Калий (*K*), мг/кг	50	55	52

Влияние на прорастание зерен

На основе полученных данных можно построить таблицу, показывающую процент прорастания для каждого типа почвы и каждого вида зерен (таблица 2).

Таблица 2

Процент прорастания зерен в зависимости от типа почвы

Кесте 2

Топырақтың түріне байланысты дәндердің өніп шығуының пайыздық көрсеткішері

Table 2

Percentage of seed germination depending on the soil type

Почва	Пшеница (%)	Маш (%)	Черноглазая фасоль (%)
Почва 1 (кварц + полевые шпаты)	90	85	70
Почва 2 (карбонаты)	75	65	80
Почва 3 (глинистые частицы)	90	95	85

Геоэкологическое значение почвенной системы представляет собой важность природных компонентов и процессов, их роль в поддержании экологического равновесия, устойчивости экосистем и сохранении жизнеспособности окружающей среды. Это понятие охватывает несколько аспектов:

1. *Роль природных ресурсов.* Геоэкологическое значение земельных участков, водных объектов, растительности,

животных и других природных ресурсов в обеспечении жизнедеятельности человека и экосистем.

2. *Устойчивость экосистем.* Оценка того, насколько природные компоненты региона устойчивы к изменениям, таким как антропогенная нагрузка, климатические изменения, загрязнение и другие факторы.

3. *Влияние на природные процессы.* Как различные геоэкологические компоненты (например, почвы, климат, водные ресурсы) взаимодействуют и влияют на биологическое разнообразие и общую экологическую стабильность.

4. *Оценка воздействия человека.* Как антропогенная деятельность (строительство, сельское хозяйство, промышленность) влияет на природную среду, и какое значение для экосистем имеет сохранение природных территорий или их восстановление.

В целом, геоэкологическое значение помогает понять, как природные компоненты и процессы влияют на экологическое состояние территорий и как можно минимизировать отрицательные воздействия на природу.

Влияние на водный режим почвы

Результаты показали, что почва с высоким содержанием карбонатов обладает более высокой способностью к водопоглощению, что может быть полезным в условиях засушливого климата, но также может привести к снижению доступности воды для растений, если карбонаты сильно нейтрализуют кислотность (таблица 3).

Таблица 3

Водопоглощение и удержание воды

Кесте 3

Су сіңіру және суды ұстап тұру көрсеткіштері

Table 3

Water absorption and water retention

Почва	Водопоглощение (л/м²)	Вода, удерживаемая в почве (%)
Почва 1 (кварц + полевые шпаты)	15	45
Почва 2 (карбонаты)	18	48
Почва 3 (глинистые частицы)	12	42

Обсуждение

Результаты нашего исследования показали, что минеральный состав почвы оказывает значительное влияние на ее химические и физические свойства, что, в свою очередь, влияет на рост растений. Почвы, содержащие различное количество минералов, продемонстрировали разнообразие в показателях водопоглощения, pH и содержания микроэлементов, что является ключевым для эффективного прорастания зерен.

Влияние состава природных минералов на pH почвы

Природные минералы оказывают значительное влияние на pH почвы. Этот эффект зависит от состава минералов, их растворимости, а также от условий, в которых они находятся. Влияние минералов можно разделить на несколько категорий.

Кислотные минералы (источник подкисления). Некоторые минералы при выветривании выделяют кислоты или кислые соединения, которые могут понижать pH почвы. Одними из распространенных кислот являются сульфиды, такие как, пирит, марганец. При окислении сульфидов образуются серная кислота и другие кислые вещества, что снижает pH почвы. Помимо этого, глинистые минералы, такие как каолинит, могут способствовать образованию кислых соединений, влияющих на кислотный показатель почв. Щелочные минералы, являющиеся источником повышения показателя кислотности, некоторые минералы обладают щелочной реакцией, при их выветривании образуются основания, что может повышать pH почвы. Составной частью могут быть и карбонаты (мел, известняк) – кальцит и доломит, при растворении высвобождают ионы кальция **(Ca^{2+}),** которые нейтрализуют кислоты в почве и увеличивают кислотность. Немаловажно отметить и соли алкалиевых металлов, содержащие натрий и калий, способные повышать pH, снижая кислотность. Нейтральные минералы, такие как кварц и полевые шпаты, не оказывают значительного воздействия на pH почвы, так как они практически не растворяются в воде. Минералы, содержащие микроэлементы, такие как окислы железа и марганца, могут влиять на pH почвы в зависимости от их растворимости и взаимодействия с другими веществами в почве. Например, железо, растворяясь, может создавать кислую среду.

Влияние вышеперечисленных минералов на pH почвы также зависит от нескольких факторов: тип почвы – глинистые почвы могут реагировать иначе, чем песчаные, на одни и те же минералы; климатические условия – температура и влажность могут ускорять выветривание минералов, что усиливает их воздействие на pH; этап выветривания – вначале минералы могут не оказывать сильного воздействия, но по мере выветривания, их влияние на pH может усиливаться. Таким образом, влияние природных минералов на pH почвы разнообразно и зависит от множества факторов, включая тип минералов, их состав и условия окружающей среды.

Влияние на водный режим почвы

Природные минералы оказывают существенное влияние на водный режим почвы. Это влияние проявляется в различных аспектах, таких как способность почвы удерживать воду, ее водопроницаемость, а также способность минералов взаимодействовать с водными растворами, что влияет на водный баланс. Глины являются важными компонентами почвы, поскольку они обладают высокими адсорбционными свойствами и могут удерживать значительное количество воды. Это важно для водного баланса, поскольку глинистые минералы (например, каолинит, иллит, монтмориллонит) характеризуются большой удельной поверхностью и способны задерживать воду. Глины часто замедляют инфильтрацию воды в почву, делая водопроницаемость низкой, но при этом способны длительно удерживать воду, что важно в условиях засухи. Эти минералы образуют водоудерживающие комплексы, что помогает поддерживать

стабильный уровень влажности в почве, особенно в засушливых районах.

Минералы, содержащие карбонаты (известняк, доломит). Минералы, такие как кальцит (***$CaCO_3$***) и доломит (***$CaMg(CO_3)_2$***), могут оказывать влияние на водный режим почвы следующими способами: увлажнение почвы – карбонаты кальция и магния при растворении в воде образуют слабощелочные растворы, что может улучшить структуру почвы, увеличивая водопроницаемость и дренаж, особенно в сильно глинистых почвах; задержка воды – в некоторых случаях карбонатные минералы могут способствовать образованию более плотной структуры, которая влияет на медленное проникновение воды, снижая скорость инфильтрации; минералы, содержащие соляные компоненты (например, гипс, сульфаты); минералы, такие как гипс (***$CaSO_4$***), также оказывают влияние на водный режим почвы: поддержание водного баланса – гипс помогает улучшить структуру почвы, облегчая дренаж в засоленных почвах, что предотвращает накопление избыточной воды; увлажнение – сульфаты кальция могут увеличивать способность почвы удерживать воду, не допуская чрезмерного высыхания в условиях дефицита влаги; минералы, влияющие на водопроницаемость (например, кварц). Минералы, такие как кварц, имеют минимальное влияние на водный режим, так как они практически не растворяются в воде. Однако их наличие в почве влияет на физическую структуру почвы – кварц, будучи компонентом песчаных почв, способствует повышению водопроницаемости. Почвы с высоким содержанием песчаных минералов легко пропускают воду, но при этом плохо удерживают влагу, что делает их склонными к быстрому высыханию; минералы, содержащие органические вещества (например, гумус).

Некоторые минералы в сочетании с органическими веществами, такими как гумус, играют ключевую роль в водном режиме почвы. Гумус увеличивает водоудерживающую способность почвы, улучшая структуру и увеличивая пористость, что способствует лучшему удержанию воды.

Влияние минералов на водный режим зависит от ряда факторов:

тип почвы – минералы взаимодействуют с органическими веществами, изменяя физико-химические свойства почвы. Глинистые и суглинистые почвы будут реагировать на минералы иначе, чем песчаные почвы;

климатические условия – в регионах с интенсивными осадками минералы могут оказывать влияние на дренаж и водоудержание, а в засушливых районах – на удержание влаги;

структура почвы – минералы могут улучшать или ухудшать структуру почвы, что непосредственно влияет на ее способность удерживать или пропускать воду. Природные минералы играют важную роль в формировании водного режима почвы, влияя на ее водоудерживающую способность, проницаемость и общую структуру. В зависимости от типа минералов и условий окружающей среды их влияние может быть как положительным, так и отрицательным, что требует учета при агротехнических и природоохранных мероприятиях.

Роль микроэлементов в почве

Не менее важным является содержание микроэлементов в почве, таких как калий, магний и кальций. Эти элементы играют ключевую роль в метаболических процессах растений. Почва с высоким содержанием карбонатов (Почва 2) показала относительно высокие уровни кальция и магния, однако этот элемент может подавлять доступность других микроэлементов, что негативно сказывается на росте растений, таких как пшеница.

С другой стороны, почва, содержащая кварц и полевые шпаты (Почва 1), оказалась наиболее сбалансированной по содержанию магния и калия, что обеспечивало лучший рост пшеницы. Почва с преобладанием глинистых частиц (Почва 3) также показала сбалансированное содержание микроэлементов, но их доступность для растений была несколько ограничена из-за высокой водоудерживающей способности почвы.

Микроэлементы в почве играют важную роль в обеспечении нормального роста и развития растений, несмотря на то, что их содержание в почве и потребность в них у растений относительно невелики. Эти элементы участвуют в различных физиологических процессах, поддерживая жизнедеятельность растений, а их дефицит или избыток может существенно влиять на здоровье растений и урожайность. Микроэлементы хотя и требуются в малых количествах, имеют ключевое значение для нормального функционирования растений. Они участвуют в многочисленных биохимических процессах и влияют на рост, развитие, устойчивость к болезням и плодообразование. Правильное управление содержанием микроэлементов в почве способствует получению здоровых и высокоурожайных культур.

Таким образом, минеральный состав почвы и ее способность удерживать воду и обеспечивать растения необходимыми микроэлементами играют решающую роль в успешном прорастании и росте экологически чистой продукции. Понимание этих факторов позволит более эффективно управлять почвенными ресурсами и улучшать агротехнические практики.

Экологические аспекты

Экологические аспекты, связанные с использованием минералов в почвах, должны учитывать долгосрочные последствия для экосистем и здоровья почвы. Применение минералов, таких как карбонаты, может изменять pH почвы, что в свою очередь влияет на микробиологические процессы. Важно, чтобы изменения, вызванные минералами, не приводили к ухудшению структуры почвы и снижению ее экологической устойчивости. Также необходимо учитывать минимизацию использования химических добавок и удобрений, что способствует улучшению экосистемного баланса.

Заключение

Исследование влияния природных минералов на состав почвы и их воздействие на прорастание зерен выявило несколько ключевых факторов, которые играют важную роль в агроэкологических процессах. В ходе работы было показано, что минералогический состав почвы оказывает

прямое влияние на ее физико-химические характеристики, такие как водный режим, кислотно-щелочной баланс, содержание микроэлементов и, соответственно, на рост и развитие растений.

Во-первых, результаты геохимического анализа почвенных образцов продемонстрировали, что минералы, такие как кварц, полевые шпаты, карбонаты и глинистые частицы, влияют на pH почвы, что, в свою очередь, оказывает влияние на доступность питательных веществ. Почвы, богатые карбонатами, имели более высокие значения pH (щелочная реакция), что снижало доступность некоторых микроэлементов, таких как железо и марганец. Это было особенно заметно для пшеницы, которая хуже прорастала в почвах с высоким pH. В то же время почвы с нормальным или слегка кислым pH, как в случае с почвой, содержащей кварц и полевые шпаты, обеспечивали более благоприятные условия для роста растений.

Во-вторых, водопоглощение и удержание воды в почвах также показали значительные различия в зависимости от минералогического состава. Почвы с преобладанием глинистых частиц продемонстрировали более высокую способность к удержанию воды, что способствовало лучшему прорастанию зерен, особенно в засушливых условиях. Однако чрезмерная влажность в таких почвах может привести к дефициту кислорода в корневой зоне, что ограничивает рост корней. Это подчеркивает важность оптимального водного баланса для обеспечения здорового роста растений.

Также было установлено, что содержание микроэлементов в почвах напрямую связано с их минералогическим составом. Например, в почвах с высоким содержанием карбонатов наблюдается повышение уровня кальция и магния, что может нарушить усвоение других элементов, таких как калий и фосфор. В почвах, содержащих кварц и полевые шпаты, содержание микроэлементов оказалось сбалансированным, что способствовало лучшему прорастанию пшеницы и других культур.

Результаты экспериментов по проращиванию экопродукции показали, что разные типы почвы влияли на прорастание растений по-разному. Наиболее высокие результаты по прорастанию показали пшеница и маш в почвах с преобладанием глинистых частиц и кварца. Черноглазая фасоль, в свою очередь, продемонстрировала лучшие результаты в почвах с высоким содержанием карбонатов, что подтверждает ее способность адаптироваться к щелочной реакции почвы.

Таким образом, результаты исследования подтверждают важность учета минерального состава почвы для улучшения агротехнических практик и повышения урожайности растений. Знание о том, как минералы влияют на кислотно-щелочной баланс, водный режим и содержание микроэлементов, позволяет более точно управлять почвенными ресурсами и создавать оптимальные условия для роста растений.

Важным аспектом работы является также экологическая составляющая. Минимизация использования химических удобрений и внесение природных минералов в почву может способствовать восстановлению и поддержанию экологического баланса. Производство, основанное на более экологически чистых технологиях, позволит не только улучшить качество продукции, но и сохранить здоровье экосистем.

Таким образом, полученные данные имеют практическое значение для экологически чистого производства, позволяя оптимизировать использование почвы, улучшить методы агротехнического ухода и повысить устойчивость экосистем к климатическим изменениям.

Данное исследование может служить основой для дальнейших более глубоких исследований влияния минералогического состава почвы на агрономические свойства и рост различных производственных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Аникве М.А.Н., Ифе К. Роль экосистемных услуг почвы в цикличной биоэкономике // Front. Soil Sci. 2023. № 3. С. 1–18 (на английском языке)*
2. *Тело да Гама Дж. Роль почвы в устойчивости, изменении климата и экосистемных услугах: проблемы и возможности // Ecologies. 2023. № 4 (3). С. 552–567 (на английском языке)*
3. *Экологические аспекты системы почва – вода – растение – атмосфера. / Реквар Р.К. [и др.] // В: Plant perspectives to global climate changes. 2022. № 7. С. 279–302 (на английском языке)*
4. *Кумари, Н., Мохан К. Основы глинистых минералов и их характеристические свойства // IntechOpen. 2021. № 1. С. 1–30 (на английском языке)*
5. *Фомина М., Скороход И. Микробные взаимодействия с глинистыми минералами и их экологические и биотехнологические последствия // Minerals. 2020. № 10 (10). С. 1–54 (на английском языке)*
6. *Эффекты прорастания на питательную ценность: всеобъемлющий обзор изменений в некоторых злаках и бобовых культурах / Гунатунга С. [и др.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2024. № 128. С. 1–16 (на английском языке)*
7. *Аль-Тахер Ф., Калита Д., Немзер Б. Роль пророщенных зерен в здоровье человека и кишечника: Ченнай, Sprouted Grains: Nutritional Value, Production, and Applications (Second Edition), 2025. С. 285–311 (на английском языке)*
8. *Демирель О., Гюнеш Х., Кан С. Устойчивые и современные биоосновные технологии: новые подходы к безопасности и обеспечению продовольственной безопасности // Environ Dev Sustain. 2024. № 44 (165). С. 1–28 (на английском языке)*

9. *Роль органического сельского хозяйства в достижении устойчивости в сельском хозяйстве / Гамаж А. [и др.] // Farming System. 2023. №1. С. 1–14 (на английском языке).*
10. *Недавние разработки в физических методах инвигорирования для разработки проростков съедобных семян как функциональных продуктов / Хассан С. [и др.] // Front. Sustain. Food Syst. 2022. № 6. С. 1–20 (на английском языке)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Аникве М.А.Н., Ифе К. Топырақ экожүйесінің қызметтерінің цикличді биоэкономикадағы рөлі // Front. Soil Sci. 2023. № 3. Б. 1–18 (ағылшын тілінде)*
2. *Тело да Гама Дж. Топырақтың тұрақтылық, климат өзгеруі және экожүйелік қызметтердегі рөлі: мәселелер мен мүмкіндіктер // Ecologies. 2023. № 4 (3). Б. 552–567 (ағылшын тілінде)*
3. *Топырақ-суға-өсімдік-атмосфера жүйесінің экологиялық аспектілері. / Реквар Р.К. [және т. б.] // В: Plant perspectives to global climate changes. 2022. № 7. Б. 279–302 (ағылшын тілінде)*
4. *Кумари Н., Мохан К. Глинисті минералдардың негіздері және олардың сипаттамалық қасиеттері // IntechOpen. 2021. № 1. Б. 1–30 (ағылшын тілінде)*
5. *Фомина М., Скороход И. Глинисті минералдармен микробтық өзара әрекеттесу және олардың экологиялық және биотехнологиялық салдары // Minerals. 2020. № 10 (10). Б. 1–54 (ағылшын тілінде)*
6. *Өскіндердің тағамдық құндылыққа әсері: кейбір дәнді дақылдар мен бұршақ дақылдарының өзгерістері туралы кең көлемді шолу / Гунатунга С. [және т. б.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2024. № 128. Б. 1–16 (ағылшын тілінде)*
7. *Аль-Тахер Ф., Калита Д., Немзер Б. Дәнді дақыл өскіндерінің адамның денсаулығы мен ішек құрылыстарының саулығындағы маңызы: Ченнай: Sprouted Grains: Nutritional Value, Production, and Applications (Second Edition), 2025. Б. 285–311 (ағылшын тілінде)*
8. *Демирель О., Гюнеш Х., Кан С. Тұрақты және қазіргі заманғы био-негізделген технологиялар: тағам қауіпсіздігі мен қамтамасыз етуге жаңа тәсілдер // Environ Dev Sustain. 2024. № 44 (165). Б. 1–28 (ағылшын тілінде)*
9. *Органикалық ауыл шаруашылығының ауыл шаруашылығында тұрақтылыққа жетудегі рөлі / Гамаж А. [және т. б.] // Farming System. 2023. № 1. Б. 1–14 (ағылшын тілінде)*
10. *Жеу үшін дайындалған тұқымдардың өсуін жетілдіруге арналған физикалық әдістердегі соңғы жетістіктер / Хассан С. [және т. б.] // Front. Sustain. Food Syst. 2022. № 6. Б. 1–20 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Anikwe M.A.N., Ife K. The role of soil ecosystem services in the circular bioeconomy // Front. Soil Sci. 2023. No. 3. 1–18 pp. (in English)*
2. *Telo da Gama J. The Role of Soils in Sustainability, Climate Change and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities // Ecologies. 2023. No. 4 (3). 552–567 pp. (in English)*
3. *Ecological aspects of the soil-water-plant-atmosphere system. / Rekwar R.K. [et al.] // In: Plant perspectives to global climate changes. 2022. No. 7. 279–302 pp. (in English)*
4. *Kumari N., Mohan C. Basics of Clay Minerals and Their Characteristic Properties // IntechOpen. 2021. No. 1. 1–30 pp. (in English)*
5. *Fomina M., Skorochod I. Microbial Interaction with Clay Minerals and Its Environmental and Biotechnological Implications // Minerals. 2020. No. 10 (10). 1–54 pp. (in English)*
6. *Germination effects on nutritional quality: A comprehensive review of selected cereals and pulses changes / Gunathunga C. [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2024. No. 128. 1–16 pp. (in English)*
7. *Al-Taher F., Kalita D., Nemzer B. The role of sprouted grains in human wellness and gut health: Chennai: Sprouted Grains: Nutritional Value, Production, and Applications (Second Edition), 2025. 285–311 pp. (in English)*
8. *Demirel O., Gunesh H., Can C. Sustainable and modern bio-based technologies: new approachs to food safety and security // Environ Dev Sustain. 2024. No. 44 (165). 1–28 pp. (in English)*
9. *Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture / Gamage A. [et al.] // Farming System. 2023. No. 1. 1–14 pp. (in English)*
10. *Recent developments in physical invigoration techniques to develop sprouts of edible seeds as functional foods / Hassan S. [et al.] // Front. Sustain. Food Syst. 2022. No. 6. 1–20 pp. (in English)*

Сведения об авторах:
Сунакбаева Д.К., к.т.н., Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан), *dilara.sunakbayeva@ayu.edu.kz;* https://orcid.org/0000-0002-1182-7113
Юлдашбек Д.Х., магистр химии, старший научный сотрудник НИИ «Экология», Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан), *davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz;* https://orcid.org/0000-0001-9342-7502
Айтекова К.У., к.т.н., ассистент профессора, Международный Таразский университет имени Шерхана Муртазы (г. Тараз, Казахстан), *Aytekova1972@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0001-8439-944X
Уйсимбаева Ж.Т., к.т.н., и.о. доцента, Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации (г. Тараз, Казахстан), *zhanara_mm@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0003-4481-0374

Авторлар туралы мәліметтер:
Сунакбаева Д.К., т.ғ.к., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан)
Юлдашбек Д.Х., химия магистрі, «Экология» ҒЗИ-ның аға ғылыми қызметкері, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан)
Айтекова К.У., т.ғ.к., профессордың ассистенті, Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті (Тараз қ., Қазақстан)
Уйсимбаева Ж.Т., т.ғ.к., доцент м.а., Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті (Тараз қ., Қазақстан)

Information about the authors:
Sunakbaeva D.K., candidate of technical sciences, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan)
Yuldashbek D.Kh., Master of Chemistry, Senior Researcher of the Research Institute «Ecology», Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan)
Aitekova K.U., candidate of technical sciences, assistant professor, Sherkhan Murtaza International Taraz University (Taraz, Kazakhstan)
Uisimbayeva Zh.T., candidate of technical sciences, acting associate professor, Kazakh National University of Water Management and Irrigation (Taraz, Kazakhstan)

Код МРНТИ 87.15.15

G. Shalabayeva[1], *N. Abdimutalip[1], L. Baikeyeva[2], E. Zhorabekov[2]
[1]Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan),
[2]Muhammad Haidar Dulati Taraz Regional University (Taraz, Kazakhstan)

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SANDS AND THE IMPACT OF THEIR PRODUCTION PROCESSES ON THE ENVIRONMENT

Abstract. This paper presents studies aimed at studying the geological characteristics of the sands of the Shoktashskoye field located in the southern region of the country. These sands are one of the main sources of building materials in the area. Referring to the quaternary deposits, the deposit mainly includes Alluvial and Aeolian formations. The predominant type is medium – grained sand with a particle size of 0,63–2,5 mm, which meets the requirements of standards for use in mortars and concretes. However, it should be borne in mind that the extraction and processing of sand can cause negative environmental consequences, affecting the environment and public health. Despite the widespread availability of sand resources, excessive extraction can lead to a local shortage of this material, which makes the issue of rational use and replenishment of reserves relevant.
Key words: *sand, environmental problem, mining, geology, rational use, processing, fraction.*

Құмдардың геологиялық сипаттамасы және оларды өндіру процестерінің қоршаған ортаға әсері

Аңдатпа. Бұл жұмыста елдің оңтүстік аймағында орналасқан Шоқтас кен орны құмдарының геологиялық сипаттамаларын зерттеуге бағытталған зерттеулер ұсынылған. Бұл құмдар аймақтағы құрылыс материалдарының негізгі көздерінің бірі болып табылады. Төрттік шөгінділерге негіздеме жасай отырып, кен орнына негізінен аллювиалды және эолдық түзілімдер жатады. Басым түрі – бөлшектердің мөлшері 0,63–2,5 мм болатын орташа түйіршікті құм, бұл ерітінділер мен бетондарда қолдануға арналған стандарттардың талаптарына сәйкес келеді. Алайда, құмды өндіру және өңдеу қоршаған ортаға және халықтың денсаулығына әсер ете отырып, жағымсыз экологиялық әсер етуі мүмкін екенін ескеру қажет. Құмды ресурстардың кең таралуына қарамастан, оларды шамадан тыс өндіру осы материалдың жергілікті тапшылығына әкелуі мүмкін.
Түйінді сөздер: *құм, экологиялық проблема, тау-кен, геология, ұтымды пайдалану, қайта өңдеу, фракция.*

Геологическая харакеристика песков и влияние процессов их производства на окружающую среду

Аннотация. В данной работе представлены исследования, направленные на изучение геологических характеристик песков Шокташского месторождения, расположенного в южном регионе страны. Эти пески являются одним из основных источников строительных материалов в данном районе. Относясь к четвертичным отложениям, месторождение включает преимущественно аллювиальные и эоловые образования. Преобладающим типом является среднезернистый песок с размером частиц 0,63–2,5 мм, что соответствует требованиям стандартов для использования в строительных растворах и бетонах. Однако следует учитывать, что добыча и переработка песка могут вызывать негативные экологические последствия, оказывая влияние на окружающую среду и здоровье населения. Несмотря на широкую распространенность песчаных ресурсов, чрезмерная их добыча может привести к локальному дефициту данного материала, что делает вопрос рационального использования и восполнения запасов актуальным.
Ключевые слова: *песок, экологическая проблема, добыча, геология, рациональное использование, переработка, фракция.*

Introduction

The sand formations of the southern regions of the Republic of Kazakhstan have a wide biological variability due to their origin, composition and conditions of formation. In this region, the sand massifs are mainly represented by Aeolian (formed by wind) and alluvial (riverine) deposits. Aeolian sands arise under the influence of wind processes and form deserts such as Kyzylkum and Muyun Kum. Alluvial sands are associated with the activity of rivers, such as the Syr Darya, and are found in floodplains and deltas.

The basis of the sands of the region is quartz, which gives them a light shade. Depending on the geological conditions of the area, they may contain feldspar, mica and other minerals [1]. The properties of sand are also affected by the presence of clay particles and organic material. The grain size varies from fine to coarse. Aeolian sands are usually well sorted and have rounded grains due to long-term wind transport, whereas alluvial sands are characterized by less sorting and angularity of grains due to their fluvial origin [2].

The relief of the sand massifs of southern Kazakhstan is diverse and is represented by dunes, dunes, sand ridges and plains. These landforms are subject to constant changes under the influence of wind and water, which affects the dynamics of the landscape and the distribution of sand deposits. The age of these deposits varies from the Quaternary period to the modern formations. A significant part of the sands was formed in the Late Cenozoic and continues to accumulate as a result of modern geological processes.

Thus, the sand massifs of southern Kazakhstan represent a complex and variable geological system, which is formed under the influence of natural factors and dynamic processes. The object under study is the Shtokman deposit. The Shoktas construction sand deposit is located in the Turkestan region, located at a distance of 1–5 km south-east of the Choktash station and 20–25 km south-east of the city of Kentau. It was explored in 1960, and subsequent additional exploration work was carried out in 1971–1972 by the St. George Mining and Processing Plant of the Southern State University on behalf of the Ministry of Construction of Heavy Industry Enterprises of the Kazakh SSR. The deposit is associated with the Upper Cretaceous deposits of the Koturbulak formation and includes three sections: the Main one, the Eastern one and the Shamat-Uzen one. The dimensions of the Main section are 1500 × 1000 m, and the thickness of the useful thickness varies from 8 to 24 m, on average reaching 12 m. The seam-like sand deposit at the Shamat–Uzen site has a thickness from 1,5 to 17,2 m, and the overburden capacity ranges from 1.3 to 5.0 m. clay rocks are found at the base of the deposit [3].

The mineral composition of the sand is represented by quartz (58%), feldspar (14%), quartzite fragments (12%), as well as small admixtures of sandstones, gypsum (0,2%) and mica (0,1%) [4].

The Shoktas construction is one of the largest sand deposits in the region, located in the south of the country. The sand extracted here is actively used in the construction industry due to its numerous advantages. The main directions of using the sand of the Shartashskoye deposit as a building material are numerous. Sand from the Aktash deposit is an important component for the production of concrete, including ready-mixed concrete, reinforced concrete products (precast concrete) and

monolithic structures. It provides the necessary strength and durability of concrete structures. This sand is used to prepare building mixes necessary for laying asphalt and concrete roads. It is used as a filler in asphalt concrete mixtures, which helps to improve the quality of road surfaces [5]. Sand is a part of the solutions for masonry, plaster and cladding. Its use improves the adhesion and structure of building materials and serves as the basis for various mixtures. Shoktas sand is widely used to create dry building mixes such as plasters and cement or gypsum mortars, as well as as a component for the production of various fillers. It finds application in landscape design, for example, for laying paths, filling lawns and creating decorative elements. Sand is used to level the territory and fill back ditches and foundations, as well as as a filler. Sand from the Aktash deposit, as a rule, is characterized by a coarse-grained structure, high strength and stability. These qualities make it an ideal choice for a wide range of construction and finishing works, ensuring the durability and reliability of the facilities under construction [6].

Sand mining and production can lead to various environmental problems, especially if modern principles of sustainable development and environmental protection are not respected. It is necessary to note the main environmental aspects related to this process [7]. The extraction of sand from rivers, lakes, or other bodies of water disrupts the natural water balance. This leads to a decrease in water levels, which can provoke ecosystem degradation and the death of fish and other aquatic organisms, as well as change the riverbed, which negatively affects agriculture and water supply. Sand mining in coastal areas contributes to coastal erosion and destruction of natural landscapes. This can lead to the loss of habitats for flora and fauna, such as wetlands and beaches where birds nest [8]. Erosion processes also lead to soil loss, deterioration of water quality and reduction of biodiversity. The sand mining process can cause pollution of water bodies, especially if machinery is used that violates the bottom. Fine sand particles and harmful substances (such as fuels and oils) can enter the water, impairing its quality, which threatens the health of both aquatic ecosystems and humans, especially when this water is used for drinking. Sand mining operations often lead to the destruction of vegetation and the destruction of ecosystems, which causes a decrease in biodiversity. This is especially critical in regions with unique or rare species of animals and plants, as mining can interfere with the migration routes of animals such as fish. Mechanical extraction of sand on land can contribute to the formation of dust that spreads over considerable distances, worsening air quality and negatively affecting the health of local residents, which can lead to respiratory diseases. Heavy machinery such as excavators and dump trucks is often used in the mining process, which releases carbon dioxide and other pollutants into the atmosphere. In addition, waste remains that can contaminate soil and water if not disposed of properly. When sand is extracted near agricultural land, it can negatively affect the structure of the soil, complicating its use in agriculture. Sand mining can cause problems with salinization, erosion, and loss of fertility. In some cases, sand mining can threaten archaeological and historical sites, especially in places where mining is carried out near ancient structures or in areas of cultural value [9].

Sand mining management requires special attention to environmental ethics, which makes it possible to effectively control the consequences of this process. Taking into account the principles of sustainable development, public policy in the field of sand mining should focus on the impact on the quality of life of people and society as a whole [10].

Materials and methods

The study of the sand deposit was carried out by various methods depending on the objectives of the analysis, such as construction, geology and ecology. The following are the main methods on the basis of which the complex condition and suitability of the studied material as a building material were studied. The granulometric analysis included sieve analysis, laser diffraction, and sedimentation. Next, the size and distribution of sand particles were determined. As a result of this method, it was concluded that sand is used as a building material for concrete, filters, and road construction [11].

In addition, mineralogical analysis was carried out, which included methods of X-ray diffractometry (XRD), optical microscopy, transmission electron microscopy (TEM). Based on these methods, the mineral composition (quartz, feldspar, mica, and others) was determined. The results showed the possibility of using and evaluating the sand's resistance to external influences and its chemical resistance. A chemical analysis of the sands of the studied deposit was also carried out. Experimental work included titrimetric analysis methods, and the content of oxides such as SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, and others was determined. As a result, the application was clearly identified with the determination of the suitability of sand for the production of glass and building materials [12].

The physic-mechanical tests of the sands included methods for measuring density, water absorption, bulk density, and modulus of elasticity. The mechanical strength, porosity, and filtration coefficient of the sands were determined. Based on this, the applicability of choosing the right sand for concrete, mortars and drainage systems was shown. One of the most important indicators was environmental and sanitary studies using methods of heavy metal content analysis, radiation monitoring and microbiological analysis. As a result of these methods, the level of pollution and the safety of using sand in various fields of activity were determined. The applicability is sand quality control for the construction of residential facilities and sewage treatment plants. Sand is actively used in sewage treatment plants as an effective sorbent due to its accessibility, high porosity and ability to retain pollutants. The possibility of using the sand under study in cleaning systems was investigated. During mechanical filtration, the sand retains suspended particles. Also, when pollutants are adsorbed, it effectively absorbs organic substances, heavy metals, and petroleum products. In addition, with biological activity, sand creates an environment for microorganisms that contribute to the decomposition of pollutants. It should be noted that the following types of sand are used for water purification: quartz sand is the most common, it is highly chemically resistant; activated sand is subjected to chemical or thermal treatment to increase sorption properties; hydrophobic sand is specially treated to effectively remove petroleum products.

As a sorbent, sand is subjected to the following research methods: granulometric analysis – determines the fractional composition, the optimal particle size is 0,2–1 mm; adsorption capacity – is estimated by the degree of absorption of organic compounds and heavy metal ions; hydraulic conductivity – a critical parameter affecting the rate of water filtration; regeneration and durability – the possibility of repeated use of the material is analyzed. After determining the sorption properties of sand, its further use in sewage treatment plants is possible.: sand filters – provide deep wastewater treatment; infiltration zones – promote natural filtration through ground layers; filter cassettes – are used to purify industrial and stormwater runoff.

Results

As a result of the comprehensive analysis, the following data were obtained, on the basis of which the possibility of the applicability of sands as a building material and sorbent was determined. The chemical composition of sand is determined by its origin, but its main component is silicon dioxide (***SiO_2***) (table 1).

Table 1

Chemical composition of sand, %

Кесте 1

Құмның химиялық құрамы, %

Таблица 1

Химический состав песка, %

Component	Quartz sand	Comparative data	
		Carbonate sand	Polymineral sand
SiO_2 (silicon dioxide)	82,85	20–50	50–80
Al_2O_3 (aluminum oxide)	4,84	1–10	2–15
Fe_2O_3 (iron oxide)	1,47	0,1–3	0,5–5
CaO (calcium oxide)	2,78	20–50	2–10
MgO (magnesium oxide)	0,3	2–10	1–5
TiO_2 (titanium oxide)	0,55	0,05–0,2	0,1–1
K_2O, ***Na_2O*** (alkaline oxides)	0,44	0,1–5	0,5–4

Granulometric analysis allowed us to determine the size of sand particles and assess its compliance with the above-mentioned various fields of application (table 2).

Bulk weight 1,230–1,510 (average 1,375 g/cm^3): density 2,64–2,70 g/cm^3; modulus of fineness 1,4–3,1 (average 1,91), content of clay, silt and dust particles 4,5–48,9% (average 8,75%).

Sand can be recommended for use in masonry and plaster mortars, provided that the gravel fraction is pre-screened and cleaned of clay, silt and dust particles. Gravel, the average content in the mixture is 16,4%. The volume weight is 2,56–2,58 g/cm^3. The content of bream and needle grains is 4,4–8%; grains of weak rocks are 18,4–27,6%. Gravel samples at 50 cycles of freezing are frost-resistant. Gravel due to its significant clay content, weak frost resistance and significant grain content of weak rocks cannot be used as a coarse aggregate in concrete.

Table 2

Granulometric analysis of sand

Кесте 2

Құмды гранулометриялық талдау

Таблица 2

Гранулометрический анализ песка

Sand fraction	Particle size, mm	Content, %			Application
		Minimal	Maximum	Average	
Gravelly	2,5	4,74	19,36	8,7	Road foundations, building mixes
Large	1,25	10,51	36,62	20,00	Drainage, filters, reinforced concrete
Average	0,63	14,44	63,14	28,8	Concrete, filters
Small	0,315	37,24	84,37	47,5	Plastering works, masonry mortar
Silty	0,14	64,44	91,68	87,7	Clay solutions
	0.14 or less	12,6	35,57	26,3	

The deposit of the investigated sand is not flooded. Mining conditions are favorable for open-pit mining. The reserves were approved in categories ***B***, ***C1*** and ***C2*** (tables 3–8 and figures 1–3).

Table 3

Interplane distances and phase composition of sample No. 1

Кесте 3

№ 1 Үлгінің жазықтықаралық арақашықтықтары және фазалық құрамы

Таблица 3

Межплоскостные расстояния и фазовый состав образца № 1

d, Å	***I*** %	The mineral
1	2	3
7,19021	5,5	kaolinite
4,25638	18,7	quartz
3,84498	4,3	calcite
3,57404	3,6	kaolinite
3,47211	3,7	KPSH
3,34199	100,0	quartz
3,23966	12,5	KPSH

Продолжение таблицы 3

d, Å	*I* %	The mineral
1	2	3
3,03447	9,1	calcite
2,45433	9,7	quartz
2,28003	9,0	quartz
2,23496	5,4	quartz
2,15929	2,7	KPSH
2,12596	5,6	quartz
1,97808	5,2	quartz
1,87450	2,8	calcite
1,81670	10,0	quartz
1,67095	5,3	quartz
1,65759	2,6	quartz

Note: All the above diffraction peaks belong only to the phases indicated above. Characteristic diffraction reflexes are noted, which make it possible to identify the phases present.

Table 4

Results of semi-quantitative X-ray phase analysis of sample No. 1

Кесте 4

№ 1 Үлгінің жартылай сандық рентгендік фазалық талдауының нәтижелері

Таблица 4

Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа образца № 1

Name of the mineral	Formula	Concentration, %
quartz	SiO_2	77,1
kaolinite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	8,9
calcite	$Ca(CO_3)$	7,2
KPSH	$KAlSi_3O_8$	6,8

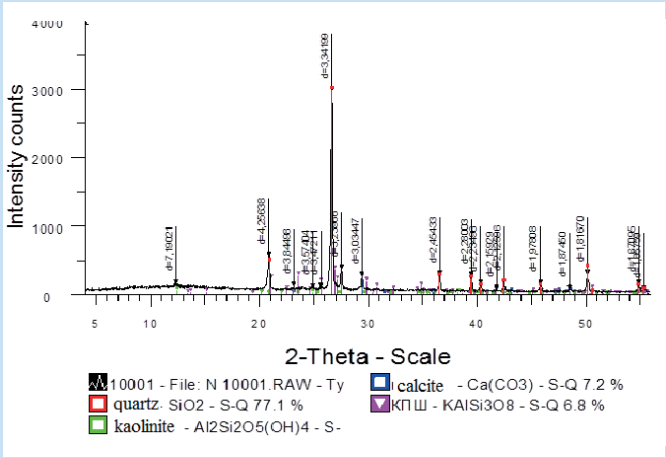


Figure 1. Diffractogram of sample No. 1.
Сурет 1. № 1 Үлгінің дифрактограммасы.
Рис. 1. Дифрактограмма образца № 1.

Table 5

Interplane distances and phase composition of sample No. 2

Кесте 5

№ 2 Үлгінің жазықтықаралық арақашықтықтары және фазалық құрамы

Таблица 5

Межплоскостные расстояния и фазовый состав образца № 2

d, Å	*I* %	The mineral
4,25833	23,5	quartz
3,34394	100,0	quartz
2,45549	8,1	quartz
2,27901	8,5	quartz
2,23537	6,1	quartz
2,12558	5,7	quartz
1,97838	4,7	quartz
1,81631	10,9	quartz
1,67049	4,3	quartz
1,65825	3,4	quartz

Table 6

Results of semi-quantitative X-ray phase analysis of sample No. 2

Кесте 6

№ 2 Үлгінің жартылай сандық рентгендік фазалық талдауының нәтижелері

Таблица 6

Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа образца № 2

Name of the mineral	Formula	Concentration, %
quartz	SiO_2	100

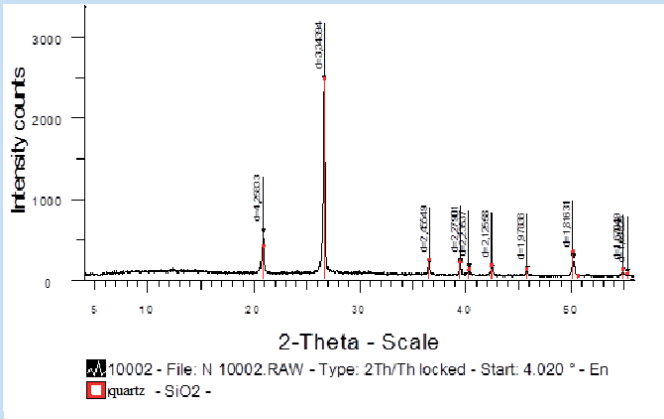


Figure 2. Diffractogram of sample No. 2.
Сурет 2. № 2 Үлгінің дифрактограммасы.
Рис. 2. Дифрактограмма образца № 2.

Table 7
Interplane distances and phase composition of sample No. 3
Кесте 7
№ 3 Үлгінің жазықтықаралық арақашықтықтары және фазалық құрамы
Таблица 7
Межплоскостные расстояния и фазовый состав образца № 3

d, Å	*I* %	The mineral
14,68021	5,7	He ‘ll figure it out
7,60745	46,5	gypsum
4,25560	27,3	quartz
3,79958	13,8	gypsum
3,47533	4,6	KPSH
3,34251	100,0	quartz
3,24108	9,2	KPSH
3,06371	9,6	gypsum
2,86897	4,7	gypsum
2,68169	4,5	gypsum
2,45567	10,0	quartz
2,27889	8,2	quartz
2,23524	7,1	quartz
2,21603	3,5	gypsum
2,16229	3,8	KPSH
2,12704	8,7	quartz
1,97794	6,2	quartz
1,89692	4,3	gypsum
1,81645	11,9	quartz
1,67086	5,2	quartz
1,65866	3,0	quartz

Table 8
Results of semi-quantitative X-ray phase analysis of sample No. 3
Кесте 8
№ 3 Үлгінің жартылай сандық рентгендік фазалық талдауының нәтижелері
Таблица 8
Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа образца № 3

Name of the mineral	Formula	Concentration, %
gypsum	$CaSO_4{\cdot}2H_2O$	48,8
quartz	SiO_2	44,0
He ‘ll figure it out	$(Na,Ca)_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2{\cdot}xH_2O$	4,3
KPSH	$KAlSi_3O_8$	2,9

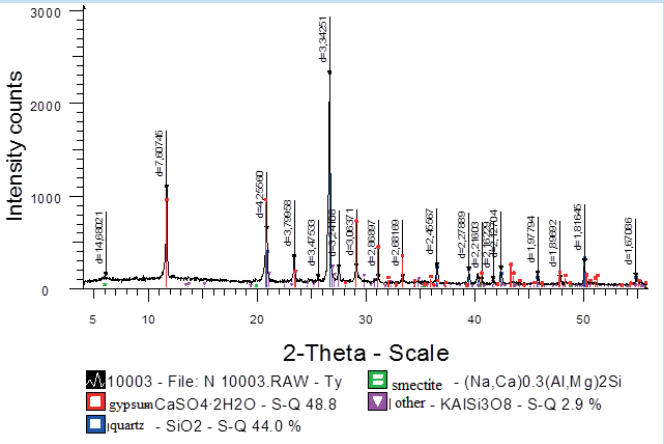


Figure 3. Diffractogram of sample No. 3.
Сурет 3. № 3 Үлгінің дифрактограммасы.
Рис. 3. Дифрактограмма образца № 3.

The diffractogram of the sand of the studied deposit is represented by graphs obtained using X-ray diffraction (XRD), reflecting its crystalline composition. This method allowed us to determine the composition of the minerals contained in three samples. An intense peak at 26.6° is a key indicator of the presence of quartz. Peaks in the range of 12–25° indicate the presence of clay impurities. A peak of about 29° indicated the presence of calcite, especially in carbonate sands.

Discussion

As the results of the experimental work and analyses have shown, the following conclusion can be drawn. The chemical composition has determined the suitability of sand for various industries, including construction, glass industry and filtration. A sufficiently high sio_2 content (82,85%) indicates the purity of quartz sand, which is especially important for the production of glass and concrete. The presence of Al_2O_3 (4,84%) indicates the presence of clay impurities or feldspar, which affects the strength of concrete. Fe_2O_3 (1,47%), when high in content, gives the sand a reddish hue and reduces the transparency of the glass. ***CaO*** and ***MgO*** (2,78; 0,3%) indicate carbonate impurities (calcite, dolomite), useful for cement production, but undesirable for the glass industry.

As is known, the fractional composition of sand affects the strength of concrete, drainage properties and filtration efficiency. Gravel-coarse sand (1,25–2,5 mm) improves concrete strength and drainage properties, but reduces the mobility of solutions. The average sand (0,63 mm) is optimal for building mortars and concretes. Fine sand 0,3 mm) increases the water consumption of concrete, but is useful in filtration systems. Dusty and clay particles (0,14%) degrade the strength of concrete and slow down the hardening process..

As the results of the X-ray phase analysis showed, the mineralogical composition of the sand was determined, which is important for assessing its chemical and mechanical properties. Quartz (peak at 26,6°) indicates the high chemical resistance and mechanical strength of the sand. Feldspars (peaks at 27–28°, 40–42°) may indicate increased alkalinity, which affects the durability of concrete. Clay minerals (kaolinite, montmorillonite, peaks of 12–25°) increase plasticity, but

reduce filtration properties. Carbonates (calcite, peak 29,4°) reduce acid resistance, but are useful in cement mixtures. Hematite (***Fe_2O_3***, peaks 24–33°) indicates the iron content, which is undesirable for glass production.

Based on the conducted research, it has been established that the process of sand extraction and processing is accompanied by a number of negative environmental consequences that can affect the environment and human health. The extraction of sand from rivers, lakes, and quarries leads to landscape changes, coastal destruction, and degradation of aquatic ecosystems. Destruction of animal and plant habitats – loss of natural habitat can reduce biodiversity. The occurrence of dust emissions during sand processing is accompanied by the formation of fine dust (contains silicon dioxide), which can cause diseases of the respiratory system. Water pollution caused by the flushing of sand particles and impurities (clay, metals) into reservoirs worsens water quality and can negatively affect aquatic organisms. In addition, the operation of crushing and screening plants creates high levels of noise and vibration, which negatively affects the environment and the health of workers. Sand transportation also leads to additional noise pollution. When processing sand, chemical reagents can be used (for example, to purify impurities), which leads to the risk of toxic substances entering the soil and reservoirs. Sand processing requires significant amounts of water (for example, during washing) and energy, which increases the burden on natural resources. Depletion of sand reserves – despite its prevalence, excessive extraction can lead to a local shortage of the material.

Conclusion

The Shoktas sand deposit, located in the Turkestan region, is one of the key sources of building materials in the region. The sands of the Shoktas deposit belong to Quaternary deposits and are mainly represented by Alluvial and Aeolian formations. Medium-grained sand with a particle size of 0,63–2,5 mm is mainly found, which meets the standards for use in mortars and concretes. Sand is characterized by high bulk density and optimal voidness, which makes it suitable for various building mixes. Before being used in specialized fields such as glass production or filtration systems, additional studies should be conducted to ensure compliance with established requirements. Strict control of mining, the use of more environmentally friendly processing technologies and the restoration of destroyed ecosystems are necessary to reduce environmental risks. An alternative would be the recycling of construction waste and the use of artificial sand.

REFERENCES

1. *Zakreplenie podvizhnyh peskov v pustynnoj mestnosti juzhnogo Kazahstana [The fixation of mobile sands in the desert area of southern Kazakhstan], I.S. Brovko [et al.], Vestnik nauki Juzhnogo Kazahstana [Bulletin of Science of South Kazakhstan]. 2018. No. 4. 62–66 pp. (in Russian)*
2. *Jakovleva A.A, Guseva E.A., Konstantinova M.V. Issledovanie svojstv peskov Pribajkal'ja [Investigation of the properties of Baikal sands], Nauki o Zemle i nedropol'zovanie [Earth sciences and subsurface use]. 2023. V. 46. No. 1 (82). 51–60 pp. (in Russian)*
3. *Issledovanija po izucheniju mestnyh syr''evyh materialov juzhnogo Kazahstana primenitel''no k proizvodstvu teploizoljacionnyh materialov [Research on the study of local raw materials of southern Kazakhstan in relation to the production of thermal insulation materials], Kablan A.D. [et al.], Vestnik nauki Juzhnogo Kazahstana [Bulletin of Science of South Kazakhstan]. 2018. No. 1. 78–85 pp. (in Russian)*
4. *Yang D., Xu G., Duan Y. Effect of Particle Size on Mechanical Property of Bio-Treated Sand Foundation // Applied Science. 2020. V. 10. 112–127 pp. (in English)*
5. *Zeppilli D., Dennis E., Westgate Z., Zhang G., DeGroot D., Miller K., Browning J., Beemer R. Limits of Two Crushed and Natural Glauconite Soils // Geo-Congress. 2024. 177–186 pp. (in English)*
6. *The Unsustainable Use of Sand / Leal F. [et al.] // Reporting on a Global Problem. Sustainability. 2021. No. 13. 97–116 pp. (in English)*
7. *Samar M. Understanding the socio-ecological drivers of sand mining and their impact on Kulsi river: Assam, 2022. V. 28. Issue 1. 433–438 pp. (in English)*
8. *The global impact of sand mining on beaches and dunes / Rangel-Buitrago N. [et al.] // Ocean & Coastal Management. 2023. V. 235. 131–242 pp. (in English)*
9. *Tran D.D., Thien N.D., Yuen K.W. Uncovering the lack of awareness of sand mining impacts on riverbank erosion among Mekong Delta residents: insights from a comprehensive survey // Scientific Reports. 2023. No. 13. 18-31 pp. (in English)*
10. *Haq T. Sustainable Environmental Recovery // Policy: Redesigning Sand Mining Policy in Indonesia Miami. 2023. V.11. No. 7. 1–21 pp. (in English)*
11. *Community resilience to natural resource vulnerability due to sand mining through the application of Integrated Farming System (IFS) / Handono S. [et al.] // Journal of Degraded and Mining Lands Management. 2023. No. 10 (4). 4697–4708 pp. (in English)*
12. *The impact of river sand mining on remobilization of lead and cadmium in sediments – A case study of the Jialing River / Wang Y. [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2022. V. 246. 114–144 pp. (in English)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Оңтүстік Қазақстанның шөлді аймағында жылжымалы құмдарды бекіту / Бровко И.С. [және т. б.] // Оңтүстік Қазақстанның Ғылыми хабаршысы. 2018. № 4. Б. 62–66 (орыс тілінде)*
2. *Яковлева А.А., Гусева Е.А., Константинова М.В. Байкал құмдарының қасиеттерін зерттеу // Жер және жер қойнауын пайдалану туралы ғылымдар. 2023. Т. 46. № 1 (82). Б. 51–60 (орыс тілінде)*
3. *Жылу оқшаулағыш материалдар өндірісіне қатысты Оңтүстік Қазақстанның жергілікті шикізатын зерттеу / Каблан А.Д. [және т. б.] // Оңтүстік Қазақстан ғылымының хабаршысы. 2018. № 1. Б. 78–85 (орыс тілінде)*
4. *Янг Д., Сюй Г., Дуан Ю. Бөлшектердің мөлшерінің биоөңделген құм негізінің механикалық қасиеттеріне әсері // Қолданбалы ғылым. 2020. Т. 10. Б. 112–127 (ағылшын тілінде)*
5. *Цеппилли Д., Деннис Э., Вестгейт З., Чжан Г., Дегрут Д., Миллер К., Браунинг Дж., Бимер Р. Екі ұсақталған және табиғи глауконитті топырақтың шекаралары // Геоконгресс. 2024. Б. 177–186 (ағылшын тілінде)*
6. *Құмды ұтымсыз пайдалану / Леал Ф. [және т. б.] // Жаһандық проблеманы қамту. Тұрақты даму. 2021. № 13. Б. 97–116 (ағылшын тілінде)*
7. *Самар М. Құм өндірудің әлеуметтік-экологиялық факторларын және олардың Кулси өзеніне әсерін түсіну: Ассам, 2022. Т. 28. Шығ. 1. Б. 433–438 (ағылшын тілінде)*
8. *Құм өндірудің жағажайлар мен төбелерге жаһандық әсері / Рангел-Буитраго Н. [және т. б.] // Мұхиттар мен жағалау аймақтарын басқару. 2023. Т. 235. Б. 131–242 (ағылшын тілінде)*
9. *Тран Д.Д., Тиен Н.Д., Юен К.В. Меконг атырауы тұрғындарының құм өндірудің өзен жағалауларының эрозиясына әсері туралы жеткіліксіз хабардарлығын анықтау: кешенді зерттеу нәтижелері // Ғылыми есептер. 2023. № 13. Б. 18–31 (ағылшын тілінде)*
10. *Хак Т. Қоршаған ортаны тұрақты қалпына келтіру // Саясат: Индонезиядағы құм өндіру саясатын қайта қарау. Майами. 2023. Т. 11. № 7. Б. 1–21 (ағылшын тілінде)*
11. *Ауыл шаруашылығының интеграцияланған жүйесін (АИЖ) қолдану арқылы құм өндіруге байланысты табиғи ресурстардың осалдығына қоғамдастықтың тұрақтылығы / Хандоно С. [және т. б.] // Тозған және тау-кен жерлерін басқару журналы. 2023. № 10 (4). Б. 4697–4708 (ағылшын тілінде)*
12. *Өзен құмын өндірудегі Цзял өзені мысалында қорғасын мен кадмийді түбіндегі шөгінділерге қайта жұмылдыруға әсері / Ван Ю. [және т. б.] // Экотоксикология және экологиялық қауіпсіздік. 2022. Т. 246. Б. 114–144 (ағылшын тілінде)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Закрепление подвижных песков в пустынной зоне Южного Казахстана / Бровко И.С. [и др.] // Научный вестник Южного Казахстана. 2018. № 4. С. 62–66 (на русском языке)*
2. *Яковлева А.А., Гусева Е.А., Константинова М.В. Исследование свойств байкальских песков // Науки о земле и недропользовании. 2023. Т. 46. № 1 (82). С. 51–60 (на русском языке)*
3. *Исследования по изучению местного сырья Южного Казахстана применительно к производству теплоизоляционных материалов / Каблан А.Д. [и др.] // Вестник науки Южного Казахстана. 2018. № 1. С. 78–85 (на русском языке)*
4. *Янг Д., Сюй Г., Дуань Ю. Влияние размера частиц на механические свойства биообработанного песчаного основания // Прикладная наука. 2020. Т. 10. С. 112–127 (на английском языке)*
5. *Цеппилли Д., Деннис Э., Вестгейт З., Чжан Г., Дегрут Д., Миллер К., Браунинг Дж., Бимер Р. Границы двух измельченных и природных глауконитовых грунтов // ГеоКонгресс. 2024. С. 177–186 (на английском языке)*
6. *Нерациональное использование песка / Леал Ф. [и др.] // Освещение глобальной проблемы. Устойчивое развитие. 2021. № 13. С. 97–116 (на английском языке)*
7. *Самар М. Понимание социально-экологических факторов добычи песка и их влияния на реку Кулси: Ассам, 2022. Т. 28. Вып. 1. С. 433–438 (на английском языке)*
8. *Глобальное воздействие добычи песка на пляжи и дюны / Рангел-Буитраго Н. [и др.]. // Управление океанами и прибрежными районами. 2023. Т. 235. С. 131–242 (на английском языке)*
9. *Тран Д.Д., Тьен Н.Д., Юен К.В. Выявление недостаточной осведомленности жителей дельты Меконга о воздействии добычи песка на эрозию берегов рек: результаты комплексного обследования // Научные отчеты. 2023. № 13. С. 18–31 (на английском языке)*
10. *Хак Т. Устойчивое восстановление окружающей среды. // Политика: Пересмотр политики в области добычи песка в Индонезии. Майами. 2023. Т. 11. № 7. С. 1–21 (на английском языке)*
11. *Устойчивость сообщества к уязвимости природных ресурсов из-за добычи песка за счет применения интегрированной системы ведения сельского хозяйства (ИСС) / Хандоно С. [и др.]*

// Журнал управления деградированными и горнодобывающими землями. 2023. № 10 (4). С. 4697–4708 (на английском языке)

12. Влияние добычи речного песка на повторную мобилизацию свинца и кадмия в донных отложениях на примере реки Цзялин / Ван И. [и др.] // Экотоксикология и экологическая безопасность. 2022. Т. 246. С. 114–144 (на английском языке)

Information about the authors:
Shalabayeva G.S., c.t.s., Acting Associate Professor of the Department of Ecology and Chemistry, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), *gulshat.shalabaeva@ayu.edu.kz;* https://orcid.org/0000-0003-3605-4708
Abdimutalip N.A., Ph.D, Associate Professor of the Department of Ecology and Chemistry Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), *nurlibek.abdimutalip@ayu.edu.kz;* https://orcid.org/0000-0003-1173-4344
Baikeyeva L.T., Senior Lecturer of the Department of History and Geography in Education, Muhammad Haidar Dulati Taraz Regional University (Taraz, Kazakhstan), *Umka_b.l@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0000-1222-8430
Zhorabekov E., Senior Lecturer of the Department of History and Geography in Education, Muhammad Haidar Dulati Taraz Regional University (Taraz, Kazakhstan), *zhorabekoverbosyn@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0001-3082-6802

Авторлар туралы мәліметтер:
Шалабаева Г.С., т.ғ.к., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының доцент м. а. (Түркістан қ., Қазақстан)
Әбдімүтәліп Н.А., Ph.D, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының доценті (Түркістан қ., Қазақстан)
Байкеева Л.Т., «Білім берудегі Тарих және география» кафедрасының аға оқытушысы, Мұхаммед Хайдар Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті (Тараз қ., Қазақстан)
Жорабеков Е., «Білім берудегі Тарих және география» кафедрасының аға оқытушысы, Мұхаммед Хайдар Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті (Тараз қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:
Шалабаева Г.С., к.т.н., и.о. доцента кафедры Экологии и химии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)
Абдимуталип Н.А., Ph.D, доцент кафедры Экологии и химии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)
Байкеева Л.Т., старший преподаватель кафедры «История и география в образовании», Таразский региональный университет имени Мухаммеда Хайдара Дулати (г. Тараз, Казахстан)
Жорабеков Э., старший преподаватель кафедры «История и география в образовании», Таразский региональный университет имени Мухаммеда Хайдара Дулати (г. Тараз, Казахстан)

Код МРНТИ 52.47.29

К.С. Затыбеков[1], *М.К. Жантасов[1], Г.Х. Меликов[2], С.Е. Байботаева[1]
[1]М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан),
[2]Әзірбайжан мемлекеттік мұнай және өнеркәсіп университетінің «Мұнай, газ және химияның геотехнологиялық мәселелері» ҒЗИ (Баку қ., Әзірбайжан)

КҮШ ӨРІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ЖОҒАРЫ ЭМУЛЬСИЯЛЫ МҰНАЙДЫ ДЕЭМУЛЬСАЦИЯЛАУ

Аңдатпа. Бұл мақала электр өрісіндегі мұнайдың эмульсиялану процесін зерттеуге арналған. Сулы мұнай эмульсияларының пайда болуы мұнайдың үлкен шығындарының, оны тасымалдаудың қымбаттауының және өңдеуге дайындықтың негізгі себебі болып табылады. Эмульсияланған судың құрамындағы тұздар технологиялық жабдықтың қатты коррозиясын тудырады және мұнай өнімдерінің сапасын едәуір нашарлатады. Электр өрісінің әсерінен эмульсияда су тамшыларының деформациясы және олардың айналасында пайда болған тұрақтандырғыш қабықтардың бұзылуы байқалады. Су глобулаларының түйісуінен олардың коалесценциясы туындайды және үлкен тамшылар ауырлық күшінің әсерінен мұнайдан бөлінеді. Авторлар жүргізген зерттеулер химиялық реагенттерді электрмен бірге қолдану кәсіптік жағдайларда мұнайдың сусыздануына қажетті әсер ететінін көрсетеді.
***Түйінді сөздер**: мұнай, эмульсия, деэмульсация, коалесценция, деэмульгатор, электр өрісі, реагент, дегидратация.*

Demulsification of high-emulsion oil using force fields

Abstract. This article is devoted to the study of the oil demulsification process in an electric field. The formation of water-oil emulsions is the main reason for the large losses of oil, the increase in the cost of its transportation and preparation for processing. The salts contained in the emulsified water cause severe corrosion of technological equipment and significantly impair the quality of petroleum products. In an emulsion, under the influence of an electric field, water droplets deform and the stabilizing shells formed around them collapse. As a result of the collision of water globules, their coalescence occurs, and large droplets separate from the oil under the influence of gravity. The research conducted by the authors shows that the use of chemical reagents in combination with electrical ones gives the necessary effect when dewatering oil in field conditions.
***Key words**: oil, emulsion, demulsification, coalescence, demulsifier, electric field, reagent, dehydration.*

Деэмульсация высокоэмульсионной нефти с использованием силовых полей

Аннотация. Данная статья посвящена изучению процесса деэмульсации нефти в электрическом поле. В данное время основной проблемой потери нефти, а также удорожание себестоимости при транспорте и подготовке нефти к переработке является наличие в нефти водонефтяных эмульсий. Наличие солей в эмульсионной воде оказывает существенную коррозию на технологическое оборудование, тем самым снижает само качество нефтепродуктов. Благодаря воздействию электрического поля на водонефтяные эмульсии, происходит процесс коалесценсии, где укрупненные капельки отделяются от нефти под действием силы тяжести. Проведенные авторами исследования показывают, что использование химических реагентов в сочетании с электрическими дает необходимый эффект при обезвоживании нефти в промысловых условиях.
***Ключевые слова:** нефть, эмульсия, деэмульсация, коалесценция, деэмульгатор, электрическое поле, реагент, обезвоживание.*

Кіріспе

Ішкі қысымды ұстап тұру үшін қабатқа су айдайтын мұнай кен орындарын игерудің заманауи әдістері өндірілген мұнайдың айтарлықтай сулануына әкеледі. Мұнай және онымен бірге жүретін қабат суларын өндіру, жинау жүйелерінде араластыру тұздардың көп мөлшері бар тұрақты кері типті эмульсиялардың пайда болуына ықпал етеді. Тұрақты сулы мұнай эмульсияларын құрайтын жоғары суланған мұнай эмульсиялары мен ауыр көміртекті мұнайларды өндіру көлемінің ұлғаюын, сондай-ақ МӨЗ-ге түсетін мұнайдың сапасына қойылатын талаптардың қатаңдығын ескере отырып, мұнайды сусыздандыру және кәсіпшілікте тұзсыздандыру кезінде оны деэмульсациялау процесін қарқындату проблемасы одан да маңыздырақ және өзекті болып табылады.

Кәсіпшілік мұнайды деэмульсациялаудың ең көп таралған әдістері термохимиялық әдістер болып табылады. Алайда, соңғы кездері мұнай өнеркәсібінде мұнайды эмульсиялаудың электрлік әдістері кеңінен таныла бастады. Мұнайды сусыздандыру және тұзсыздандыру процестерін едәуір күшейту қажеттілігі, олардың тиімділігі мен сапасына қойылатын заманауи талаптар – осының бәрі мұнай кәсіпшілігі тәжірибесінде электродегидрлеу қондырғыларын кеңінен қолдануға әкеледі. Мұндай әдеби деректерге [1] сәйкес қондырғыларының өнімділігі басқа әдістерге қарағанда екі есе жоғары.

Бар проблеманы ескере отырып келесі негізгі ғылыми міндеттер шешілуі керек –электр өрісіндегі мұнай эмульсияларының әрекеттері туралы білімді тереңдету мақсатында мұнайды электродеэмульсациялаудың жаңа әдісі мен аппаратын әзірлеу.

Электр өрістеріндегі эмульсияларды жою әдісін алғаш рет Котрелл ұсынған [2]. Автор әдісті негіздейтін алғашқы принциптерді тұжырымдап, эмульсиялардың электрлік ыдырау процесінің механизмдеріне көзқарас білдірді. Мұнай эмульсияларының электр ыдырауы процесін зерттеу бойынша алғашқы жұмыстардың бірі – В. Эддит және Г. Эддиттердің жұмысы [3]. Авторлар электр өрісінің эмульсияға әсері су тамшыларының деформациясын, тартылуын және итерілуін тудыратынын байқады, барлық ұсақ тамшылар бір-бірімен әрекеттесіп, мұнай пленкаларын жыртып, коалесцентті болғанша, эмульсияның бұзылуы бірнеше секундта орын алды.

Өздердің бақылауларында авторлар сонымен қатар эмульсияға ауыспалы электр өрісін қолданған кезде белгілі бір уақыттан кейін электр өрісінің күш сызықтарының бағытында орналасқан су тамшыларының тізбектері пайда болатындығын атап өтті. Электр өрісінің әсерінен эмульсияларда болатын процестерді талдау бойынша алғашқы жұмыстардың ішіндегі ең қызықтысы – Красни-Эргеннің жұмысы [2]. Автор бірқатар болжамдар жасай отырып, сыртқы біртекті электр өрісінде орналасқан екі өзара әрекеттесетін сфералық тамшылардың энергиясын есептеді. Бұл есептеу тізбектегі тамшылардың пайда болу себебін анықтауға және тамшылар арасындағы өзара әрекеттесу күшінің ретін есептеуге мүмкіндік берді.

Сыртқы электр өрісіндегі екі тамшыдан тұратын жүйенің энергиясы:

$$W = -\frac{\varepsilon}{2}[E_0 * N] = -\varepsilon_m * \alpha^3 * E^2(f\cos^2\varphi + g\sin^2\varphi), \quad (1)$$

мұнда:

ε_m – дисперсиялық ортаның диэлектрлік өткізгіштігі;

E_0 – сыртқы электр өрісінің кернеулігі;

α – тамшының радиусі;

N – нәтиже жүйенің дипольдік моменті;

φ – сыртқы өрістің бағыты мен тамшылардың центрін байланыстыратын сызық арасындағы бұрыш;

f және g – шексіз қатарлардың қосындысы ретінде анықталған функциялар [3].

[3] жұмыста $f > 0$ және $g < 0$ жүйесінің кез-келген параметр мәндерінде көрсетілген. Осыдан (1) $\varphi = 0$, $W = 0$, ал $\varphi = \pi/2$, $W > 0$ болғанда шығады. Осылайша, тамшылар әрқашан $\varphi = 0$ кезінде болатын минималды энергияға сәйкес позицияны алуға тырысады. Бұл эмульсиядағы тамшылардың электр өрісінің сызықтары бойымен орналасуға деген ұмтылысын түсіндіреді. Осы жерден автор электр өрісіндегі тамшылардың өзара әрекеттесу энергиясы тамшылардың өріс сызықтары бойымен бағытталуына жол бермейтін жылу қозғалысының энергиясын жеңу үшін жеткілікті деген маңызды тұжырым жасады.

Электродегидрация процесінің тиімділігі сөзсіз, дегенмен, эмульсиялардың электрмен ыдырау процестерімен айналысатын барлық зерттеушілер атап өткендей, мұнайды сусыздандыру мен тұзсыздандырудың электрлік әдісінің негізгі кемшілігі, оның мүмкіндіктерін айтарлықтай шектейтін эмульсияның электродтық бұзылыстары болып табылады.

Көтеріліп отырған проблема Оңтүстік Торғай ойпатының Қазақстандық кен орындары үшін өте өзекті болып табылады, онда, өздеріңіз білетіндей, мұнай жоғары эмульсиялы болып табылады, оның сулануы 90%-ға дейінгі шаманы құрайды [4–6].

Материалдар мен әдістер

Эмульсияда өрістің кездейсоқ гетерогенді жерлерінде су тамшыларынан бәсекелес тізбектер пайда бола бастайды. Өрістің үлкен шоғырлану аймағында су тамшыларының барлық жаңа бөліктері қоршаған кеңістіктен тартылады. Күшті электр өрісі аймағына тамшылардың қозғалу жылдамдығы [7] жұмыста көрсетілген:

$$V_E^{(x)} = \frac{r^2}{6\pi\eta} * E_{(x)} \frac{d*E_{(x)}}{d*x}, \quad (2)$$

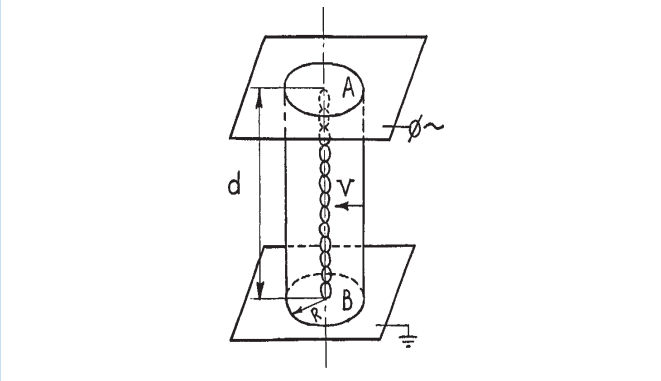
мұнда:

r – тамшының радиусі;

η – тұтқырлық.

(2) формуладан эмульсиядағы су тамшыларының коалесценциясы мен іріленуі дисперсті фазаның концентрациясы жоғарылаған жергілікті аймақтардың пайда болу процесін тездететінін көруге болады. Тізбектерде су тамшыларының жиналуы олардың біреуі қалғандарынан озып, сынақ сатысына жеткенше және электродтар арасында үзіліс болғанша жалғасады.

Жалпы бұзудың басталуының кешігуі индукцияланған дипольдер-су тамшылары электр өрісінің максималды кернеуі аймағында жиналып, көпір құру үшін қажет уақытқа сәйкес келеді (сурет 1) деп қабылданған.



Сурет 1. Су тамшыларының нәтижесінде екі электрод арасындағы көпір.
Figure 1. Bridge between the two electrodes is caused by the formation of water droplets.
Рис. 1. Мост между двумя электродами в результате образования капель воды.

Су тамшыларының қозғалыс жылдамдығы және олардың максималды өріс кернеулігі орнына қарай жылжу кезіндегі концентрациясы тұрақты болып қалады, сонымен қатар көпірлердің пайда болуы бөлшектер концентрациясының жергілікті уақытша өсуіне және электр өрісінің біркелкі емес болатынын ескере отырып, [5] жұмыстың авторы су тамшыларынан көпір құруға кететін уақыт үшін келесі формула алады:

$$t_3 = \frac{const}{r^7\left[\frac{N(G^2-1)(E^2-E_0)}{\eta}\right]^2}, \quad (3)$$

мұнда:

E – t_3 уақыт үшін өрістің кернеулігі;

E_0 – электродтар арасындағы өрістің орташа кернеулігі.

(3) формула тізбектің пайда болу уақыты тамшылардың мөлшеріне, бөлшектердің N концентрациясына және электр өрісінің жергілікті концентрациясы орнындағы өріс кернеулігінің мәніне кері пропорционалды екенін көрсетеді.

Мұнай эмульсиясындағы тамшылардың мөлшері мен концентрациясы бойынша біркелкі бөлінбеуіне байланысты су тамшыларының тізбектерін қалыптастыру процесі кездейсоқ, тепе-тең емес және басқарылмайды. Қысқа түзілу уақыты бар жетекші тізбек эмульсияның электродтық бұзылуын, жүйеде өрістің жоғалуын тудырады және осылайша эмульсиядағы судың коалесценция процесін бұзады [8–10].

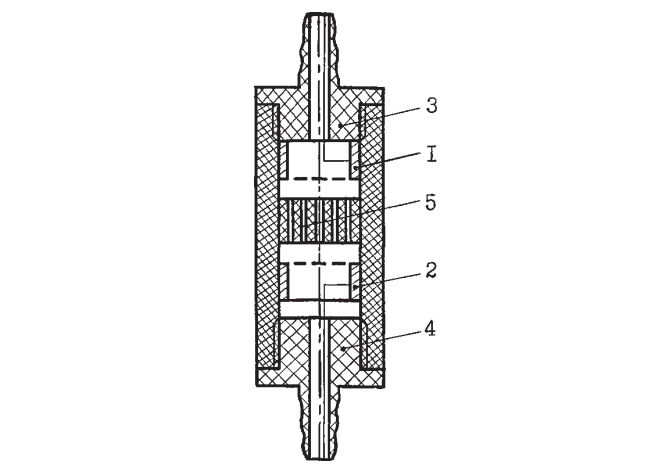
Мақсат ретінде электр өрісіндегі мұнайды эмульсиялау әдісін әзірлеу болып қойылды, бұл жерде су тізбегінің қалыптасу процесі, демек, коалесценция процесін басқаруға болады [11]. Бұл әдіс мәні бойынша электр өрісіндегі мұнай эмульсиясын өңдеуді, берілген параметрлермен бірдей тізбектердің белгілі бір санын құруды білдіруі керек.

Берілген (3) өрнегін және оған кіретін шамаларды талдау көрсеткендей, тесудің кешігу уақытына әсер ететін жалғыз параметр, демек, мұнайдың электродеэмуляция сапасын төмендетпестен тізбектің түзілу процесін басқаруға болады, бұл дисперсті фазаның тамшыларының

концентрациясы N болып табылады. Тізбектің пайда болу орнындағы N тамшыларының концентрациясы бастапқы N_1 концентрациясы мен N_2 су тамшылардың концентрациясынан тұратын диэлектрофорез процесіне байланысты өрістің максималды кернеу орнына, яғни тізбектің пайда болу көшкен орны. Егер N_1 концентрациясы бүкіл процесс барысында өзгермесе, онда уақыт өте келе N_2 су тамшыларының концентрациясының жоғарылауын болдырмауға болады.

Мақсатқа жету үшін электр өрісіндегі мұнайды деэмульсациялаудың белгілі әдісінде өңделетін эмульсияның бүкіл көлемі жеке, бүйір бетінде шектеулі өңдеу аймақтарына бөлінетіндігімен қол жеткізіледі. Қабылданған шешім осы аймақтарға артық судың түсуін кеңістіктік шектеу арқылы тізбек пайда болған жерде су тамшыларының концентрациясының жоғарылауын болдырмауға мүмкіндік береді және осылайша электр өрісінде өңделетін эмульсияның барлық көлемінде су тізбектерінің қалыптасуына және тамшылардың коалесценциясына тең жағдай жасайды.

Іс жүзінде бұл жағдайды эмульсия ағынын ағындарға, ток түтіктеріне перфорацияланған диэлектрлік экранмен кеңістіктік бөлу арқылы жүзеге асыруға болады (сурет 2), сондай-ақ электр өрісінің жасанды шоғырлану аймақтарында шектеулі өңдеу аймақтары жасалатын құрылғылардың көмегімен [5].



1,2 – электродтар; 3,4 – кіру және шығу келте құбырлары; 5 – өңдеу аймақтары шектеулі перфорацияланған экран

Сурет 2. Перфорацияланған экраны бар зертханалық электрокоалесценторлардың конструкциясы.
Figure 2. Construction of laboratory electrocoalescents with a perforated screen.
Рис. 2. Конструкция лабораторного электрокоалесцентора с перфорированным экраном.

Нәтижелер және талқылау

Эмульсияның физика-химиялық қасиеттеріне байланысты аймақтардың параметрлері әрбір шектелген аймақта барлық судан бір ғана өткізгіш тізбектің түзілу шартынан белгіленеді.

Электр өрісінің сулы мұнай эмульсиясына қолданған кезде өрістің жергілікті концентрациясы орнында су тамшыларының тізбегі пайда бола бастайды. Бұл жағдайда пайда болатын коалесценция және тамшылардың ұлғаюы осы тізбек бойымен эмульсия қабатының электрлік кедергісінің жоғарылауына және нәтижесінде осы аймақтағы кернеудің төмендеуіне әкеледі.

Эмульсияның макроскопиялық көлемінде кернеудің төмендеуінің жоғарылауына және пайда болған тізбек бойындағы өріс кернеуінің сәйкесінше жоғарылауына байланысты барлық жаңа су тамшылары үлкен өріс аймағына тартыла бастайды, бұл тізбектің шексіз өсуіне және кейіннен бұзылуына әкеледі.

Тағы бір айта кететін жайт, қарапайым ток түтіктеріндегі эмульсиядағы судың коалесценция процесі қолданыстағы электродегидраторларда болатын шектеусіз көлемдегі ұқсас процестен сапалы түрде ерекшеленеді. Іс жүзінде, егер жеке аймақта тізбектің пайда болу процесі, мысалы, эмульсиядағы судың шамадан тыс концентрациясы, тіпті үздіксіз көпір пайда болғанға дейін дамитын болса, онда қуат көзі үшін маңызды мәнге жеткенге дейін элементар бұзылу тогы эмульсияның қызуын, газ көпіршіктерінің пайда болуын және олардың өңдеу аймағын бұғаттауын тудырады. Шектеулі аймақты газ көпіршігімен өздігінен құлыптау нәтижесінде оның кедергісі күрт артады және өткізгіштік жойылады.

Электр энергиясының минималды шығындарымен суды коалесценциялаудың оңтайлы процесі электродтарға қолданылатын кернеу берілген эмульсия үшін ену кернеуіне және осы кернеудің әсер ету уақытына сәйкес болған кезде, әр ток түтігінде t_3 бұзылуының кешігу уақытына тең болады.

(3) өрнектен өрістің эмульсиясы мен қарқындылығының әр сортының бұзылудың кешігу уақытына сәйкес келетіндігі, демек, электр өңдеудің оңтайлы уақыты көрінеді.

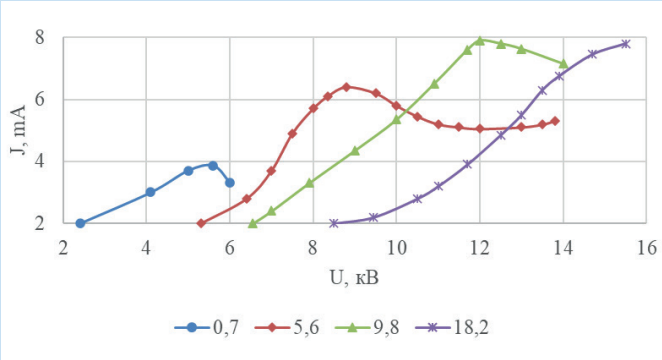
Электродегидрацияның қолданыстағы әдістерінде, негізінен, t_3-ке тең уақыт ішінде тесілген кернеу өрісі арқылы эмульсияға әсер ету мүмкін емес, өйткені бұл эмульсияның шексіз көлеміндегі бұзылу процесінің бақылан-бауына байланысты электродтар арасындағы тұйықталуға әкеледі.

Ұсынылған әдіспен әр қарапайым өңдеу аймағындағы су мөлшерін шектеу бұзылу уақытының кешігуіне әкеледі. Сонымен қатар, бұзылу тогы қарапайым разряд каналының газ көпіршіктерімен бітелуіне байланысты өздігінен шектеледі.

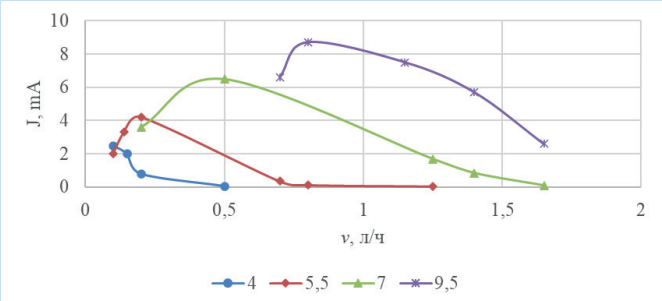
Шектеулі өңдеу аймақтарындағы электр өрісіндегі эмульсияның аталған ерекше әрекеттер ағынның жылдамдығын және өріс кернеулігінің мәнін өзгерту арқылы ондағы су тамшыларының тізбегі мен коалесценция процестерін реттеуге және сол арқылы мұнайдың электродемульсация процесін басқаруға мүмкіндік береді.

Шектеулі өңдеу аймақтарында су тамшылары тізбегінің қалыптасу динамикасын зертханалық қондырғыда (сурет 2) алынған процестің вольтампер сипаттамаларына қарай бағалауға болады, нәтижелер төмендегі 3-ші суретте көрсетілген.

Кернеудің одан әрі жоғарылауы токтың төмендеуіне және оның тұрақсыздығына әкеледі. Әрбір мән коалесценция процесінің әртүрлі кезеңдеріне сәйкес келеді. Қанықтыру саласында бұл процесс жекелеген өңдеу аймақтарын блоктайтын және олардың кедергісінің күрт өсуіне байла-



Сурет 3. Әртүрлі өнімділік параметрлеріндегі электрлік деэмульсация процесінің тәуелділігі.
Figure 3. Dependence of the electrical demulsification process at different performance parameters.
Рис. 3. Зависимость процесса электрической деэмульсации при различных параметрах производительности.



Сурет 4. Ток күшінен эмульсиялау процесінің өнімділігіне сипаттама (су-мұнай эмульсиясы – 10%, $L_{электрод}$ = 3 см).
Figure 4. Performance characteristics of the demulsification process based on current strength (water-oil emulsion – 10%, $L_{electrodes}$ = 3 cm).
Рис. 4. Характеристика производительности процесса деэмульсации от силы тока (водонефтяная эмульсия – 10%, $L_{электрод}$ = 3 см).

нысты токтың одан әрі өсуін шектейтін газ көпіршіктерінің бөлінуіне байланысты үзіледі. 4 суреттегі қисықтар, өрістің тұрақты кернеу мәндерінде токтың эмульсия ағынының жылдамдығына тәуелділігін көрсетеді. Бұл тәуелділік айқын максимумға ие.

Графиктерден тізбектердің пайда болуы белгілі бір критикалық кернеуден басталатынын көруге болады, қалғандары ағынның жылдамдығына тең. Кернеу жоғарылаған сайын қисықтар тік көтеріліп қанықтылыққа жетеді.

Төмен ағын жылдамдығы аймағында – қисық максимумға дейін ағын жылдамдығы жоғарылаған кезде газ көпіршіктерінің бөлінуін азайту арқылы ток өседі. Максимумнан кейін тізбектердің қалыптасу уақытының азаюына байланысты ток төмендейді.

Қорытынды

Осылайша, мәселе жоғары суланған және эмульсиялық мұнайлар үшін өте өзекті болып табылады, онда оның сулануы 90% құрайды. Авторлар ұсынған сулы мұнай эмульсияларына аралас әсер ету әдістерін қолдану мұнайды тереңірек сусыздандыруға және мұнайды кәсіпшілік дайындау жағдайында реагентті үнемдеуге мүмкіндік береді. Жоғарыда келтірілген мәліметтер айнымалы ток өрісіндегі мұнайдың эмульсиялану процесін, кейбір жағдайларда, электрод аралық бұзылулардың пайда болу қаупімен шектелмеген кең шектерде оның электрлік параметрлерін өзгерту арқылы басқаруға болатындығын тағы бір рет көрсетеді.

Алғыс

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің бағдарламаны орындау шеңберінде орындалды (BR 24992809 – Парафинді мұнайды өндіру, дайындау және тасымалдау үшін жергілікті шикізатты пайдалана отырып, жаңа химиялық реагенттер алу).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Барисс Л. Мұнайды кәсіпшілік тұзсыздандыру // Инж.-Мұнайшы. 1974. № 6. Б. 35–39 (орыс тілінде)*
2. *Панченков Г.М., Цабек Л.К. Эмульсия тамшысын бұзатын сыртқы біртекті квазитұрақты электр өрісінің сыни кернеулігі // Физикалық химия журналы. 1968. Т. 42. Шығ. 5. Б. 1249–1252 (орыс тілінде)*
3. *Панченков Г.М., Папко В.В. Электродтардың қысқа тұйықталуы кезінде эмульсияның су тамшыларының дисперсиясы // Мұнай шаруашылығы. 1969. № 3. Б. 46–47 (орыс тілінде)*
4. *Парафинді мұнайды эмульсиялау үшін реагенттің құрамын бағалау және алу / Ивахненко А.П. [және т. б.] // ҚБТУ хабаршысы. 2021. Т. 18. № 1. Б. 11–19 (орыс тілінде)*
5. *А.к. 865325 ҚСРО. Су-мұнай эмульсиясын бұзуға арналған аппарат / Никифоров Е.А., Юнусов А.А., Бильданов М.М., Ахмадиев Г.М., Швецов В.Н., Гершуни С.Ш.; Ө.Б. шығ., 1981, № 35 (орыс тілінде)*
6. *Шикі мұнай эмульсиялары үшін тиімді табиғи демульгатор ретінде өзен құмынан алынған жаңа ұнтақталған кварц бөлшектері / Надиров К. [және т. б.] // Процестер. 2022. № 10. Б. 3–13 (ағылшын тілінде)*
7. *Кәсіптік жағдайда мұнай дайындауға арналған жаңа реагенттер / Надирова Ж.К. [және т. б.] // Мұнай және газ. 2021. № 3. Б. 100–113 (орыс тілінде)*

8. *Иннов. пат. № 29965, Республика Казахстан, МПК C09K8/34. Мұнайды сусыздандыруға және тұзсыздандыруға арналған композициялық деэмульгатор / Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж., Бондаренко В.П., Надирова Ж.К., Садырбаева А.С., Жантасов М.К.; өтініш беруші және патент иесі ШҚҚ РМК М. Әуезов атындағы ОҚМУ (KZ.) – № 2013/1494.1; беріл. 04.11.2013; шығар. 15.06.2015, Бюлл. № 6. 4 б. (орыс тілінде)*
9. *Госсипол шайырын өңдеу арқылы алынған жаңа потенциалды демульгаторлар / Отарбаев Н.Ш. [және т. б.] // Индонезия химиялық журналы. 2019. № 19 (4). Б. 959–966 (ағылшын тілінде)*
10. *Мұнайды өңдеуге арналған реагентті дайындау және оны дегидратация процесінде қолдану / Надиров К.С. [және т. б.] // Өнеркәсіптік Ластануды Бақылау журналы. 2017. № 33 (1). Б. 1075–1084 (ағылшын тілінде)*
11. *Май қышқылдарының оксиэтилденуінің оңтайлы параметрлерін зерттеу с майсыздандыру және мұнай дайындау жүйесінде сұйылту үшін деэмульгаторлар алу мақсатында / Надиров К.С. [және т. б.] // Химика Огги – Химия бүгін. 2016. № 34 (1). Б. 72–77 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Bariss L. Promyslovoe obessolivanie nefti [Commercial desalination of oil], Inzh.-Neftyanik [Eng.-Oilman]. 1974. No. 6. 35–39 pp. (in Russian)*
2. *Panchenkov G.M., Tsabek L.K. Kriticheskaya napryazhennost' vneshnego odnorodnogo kvazipostoyannogo elektricheskogo polya, razrushayushchego kapel'ku emul'sii [Critical intensity of an external homogeneous quasi-constant electric field destroying an emulsion droplet], Zhurnal fizicheskoi khimii [Journal of Physical Chemistry]. 1968. V. 42. Issue 5. 1249–1252 pp. (in Russian)*
3. *Panchenkov G.M., Papko V.V. Dispergirovanie kapel' vody emul'sii pri vozniknovenii korotkikh zamykanii elektrodov [Dispersion of emulsion water droplets in case of short circuits of electrodes], Neftyanoe khozyaistvo [Oil industry]. 1969. No. 3. 46–47 pp. (in Russian)*
4. *Otsenka i poluchenie sostava reagenta dlya deemul'satsii parafinistoi nefti [Evaluation and preparation of reagent composition for demulsification of paraffin oil], Ivakhnenko A.P. [et al.], Vestnik KBTU [KBTU Bulletin]. 2021. V. 18. No. 1. 11–19 pp. (in Russian)*
5. *A.S. 865325 USSR. Apparat dlya razrusheniya vodoneftyanoi emul'sii [Device for the destruction of a water-oil emulsion], Nikiforov E.A., Yunusov A.A., Bulanov M.M., Akhmadiev G.M., Shvetsov V.N., Gershuni S.S.; Published in B.I., 1981, № 35 (in Russian)*
6. *Svezhemolotye chastitsy kvartsa, poluchennye iz rechnogo peska, yavlyayutsya effektivnym prirodnym deemul'gatorom dlya emul'sii syroi nefti [Freshly milled quartz particles obtained from river sand as an efficient natural demulsifier for crude oil emulsions], Nadirov K. [et al.], Protsessy [Processes]. 2022. No. 10. 3–13 pp. (in English)*
7. *Novye reagenty dlya podgotovki nefti v promyslovykh usloviyakh [New reagents for oil treatment in field conditions], Nadirova Zh.K. [et al.], Neft' i gaz [Oil and gas]. 2021. No. 3. 100–113 pp. (in Russian)*
8. *Innov. Pat. No. 29965, Republic of Kazakhstan, MPK C09K8/34. Kompozitsionnyi deemul'gator dlya obezvozhivaniya i obessolivaniya nefti [Composite demulsifier for oil dewatering and desalination], Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh., Bondarenko V.P., Nadirova Zh.K., Sadyrbaeva A.S., Zhantasov M.K.; applicant and patent holder RSE REA M. Auezov SKSU (KZ.) – No. 2013/1494.1; declared 04.11.2013; published 15.06.2015, Bull. No. 6. 4 p. (in Russian)*
9. *New potential demulsifiers obtained by processing gossypol resin / Otarbaev N.Sh. [et al.] // Indonesian Journal of Chemistry. 2019. No. 19 (4). 959–966 pp. (in English)*
10. *Reagent preparation for oil treatment and its use in the process of dehydration / Nadirov K.S. [et al.] // Journal of Industrial Pollution Control. 2017. No. 33 (1). 1075–1084 pp. (in English)*
11. *Examination of optimal parameters of oxy-ethylation of fatty acids with a view to obtaining demulsifiers for deliquefaction in the system of skimming and treatment of oil / Nadirov K.S. [et al.] // Chimica Oggi – Chemistry Today. No. 34 (1). 72–77 pp. (in English)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 *Барисс Л. Промысловое обессоливание нефти // Инж.-Нефтяник. 1974. № 6. С. 35–39 (на русском языке)*
2. *Панченков Г.М., Цабек Л.К. Критическая напряженность внешнего однородного квазипостоянного электрического поля, разрушающего капельку эмульсии // Журнал физической химии. 1968. Т. 42. Вып. 5. С. 1249–1252 (на русском языке)*
3. *Панченков Г.М., Папко В.В. Диспергирование капель воды эмульсии при возникновении коротких замыканий электродов // Нефтяное хозяйство. 1969. № 3. С. 46–47 (на русском языке)*

4. *Оценка и получение состава реагента для деэмульсации парафинистой нефти / Ивахненко А.П. [и др.] // Вестник КБТУ. 2021. Т. 18. Вып. 1. С. 11–19 (на русском языке)*
5. *А.с. 865325 СССР. Аппарат для разрушения водонефтяной эмульсии / Никифоров Е.А., Юнусов А.А., Бильданов М.М., Ахмадиев Г.М., Швецов В.Н., Гершуни С.Ш.; опубл. в Б.И., 1981, № 35 (на русском языке)*
6. *Свежемолотые частицы кварца, полученные из речного песка, являются эффективным природным деэмульгатором для эмульсий сырой нефти / Надиров К. [и др.] // Процессы. 2022. № 10. С. 3–13 (на английском языке)*
7. *Новые реагенты для подготовки нефти в промысловых условиях / Надирова Ж.К. [и др.] // Нефть и газ. 2021. № 3. С. 100–113 (на русском языке)*
8. *Иннов. пат. № 29965, Республика Казахстан, МПК C09K8/34. Композиционный деэмульгатор для обезвоживания и обессоливания нефти / Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж., Бондаренко В.П., Надирова Ж.К., Садырбаева А.С., Жантасов М.К.; заявитель и патентообладатель РГП на ПХВ ЮКГУ имени М. Ауэзова (KZ.) – № 2013/1494.1; заявл. 04.11.2013; опубл. 15.06.2015, Бюлл. № 6. 4 с. (на русском языке)*
9. *Новые потенциальные деэмульгаторы, полученные при переработке госсиполовой смолы / Отарбаев Н.Ш. [и др.] // Индонезийский химический журнал. 2019. № 19 (4). С. 959–966 (на английском языке)*
10. *Приготовление реагента для очистки нефти и его использование в процессе обезвоживания / Надиров К.С. [и др.] // Журнал по борьбе с промышленным загрязнением окружающей среды. 2017. № 33 (1). С. 1075–1084 (на английском языке)*
11. *Изучение оптимальных параметров оксиэтилирования жирных кислот с целью получения деэмульгаторов для разжижения в системе обезжиривания и подготовки нефти Надиров С.К. [и др.] // Химика Огги – Химия сегодня. 2016. № 34 (1). С. 72–77 (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:
Затыбеков К.С., Ph.D докторант, «Мұнайгаз ісі» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), *a.k.zatybekovy@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0001-5773-4422
Жантасов М.К., т.ғ.к., профессор, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), *manapjan_80@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0001-5633-1640
Меликов Г.Х., ҒЗИ ғылыми қызметкері, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Әзірбайжан мемлекеттік мұнай және өнеркәсіп университетінің «Мұнай, газ және химияның геотехнологиялық мәселелері» ҒЗИ (Баку қ., Әзірбайжан), *t.melikov@gpogc.az;* https://orcid.org/0009-0003-2944-3796
Байботаева С.Е., Ph.D, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), *sbaibotaeva@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0002-9406-3322

Information about the authors:
Zatybekov K.S., Ph.D doctoral of the Department «Oil and gas business», Non-profic joint-stock company «M. Auezov South Kazakhstan University» (Shymkent, Kazakhstan)
Zhantasov M.K., Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Oil and gas business», Non-profit joint-stock company «M. Auezov South Kazakhstan University» (Shymkent, Kazakhstan)
Melikov G.Ch., Research Associate, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, «Geotechnological Problems of Oil, Gas and Chemistry» at the Azerbaijan State University of Petroleum and Industry (Baku, Azerbaijan)
Baibotayeva S.E., Ph.D, Associate Professor of the Department «Oil and gas business», Non-profit joint-stock company «M. Auezov South Kazakhstan University» (Shymkent, Kazakhstan),

Сведения об авторах:
Затыбеков К.С., Ph.D докторант кафедры «Нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)
Жантасов М.К., к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)
Меликов Г.Х., научный сотрудник НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химии» при Азербайджанском Государственном университете нефти и промышленности (г. Баку, Азербайджан)
Байботаева С.Е., Ph.D, доцент кафедры «Нефтегазовое дело», НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)

Код МРНТИ 52.47.19

М.С. Молдабеков[1], *М.С. Бөкенова[2], М. Биржанов[1]
[1]Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан),
[2]Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан)

НҰРАЛЫ МҰНАЙ-ГАЗ КЕН ОРНЫНЫҢ ҰҢҒЫМАЛАРЫНДА ПЛУНЖЕРЛІ ЛИФТІНІ ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – Нұралы мұнай-газ кен орнында плунжерлі лифтіні қолдануды жан-жақты қарастыру, плунжерлік көтеру жүйелерін талдау, әртүрлі технологиялық жағдайларда ұңғымалардың тиімді жұмыс істеуін көрсету және оларды ары қарай дамыту потенциалын қадағалау болатын. Сондай-ақ, плунжерлік лифт технологиясының жұмыс істеу қағидаларын және оны пайдалануды, оның артықшылықтарын, кемшіліктерін талдай отырып, плунжерлік технология жүйесін Нұралы мұнай-газ кен орнындағы ұңғымаларда плунжерлік лифтіні қолданудың аналитикалық тұрғыдан тиімділігін қарастыру болып табылады. Сулануы жоғары, «өзін-өзі басатын», газ факторы айтарлықтай ұңғымаларда плунжерлік лифт технологиясын дұрыс қолдану, плунжердің барып-келу санын азайту және оны ұстап қалатын автоматтандыру жүйесін жақсарту ұңғымалардың өнімділігін арттыратыны анықталды.
Түйінді сөздер: *ұңғыма, плунжерлі лифт, газ факторы, сораптық-компрессорлық құбырлар, лақтыру желісі, қысым, дебит.*

Analysis of the experience of using a plunger lift in wells of the Nuraly oil-gas field

Abstract. The purpose of the article was a comprehensive review of the use of plunger lifts at the Nuraly oil and gas field, analysis of plunger lift systems, demonstration of the efficient operation of wells under various technological conditions, and monitoring of the potential for their further development. In addition, considering the principles of operation of the system and its use, as well as its advantages and disadvantages, it is necessary to analyze from an analytical point of view the effectiveness of using a plunger lift in the wells of the Nuraly oil and gas field. It has been established that in wells with high water cut, with «self-suppression» and a significant gas factor, the correct use of plunger lift technology, a reduction in the number of plunger descents and an improvement in the automation system that holds the plunger in place can increase well productivity.
Key words: *well, plunger lift, gas factor, tubing, pressure line, pressure, flow rate.*

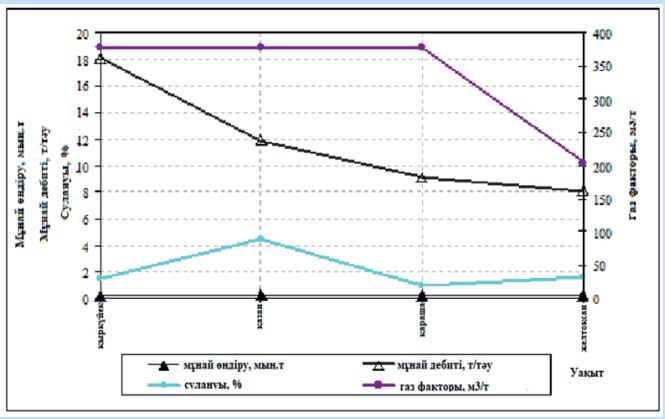
Анализ опыта применения плунжерного лифта на скважинах нефтегазового месторождения Нуралы

Аннотация. Цель статьи – комплексное рассмотрение применения плунжерных подъемников на нефтегазовом месторождении Нуралы, анализ плунжерных подъемных систем, демонстрация эффективной работы скважин в различных технологических условиях, а также мониторинг потенциала их дальнейшего освоения. Кроме того, рассматривая принципы работы системы и ее использования, а также ее преимущества и недостатки, необходимо с аналитической точки зрения проанализировать эффективность применения плунжерного лифта на скважинах нефтегазового месторождения Нуралы. Установлено, что в скважинах с высокой обводненностью, с «самозаглушением» и значительным газовым фактором правильное использование технологии плунжерного подъема, сокращение количества спусков плунжера и совершенствование системы автоматизации, удерживающей плунжер на месте, позволяет повысить производительность скважин.
Ключевые слова: *скважина, плунжерный лифт, газовый фактор, насосно-компрессорные трубы, напорная линия, давление, дебит.*

Кіріспе

Оңтүстік Торғай шөгінді бассейнінің оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан Нұралы кен орнының құрылымы 1983 жылы ашылған. Құрылым Ақшабұлақ кен орнынан 35 км қашықтықта орналасқан және 350 шаршы километр ауданды алып жатыр. Ең алғашқы мұнай 1987 жылы анықталған, ал өндіру 1996 жылы басталған. Нұралы мұнай-газ кен орны мұнай қоры және өндіру көлемі бойынша «Қазгермұнай БК» ЖШС-нің екінші кен орны. 2023 жылы М-II-4 горизонтындағы № 417, 418 ұңғымаларды бұрғылау нәтижелерінің жаңа геологиялық-геофизикалық және геологиялық-кәсіпшілік мәліметтері негізінде ҚМГ Инжиниринг ЖШС-тің «Нұралы кен орнының М-II-4 горизонтындағы қорлардың ұлғаюы» жобасы жасалған[1]. Ол жобаға сәйкес кен орнының жаңа мүмкіндіктері көрсетілген, жалпы кен орнында 110 ұңғыма бұрғыланған. Соңғы жылдардың есебіне қарасақ Нұралы кен орнында 12 өнімді горизонт пен 8 өндіру нысандары анықталған және алғашқы анықталған қорлардан өндіру 80%-ды, өнімнің қазіргі сулануы 92% құрайды [1]. Яғни, Нұралы кен орнын игеру экономикалық тиімділіктің шеткі мәнінде тұр, бірақ 2023 жылғы жаңа геология-геофизикалық мәліметтердің негізінде Нұралы кен орнының қоры артқаны байқалады.

Солтүстік Нұралы кен орнының белгілі-бір №Х ұңғымасы бойынша 2021 жылғы жұмыстық параметрлері 4 ай бойы жұмыс істегенде ұңғымадан мұнайдың шығымы тәулігіне 18,1 тоннадан 8,1 тоннаға, ал сұйықтықтың шығымы тәулігіне 18,3 тоннадан 8,2 тоннаға дейін азайған. Мұнайдың сулану деңгейі 1%–4,5% дейін өзгерген және газ факторы 377 м^3/тоннадан 204 м^3/тоннаға азайған (1 сурет). Сол қарастырылған уақытқа дейін №Х ұңғымасын игеру барысында 8700 тонна мұнай, 29 0000 м^3 ілеспе газ және 8900 тонна сұйықтық өндірілген [1].



Сурет 1. Нұралы мұнай-газ кен орны №Х ұңғымасының 2021 жылғы сипаттамасы.
Figure 1. Characteristics of well No. X of the Nuraly oil and gas field for 2021.
Рис. 1. Характеристика скважины №Х нефтегазового месторождения Нуралы за 2021 г.

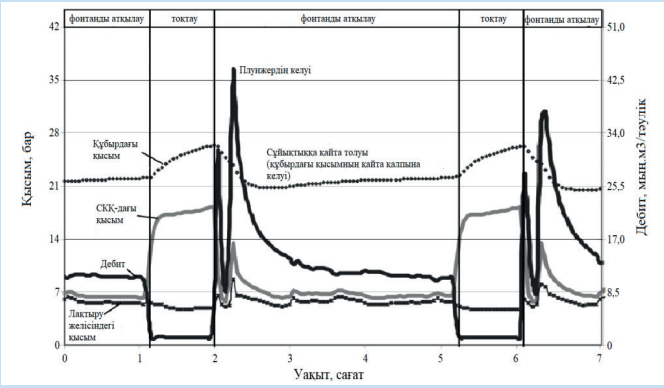
[1]*«Нұралы кен орнын игеру жобасына толықтыру» жұмыс жобасына «Мүмкін әсерлер туралы есеп» жобасы. P-OVOS.02.2105 – 07/5/1 – 31.12.2023. https://www.gov.kz/uploads/2023/9/26/42747517320229f060db62df4ff059a8_original.5192715.pdf (қараған күні: 20.01.2025). Қол жеткізу тәртібі: тіркелген қолданушыларға*

Экономикалық тиімділікті арттыру мақсатында Нұралы кен орнын игеруші «Қазгермұнай» Біріккен кәсіпорны жұмысты ары қарай екі бағытпен жалғастыруды жоспарлады: біріншісі – жер үстіндегі инфрақұрылымды үлкейтіп, қолданылып жатқан ұңғымалардың жұмыс істеуін жақсарту болса, екіншісі кәсіпшілікте жаңа ұңғымалар бұрғылап, қорды кеңейтуге жаңадан келешегі бар аудан қарастыру үшін жұмыс жүргізу. Басқаша жолы – бұрғыланып қойған ұңғымаларда әдеттегі механикалық технологияны плунжерлік лифт технологиясына алмастырумен ұңғымадағы қысымды ұстап тұрумен олардың жұмысқа жарамдылық мерзімін ұзарту [1, 2] болып табылады.

Зерттеу әдістері

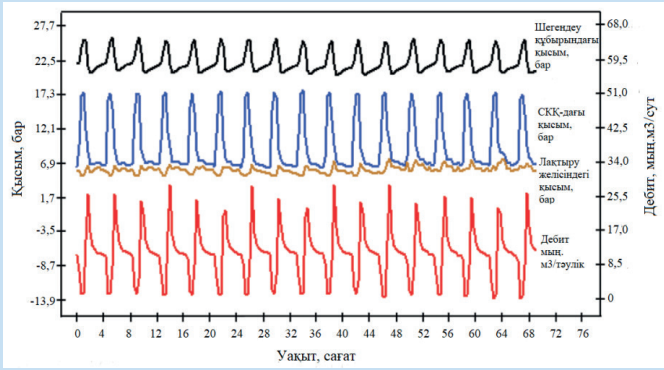
Плунжерлік лифтінің жұмыс істеу технологиясына сәйкес кейбір ұңғымалардың жағдайлары бойынша газдың қабаттық энергиясын қолданатын, сондай-ақ газдың ұлғаюына бағытталған қабат өнімін шығарудың тиімді әдісі болып табылатын газлифтінің бір түрі. Бұл қабаттағы газдың энергиясынан туындаған қысымды ұңғымадағы сұйықты жер бетіне көтеруге бағыттаушы қондырғы болып табылады. Осы технологияның маңызды құрылғысы плунжер. Үздіксіз әрекет ететін қондырғыларда плунжер көтеру бағанасында жоғары және төмен үздіксіз қозғалыста болады, ал периодты әрекеттегі қондырғыларда ол оператор белгілеген уақыт аралығында газ ағындары немесе механикалық ұстағыштар арқылы ұңғы түбінде немесе сағада ұсталады.

Плунжерлік лифтімен жұмыс істеу кезінде ұңғыма ішіндегі қысымның ауытқуы жұмыстық айналымды қалыптастыруға ықпал етеді. 2-суреттегі [3] сызба плунжерлік технолологияны қолдануда пакері жоқ сораптық-компрессорлық құбырдың (СКҚ) қалыпты жұмыс жағдайын түптегі, СКҚ, құбыраралық қысымдары бойынша білуге болады. 2 суретте шегендеуші құбырдағы, СКҚ-дағы, лақтыру желісіндегі қысымдар қалай өзгеретіні және сәйкесінше уақыттағы плунжерлік лифтінің айналым бойынша дебит мәндері сипатталған [3].



Сурет 2. Плунжер лифтінің қалыпты тәртіптегі жұмыс айналымы.
Figure 2. Plunger lift duty cycle in normal mode.
Рис. 2. Рабочий цикл плунжерного лифта при нормальном режиме.

Жоғарыдағы көрсетілген сызбада (2-сурет) белгілі-бір уақыт ішіндегі әртүрлі технологиялық жұмыс кезеңдерінде гі қысым өзгерістері көрсетілген. Бұл сызбаға сәйкес тоқтаудың аяқталуына жақын құбыраралық кеңістікте ең жоғары қысым мәніне жетеді, СКҚ-дағы қысым болса шегендеу тізбегіндегі қысым мәнінен кіші болады. Ал қысымдардың арасындағы айырма құбыр ішіндегі сұйықтың гидростатикалық қысым мәніне тең түседі. Ұңғыманың сағасы ашық жағдайда СКҚ-дағы қысымның мәні лақтыру тізбегіндегі (ұңғыма түбіндегі) қысым мәніне жылдам азаяды да, құбыраралық қысым плунжердің жоғары жеткенінше аздап кішірейеді. Плунжердің жақындауына байланысты үстіңгі бөліктегі сұйық лақтыру құбырымен кетіп, қысым мен шығын мәндері жылдам өзгеретіні байқалады. Осы үрдіс плунжердің жоғары жеткеніне дейін болады. Плунжердің жер бетіне жетуімен қатар шығынның айтарлықтай өсуі сораптық-компрессорлық құбырдағы қысым мәнінің артуына жеткізеді, сол мезеттен бастап құбыраралық қысым сораптық-компрессорлық тізбектегі қысым мәніне азаяды. Құбыраралық кеңістіктегі қысымның мәні плунжердің жетуімен немесе одан кейін азайып, ұңғыманың сораптық-компрессорлық тізбектегі сұйығының төменгі шамасымен жұмыс істеуінде салыстырмалы аз мөлшеріне барады. Ал ұңғыма ішіндегі (3-сурет) [3] ағын жылдамдығы ең төменгі мөлшерден жоғары күйінде тұрса, құбыраралық тізбектегі қысымның мәні нақты жағдайда өзгеріссіз болады, кей жағдайда азаюы да кездеседі [4]. Газдың ағысы ең шеткі мөлшерден азайса, ұңғыманың түпкі аймағында сұйықтың бітелуі орын алады да құбыраралық тізбекте қысымның шамасы көтеріледі.



Сурет 3. Плунжерлік лифтінің тұрақты үрдіс кезіндегі жұмыстық сипаттамасы.
Figure 3. Operating characteristics of the elevator plunger during steady-state process.
Рис. 3. Эксплуатационная характеристика плунжерного лифта при установившемся процессе.

Кейінгі уақытта электронды контроллерлердің және микропроцессорлардың қолданысқа енуі плунжерлік жүйені нығыздауға, жылдамдық шамасының өзгерістерін жан-жақты зерттеулер жасау мен газды өңдеуге жіберудің маңыздылығы артуы плунжерлік лифтіні көбірек қолдануға мүмкіндік берді [5–7]. Құрылыс жетілдірілген электронды контроллерлердің және микропроцессорлардың болуы автоматизация үрдісін жоғарылатып, плунжерлік технология үрдісінің сенімді жұмысын қамтамасыз етеді. Алдыңғы буын бақылау аспаптары құбырдың ішіндегі қысым мәні ауыспалы, плунжерлердің ескіруі, сұйықтың

тұрақсыз шығыны мен жалпы қондырғының жарамсыз болып қалуы секілді қалыпты жұмыстық үрдістердің ауысуына қарай жылдам түзетуді талап ететін уақытпен қосып-өшіру реттегіштері немесе қысым мәнінің ауытқуына тәуелді жұмыс істеді. Осы жағдай мұнай-газ кәсіпшіліктеріндегі плунжерлік технологияға деген сенімділікті азайтты, кейде плунжерлік лифтіні қолданудың сәтсіз жағдайларына жеткізді.

Кейінгі буын контроллерлерінде плунжерлік лифтідегі істен шығуларды табатын және жылдам оны түзететін компьютерлік жүйелер орнатылған. Жаңадан шыққан телеметриялық жүйелер, «ақылды ұңғыма» қондырғылары цифрлық мәліметтерді жинастыру мен істен шығуларды жөндеу бойынша компьютерлік бағдарламамен қамтамасыз ету плунжерлік қондырғылардың қолданысқа енуін арттырды.

Нәтижелері

«Қазгермұнай» біріккен кәсіпорнының ұңғымаларындағы плунжерлік технологияны өнеркәсіпте сынақтан өткізу бойынша «Нұралы», «Ақсай-53» пен «Ақсай-54» ұңғымаларының өнеркәсіптік зерттеу нәтижелері негізінде мәліметтер берілген [8].

Плунжерлік технологияны қолдану келесі келеңсіз жағдайларда бұл жүйенің қандай өзгерістер әкеле алатынын анықтау мақсатында жасалды:

1) газ факторы жоғары болуымен сипатталатын штангалық сораптық жабдықтар немесе ортадан тепкіш сорапты электрлік қондырғылары (ОТСЭҚ) орнатылған ұңғымалар;

2) мерзімділікпен және жұмысы тұрақсыздығымен ерекшеленетін атқылауы азайған ұңғымалар. Бұл ұңғымаларды таңдап алудың бас критериі – газ факторы өте аз ауыспайтындарын (1000 м тереңдікке 300 м^3) анықтау болды.

Ұңғымалардың техникалық сипаттамалары талданғаннан кейін бір-біріне ұқсайтын көрсеткіштері бар ұңғыма қатары таңдалды:

- қолдану әдісі – атқылау немесе ОТСЭҚ;

- өнімді қабаттағы қысым 8–9 МПа;

- ұңғымалардың тереңдігі 1600–2100 м аралығында;

- ұңғыманы пайдаланудың тұрақты кезеңінде өнімнің газ факторы ең аз дегенде 1000 м^3/м^3;

- ұңғыманың жұмыстық айырмашылығы – қысымы азайған атқылау, «өзін-өзі басу» эффектісінің болуы.

Төменгі 1 кестеде «Нұралы-37», «Ақсай-53», «Ақсай-54» ұңғымаларындағы плунжерлік технологияны орнатқаннан бастап мұнай шығымының іс жүзіндегі алынған мәліметтері берілген [8]. Осы кестеге сәйкес плунжерлік технологияны орнатқаннан кейін «Нұралы-37» ұңғыма бойынша 1,5 тонна, «Ақсай-54» ұңғыма бойынша 4,9 тонна, ал «Ақсай-53» ұңғыма бойынша 2,9 тонна тәулігіне өсу құрайды, ал дренаждық кезеңді ескермегенде орта есеппен орташа 2,96 тонна береді.

Нәтижелерді талқылау

Плунжерлік лифтіні ұңғымаларға енгізу бойынша тәжірибе-кәсіпшілік зерттеулердің нәтижесіне сәйкес негізгі техника-экономикалық негіздеме жасалған. «Нұралы-37», «Ақсай-53», «Ақсай-54» ұңғыма қатарында қадағалай отырып осы технологияны пайдаланудың тиімді жақтары мұнай өндірудің көлемін арттырудан түскен пайданы есепке ала отырып, қондырғыны орнатуға және оны күтіп ұстауға, қызмет көрсетуге кететін шығындармен салыстыру арқылы анықталған. Алынған жоғары экономикалық тиімділік қондырғының өзін-өзі ақтау мерзімін есептеулер нәтижесіне негізделген [8]. Плунжерлік лифтінің үлкен кемшілігі ретінде түптік манометрлерді және иілгіш СКҚ тізбегін орнатудың мүмкін болмауы. Бірақ мұнай өнімділігінің жоғарылау және газ энергиясын ұтымды қолдану ол кемшіліктердің орнын толтырады. Плунжерлік технологияны кәсіпшіліктерге енгізудің кешеуілдеп тұрғанының басты себебі – осы технологияны орнатудың жеткіліксіз дәрежеде зерттелуі[2]. Осы кезге дейін плунжерлік лифт

Кесте 1

Салыстырмалы шығым көрсетулері

Table 1

Comparative flow rates

Таблица 1

Сравнительные показатели дебита

Қондырғыны орнату алдында					Қондырғыны орнатудан кейін				Өсімі, тонна/тәу
Ұңғыма атауы	Өндіру түрі	Q_c, тонна/тәулік	$Q_м$, тонна/тәулік	Суының мөлшері, %	Өндіру түрі	Q_c, тонна/тәулік	$Q_м$, тонна/тәулік	Суының мөлшері, %	
Нұралы-37	Штангалы терең сорап	2,1	1,5	11	Плунжерлік жүйе	4	3	21	1,5
Ақсай-54	Фонтандық	1,5	1	22	Плунжерлік жүйе	11,7	5,9	39	4,9
Ақсай-53	Ортадан тепкіш электрлік қондырғы	0	0	0	Плунжерлік жүйе	3,8	2,9	6	2,9

[2]*Бейкер Хьюз ресми сайты. https://www.bakerhughes.com/completions/gas-lift-systems/intelligent-gas-lift-optimization-system (қараған күні: 24.01.2025). Қол жеткізу тәртібі: тіркелген қолданушыларға*

жүйесімен қолданысқа берілген ұңғымалардың басым бөлігі – газ факторы жоғары мұнай ұңғымалары, соған қарамастан келешекте газ ұңғымаларында орнатуды қарастыру мүмкіндігі бар.

Қорытынды

Плунжерлік лифт технологиясына өткізілген кәсіпшілік сынақтарын негізге ала отырып төмендегідей қорытынды шығаруға болады:

- *Біріншіден, плунжерлік технологияны пайдалану газ факторы жоғары, шығымы төмен ұңғымаларда газ энергиясын қолдану нәтижесінде электр энергиясын үнемдеу есебінен тиімді болады.*

- *Екіншіден, плунжерлік лифт жұмыс істемей тұрған ұңғымалардан мұнай өндіруді жаңғыртуға жағдай жасайды, сондай-ақ дебиті аз ұңғымалардың өнімділігін көбейтуге мүмкіндік ашылады.*

- *Үшіншіден, газ факторы жоғары мұнай ұңғымаларында, атқылауы азайған, оқпаны қисайған ұңғымаларда қолдану және ұңғымалардағы парафинді шөгінділерін тазалау үшін ұсынылады.*

Сонымен қатар, плунжердің келіп-кету санын азайту, автоматиканың дұрыс уақытында жұмыс істеуі сулануы мен газ факторы жоғары, «өзін-өзі басатын» ұңғымаларда оның өз энергиясын қолданып, өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Мұнай мен газ өндіруге арналған энергияны үнемдейтін инновациялық шешім. Плунжер лифт технологиясы / Абасов А.А. [және т. б.] // Мұнай және газ. 2021. № 4. 120–124 б. (орыс тілінде)*
2. *Белфройд С. және т. б. Сұйықтықпен толтырылған газ ұңғымаларының басталуын және динамикалық әрекетін болжау // SPE жыл сайынғы техникалық конференциясы мен көрмесі, Денвер, 2008. № 3. Б. 245–256 (ағылшын тілінде)*
3. *Джеймс Ли, Генри Никенс, Майкл Уэллс. Су басқан газ ұңғымаларын пайдалану: ұңғымалардан сұйықтықты шығарудың технологиялық шешімдері / ағылшын тілінен аудармасы: М.: Премиум Инжиниринг, 2008. 365 б. (орыс тілінде)*
4. *Борегар Э., Морроу С. Плунжерді көтеру жүйесінің жаңа және әдеттен тыс қолданбалары // Өндірістік операциялар бойынша SPE симпозиумы, Оклахома Сити. № 2. 1989. Б. 362–372 (ағылшын тілінде)*
5. *Андраде Дж., Хименес Дж.Л., Парада М.С.М. Жетілген кен орындары, Тибу кен орнында плунжерлі көтеру жүйелерін қолдану арқылы мұнай ұңғымаларын оңтайландыру // Американдағы мұнай мен газды жасанды қалпына келтіру бойынша SPE конференциясы, Картахена, 2018. № 12. Б. 159–168 (ағылшын тілінде)*
6. *Бернс М. Газ плунжерлі көтергіш және плунжерлі плунжерлі көтергіш // SPE Artificial Lift конференциясы және көрмесі, Вудлендс. 2018. № 5. Б. 229–234 (ағылшын тілінде)*
7. *Чарсин У.Дж.Э. Үзілісті газ плунжерлі көтергіш қондырғыларын модельдеу және оңтайландыру // SPE Алдыңғы технологиялар сериясы. SPE-23683-PA. 1994. № 1. Б. 25–33 (ағылшын тілінде)*
8. *Жасұлан Нұрқас. Плунжерді көтеру жүйесі бұрын тасталған газ конденсатын ұңғысынан өндіруді қалпына келтіреді // SPE Алдыңғы технологиялар сериясы. SPE 182551-MS. 2016. № 4. Б. 21–28 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Innovacionnoe energoeffektivnoe reshenie po dobyche nefti i gaza. Tehnologiya plunzher lift [Innovative energy efficient solution for oil and gas production. Plunger lift technology], Abasov A.A. [et al.], Neft' i gaz [Neft' I Gaz]. 2021. No 4. 120–124 pp. (in Russian)*
2. *Belfroid S. et al. Prediction onset and dynamic behavior of liquid loading gas wells // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, 2008. No. 3. 245–256 pp. (in English)*
3. *James Lee, Henry Nickens, Michael Wells. Ekspluatatsiya obvodnyayushchikhsya gazovykh skvazhin: tekhnologicheskie resheniya po udaleniyu zhidkosti iz skvazhin [Operation of Flooded Gas Wells: Technological Solutions for Removing Fluid from Wells], translation from English: Moscow: Premium Inzhiniring, 2008. 365 p. (in Russian)*
4. *Beauregard E., Morrow S. New and Unusual Applications for Plunger Lift System. // SPE Production Operations Symposium, Oklahoma City, 1989. No. 2. 362–372 pp. (in English)*
5. *Andrade J., Jimenez J.L., Parada M.S.M. Mature fields, oil well optimization using plunger lift systems in Tibu Field // SPE Artificial Lift Conference-Americas, Cartagena, 2018. No. 12. 159–168 pp. (in English)*
6. *Burns M. Plunger-Assisted Gas Lift and Gas-Assisted Plunger Lift // SPE Artificial Lift Conference and Exhibition, Woodlands, 2018. No. 5. 229–234 pp. (in English)*
7. *Charcin U.J.E. Modeling and optimization of intermittent gas-plunger lift installations // SPE Advanced Technology Series. SPE-23683-PA. 1994. No. 1. 25–33 pp. (in English)*

8. *Zhassulan Nurkas. Plunger Lift System Restores Production in previously abandoned Gas Condensate Well // SPE Advanced Technology Series. SPE 182551-MS. 2016. No. 4. 21–28 pp. (in English)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Инновационное энергоэффективное решение по добыче нефти и газа. Технология плунжер лифт / Абасов А.А. [и др.] // Нефть и газ. 2021. № 4. С. 120–124 (на русском языке)*
2. *Белфройд С. и др. Прогнозирование начала и динамического поведения газовых скважин с жидкостной нагрузкой // Ежегодная техническая конференция и выставка SPE, Денвер, 2008. № 3. С. 245–256 (на английском языке)*
3. *Джеймс Ли, Генри Никенс, Майкл Уэллс. Эксплуатация обводняющихся газовых скважин: технологические решения по удалению жидкости из скважин / пер. с английского: М.: Премиум Инжиниринг, 2008. 365 с. (на русском языке)*
4. *Борегар Э., Морроу С. Новые и необычные применения плунжерной подъемной системы // Симпозиум SPE по производственным операциям, Оклахома Сити, 1989. № 2. С. 362–372 (на английском языке)*
5. *Андраде Дж., Хименес Дж.Л., Парада М.С.М. Зрелые месторождения, оптимизация нефтяных скважин с использованием систем плунжерного подъема на месторождении Тибу // Конференция SPE по искусственной добыче нефти и газа в Северной и Южной Америке, Картахена, 2018. № 12. С. 159–168 (на английском языке)*
6. *Бернс М. Газовый подъемник с плунжерным приводом и плунжерный подъемник с плунжерным приводом // Конференция и выставка SPE Artificial Lift, Вудлендс. 2018. № 5. С. 229–234 (на английском языке)*
7. *Чарсин У.Дж.Э. Моделирование и оптимизация прерывистых газоплунжерных подъемных установок // SPE Серия передовых технологий. SPE-23683-PA. 1994. № 1. С. 25–33 (на английском языке)*
8. *Жасулан Нуркас. Система плунжерного подъемника восстанавливает добычу на ранее заброшенной газоконденсатной скважине // SPE Серия передовых технологий. SPE 182551-MS. 2016. № 4. С. 21–28 (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:
Молдабеков М.С., Ph.D докторы, «Мұнай инженериясы» кафедрасының қауым. профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), *m.moldabekov@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0002-1623-0324
Бөкенова М.С., техника ғылымдарының магистрі, ғылыми қызметкер, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан), *bukenova77@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0002-2224-6453
Биржанов М., «Мұнай инженериясы» кафедрасының магистранты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), *maga.byrzhan69@gmail.com;* https://orcid.org/0009-0005-9660-2114

Information about the authors:
Moldabekov M.S., Ph.D, Associate Professor at the Department of Petroleum engineering, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Bukenova M.S., Master of Technical Sciences, researcher, Institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)
Birzhanov M., master's student of the Department of Petroleum engineering, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:
Молдабеков М.С., доктор Ph.D, ассоц. профессор кафедры «Нефтяная инженерия», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Букенова М.С., магистр технических наук, научный сотрудник, Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)
Биржанов М., магистрант кафедры «Нефтяная инженерия», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Код МРНТИ 52.01.93:52.13.33

Т.И. Иргибаев[1], Е.Ю. Русский[2], С. Жунисбеков[1], *Н.Б. Имансакипова[1]
[1]НАО Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан),
[2]Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН (г. Новосибирск, Россия)

АНАЛИЗ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТКИ С УЧЕТОМ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В МАТЕРИАЛЕ

Аннотация. В данном исследовании проведен анализ напряженно-деформированного состояния рабочих лопаток осевого вентилятора при вынужденных колебаниях. Основная цель исследования заключается в повышении эффективности работы лопаток и обеспечении их безопасной эксплуатации, особенно в условиях воздействия внешних возмущений, способных вызвать резонансные явления. В программном комплексе Ansys была сделана серия вычислительных экспериментов для выявления характера колебаний рабочей лопатки осевого вентилятора в области резонансных частот, с учетом полученного экспериментального значения декремента затухания колебаний. Результаты исследования обладают практической значимостью и могут быть использованы для улучшения методов проектирования рабочих лопаток осевых вентиляторов, что увеличит их эксплуатационную долговечность, устойчивость к внешним воздействиям и общую эффективность.
Ключевые слова: *шахтный вентилятор, рабочее колесо, лопатка осевого вентилятора, ротор вентилятора, флаттер, конструкционное демпфирование, виброперемещение, виброускорение, аэродинамическая схема.*

Материалдағы ішкі үйкелісті ескере отырып, қалақшаның мәжбүрлі тербелістерін талдау

Аңдатпа. Бұл зерттеуде осьтік желдеткіштің жұмыс қалақтарының мәжбүрлі тербеліс кезіндегі кернеулі-деформациялық күйіне талдау логарифмдік демпферлік азайтуды ескере отырып жүргізілді. Зерттеудің негізгі мақсаты – қалақтардың тиімділігін арттыру және олардың қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету, әсіресе резонансты құбылыстарды тудыруы мүмкін сыртқы бұзылулар жағдайында. Ansys бағдарламалық кешенінде резонанстық жиіліктер аймағындағы осьтік желдеткіштің жұмыс қалақшасының тербелістерінің сипатын анықтау үшін бірқатар есептеу эксперименттері жасалды, бұл тербелістердің ыдырауының алынған тәжірибелік мәнін ескере отырып. Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңызы бар және осьтік желдеткіш қалақтарды жобалау әдістерін жетілдіру үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл олардың пайдалану беріктігін, сыртқы әсерлерге төзімділігін және жалпы тиімділікті арттырады.
Түйінді сөздер: *шахтаның желдеткіші, жұмыс дөңгелегі, осьтік желдеткіш қалағы, желдеткіш роторы, флаттер, құрылымдық демпферлік, дірілдің орын ауыстыруы, дірілді үдету, аэродинамикалық дизайн.*

Analysis of forced oscillations of a blade taking into account internal friction in the material

Abstract. This study analyzes the stress-strain state of axial fan blades under forced oscillations, taking into account the logarithmic damping decrement. The main objective of the study is to improve the efficiency of the blades and ensure their safe operation, especially under external disturbances that can cause resonance phenomena. A series of computational experiments was performed in the Ansys software package to identify the nature of oscillations of the axial fan blade in the field of resonant frequencies, taking into account the obtained experimental value of the vibration attenuation decrement. The results of the study are of practical importance and can be used to improve the design methods for axial fan blades, which will increase their operational durability, resistance to external influences and overall efficiency.
Key words: *mine fan, impeller, axial fan blade, fan rotor, flutter, structural damping, vibration displacement, vibration acceleration, aerodynamic design.*

Введение

На шахтах и рудников Казахстана, России и стран СНГ все еще эксплуатируются главные вентиляторные установки (ГВУ) с физически устаревшими осевыми вентиляторами серий ВОКД и ВОД, выполненными по аэродинамическим схемам 50-х–60-х годов прошлого века. Современные высокопроизводительные технологии добычи полезных ископаемых обуславливают повышенные требования производительности вентиляторов. Глубина очистных забоев горнодобывающих предприятий постоянно растет. Это ведет к повышению требований по давлению воздуха ГВУ. Эксплуатируемые в настоящее время вентиляторы, зачастую, не могут обеспечить требуемые расходы и давления воздуха. У устаревших вентиляторов имеется много узлов (корпус, диффузоры, коки, коллекторы, др.), сохранивших работоспособность, они могут эксплуатироваться еще много лет. Наиболее эффективным путем продления срока службы дорогостоящего оборудования с одновременным повышением производительности развиваемого давления является модернизация вентиляторов на ГВУ, которая значительно дешевле замены на новые, может дать экономию до 60–70%. При этом вентиляторы главного проветривания (ВГП) должны обеспечивать высокую производительность и должны быть более нагруженными аэродинамически. Это возможно за счет значительного увеличения окружных скоростей по концам лопаток рабочего колеса (РК).

Для решения этой проблемы необходимо решить задачу обтекания воздухом лопаточной системы в условиях отрывных течений, задачи по обеспечению требуемой прочности узлов ротора, минимальные амплитуды виброколебаний. Нужно усовершенствовать методику проектирования ВГП с учетом новых условий эксплуатации.

Краткий обзор работы

Конструкция шахтного осевого вентилятора содержит ряд узлов, работающих при переменных нагрузках вследствие вращения ротора вентилятора: рабочее колесо с лопатками, коренной и трансмиссионный валы, подшипники в опорах.

Воздействие на элементы вентилятора (таких, как лопаточные узлы) внешних возмущений с определенной частотой могут приводить к возникновению опасных явлений, а именно, авто- и параметрическим колебаниям. Вызванная таким воздействием динамическая неустойчивость работы механической системы приводит к значительному росту уровня вибраций узла, и соответственно, к кратному повышению уровня действующих напряжений. Такое поведение конструкции с возникновением резонансных явлений может возбуждаться не только силами периодической природы, но и даже непериодическими возмущающими воздействиями [1].

Рабочие лопатки осевых вентиляторов (рис. 1) подвержены не только постоянным нагрузкам, но и вследствие вращения испытывают действие переменных во времени возмуща-

ющих воздействий. Суммарно эти нагрузки приводят к возникновению значительных динамических напряжений [2].

Когда значение собственной частоты равно или близко к значению частоты возмущающей силы, может возникнуть резонанс, при котором напряженно-деформированное состояние лопатки может характеризоваться повышением уровня колебаний (со значительными амплитудами и, как следствие, повышенным уровнем напряжений). При работе лопатки в областях, близких к резонансным, единственным фактором, который способствует снижению уровня амплитуд при колебаниях, становится присутствие различных диссипативных сил в колеблющейся механической системе, таких, как конструкционное демпфирование, или демпфирование материала конструкции [3].

Вынужденные колебания лопатки с учетом внутреннего трения в материале

В процессе работы вентиляторного агрегата его рабочая лопатка, вследствие воздействия возмущающих сил различной природы, получает возбуждающий импульс, который обеспечивает собственные колебания лопаточного узла. Собственные колебания в силу присутствия в механической системе диссипации энергии, а также в случае прекращения действия возмущающего импульса, достаточно быстро затухают.

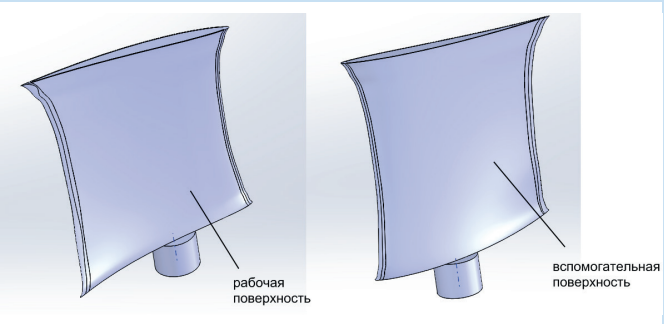


Рис. 1. Общий вид лопатки осевого вентилятора.
Сурет 1. Осьтік желдеткіш қалақшасының жалпы көрінісі.
Figure 1. General view of the axial fan blade.

Такое затухание колебаний (демпфирование возмущающих внешних сил) описывается логарифмическим декрементом затухания колебаний, который представляет собой (рис. 2) натуральный логарифм отношения двух смежных амплитуд V, взятых через период колебаний (1).

$$L = ln\frac{V(y,t)}{V(y,t+T)}, \qquad (1)$$

где $V(y, t)$ – амплитуда колебаний в момент времени t;

$V(y, t + T)$ – амплитуда колебаний в момент времени $t + T$;

T – период колебаний.

Если экспериментально замерить такие свободные затухающие колебания, получив некоторую виброграмму распределения амплитуд, то по выражению (1), зная виброперемещения в моменты времени, отличающиеся на период колебаний T, то по формуле 1 можем найти декремент затухания колебаний L. Данный декремент затухания будет характеризовать как конструкционное демпфирование, так и демпфирование в материале лопатки [4]. Кроме того, лопатка при ее вращении будет иметь аэродинамическое демпфирование, также способствующее снижению амплитуд колебаний в случае возникновения резонансных явлений.

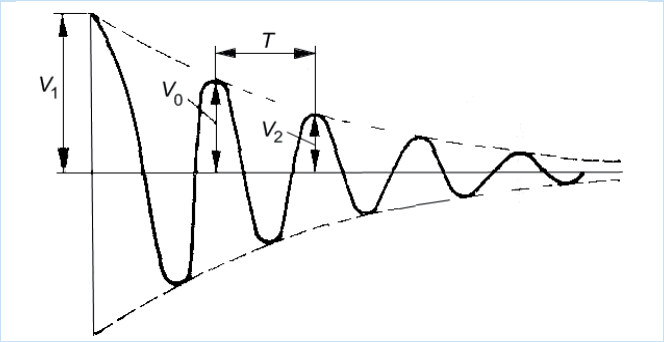


Рис. 2. График амплитуд, характеризующий затухающие колебания лопатки.
Сурет 2. Қалақшаның әлсіреген тербелістерін сипаттайтын амплитуда графигі.
Figure 2. The amplitude graph characterizing the damped oscillations of the blade.

Во многих случаях наибольший вклад в суммарное рассеяние энергии при колебаниях вносит конструкционное демпфирование [4]. Конструкционное демпфирование определяется рассеянием энергии в хвостовых соединениях, а также в местах соединения лопаток и связей или лопаток и специальных демпфирующих элементов.

Демпфирование можно определить экспериментальным путем (на основе натурного эксперимента). Для этого необходимо вызвать колебания механической системы с помощью внешнего силового воздействия. Амплитуду колебаний при этом можно измерить специальным оборудованием, например, датчиками виброперемещений, виброскорости или виброускорений [5].

Результаты и обсуждения

Для возбуждения колебаний рабочей лопатки был использован ударный молоток. В процессе натурных измерений сделано шесть замеров. Полученная виброграмма колебаний лопатки представлена на рис. 3.

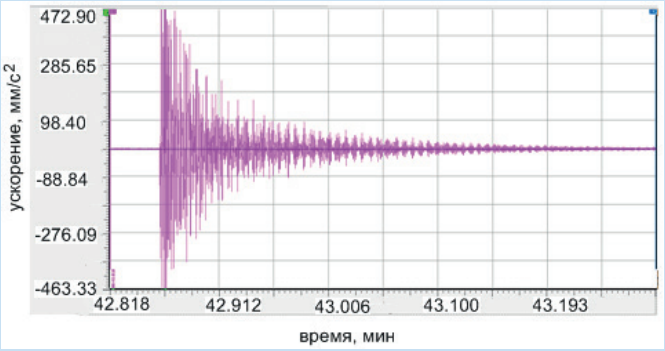


Рис. 3. Виброграмма ускорений.
Сурет 3. Үдеу виброграммасы.
Figure 3. Vibration acceleration diagram.

Обработанные результаты проведенного натурного эксперимента и вычисленный по выражению 1 декремент затухания колебаний показаны в таблице 1.

Таблица 1

Логарифмический декремент затухания и соответствующие экспериментальные значения виброускорений

Кесте 1

Логарифмдік ыдырау декреті және діріл үдеуінің сәйкес эксперименттік мәндері

Table 1

Logarithmic attenuation decrement and corresponding experimental values of vibration accelerations

Амплитуда A_1, м/с^2	Амплитуда A_2, м/с^2	Период колебаний, T миллисекунды	Логарифмический декремент затухания колебаний
60,6	42,7	7,05	0,220
70,3	60,1	16,4	0,246
344,1	268,8	12	0,247
155,8	118,2	12,6	0,276
153,2	101,4	18,8	0,412
65,6	51,5	9,4	0,241

Результаты анализа полученных экспериментальных данных позволяют получить значение декремента затухания колебаний в пределах от 0,22 до 0,28. Среднее значение декремента затухания колебаний – 0,25.

Следует отметить, что появление опасных колебаний вследствие резонанса появляются в том числе при кратности собственных частот и частот вынуждающих сил, а не только при прямом совпадении указанных частот. Например, возбуждающей частотой может являться и частота вращения ротора вентилятора, и все соответствующие кратные частоты, а именно, $f_d = k \cdot n_c$ [6]. Кратность частоты будет определяться не только конструктивным исполнением вентилятора, режимами его работы, но и уровнем энергии возмущающих воздействий.

Обтекание аэродинамическим потоком элементов вентиляционного тракта приводит к возникновению зон возмущений, величина и амплитуда которых зависят от конструктивного исполнения входных и выходных элементов вентилятора: количества элементов в спрямляющем и направляющем аппаратах (N_{CA} и N_p соответственно).

При обтекании лопатки воздушным потоком при определенных углах установки лопатки может возникнуть опасное явление так называемого срывного флаттера. Данный эффект возникает вследствие срыва воздушного потока на лопатке, при условии ее установки на больших углах атаки. Возникающие под воздействием такого флаттера вынужденные колебания являются незатухающими при условии постоянства поступления энергии от потока воздуха. Такое самовозбуждение колебаний механической системы вызвано тем, что энергия возбуждающего воздействия взаимодействует с упругими силами в лопаточном узле.

Такой флаттер необязательно возникает сразу на всех рабочих лопатках вентилятора. Флаттер может образоваться на некоторой части лопаток, и вследствие вращения ротора вентилятора, начинает вызывать круговое перемещение областей срыва воздушного потока по лопаточной системе. Такой эффект называется вращающимся срывом [6], и определяется не только скоростью вращения ротора вентилятора, но и некоторыми параметрами, зависящими от конструкции вентиляционного тракта вентилятора, и его аэродинамической схемы.

Для данного вида вынужденных колебаний их частота зависит от числа зон отрыва во вращающемся потоке N_{BO} и в общем случае не кратна частоте вращения рабочего колеса. Значения резонансных частот указанных выше видов колебаний можно записать в следующем виде [6]:

$$\omega_n^{(P)} = n \cdot N_p \cdot \omega,\ \omega_n^{(CA)} = n \cdot N_{CA} \cdot \omega,$$
$$\omega_n^{(BO)} = n \cdot N_{BO} \cdot (1 - \alpha) \cdot \omega, \qquad (2)$$

где $n = 1, 2, 3, \ldots$ – номер гармоники возбуждающих сил; $0 < \alpha < 1$.

На примере шахтного осевого вентилятора ВО-36 выполним анализ колебаний лопаточного узла под действием внешней возмущающей силы, учитывая в расчетах декремент затухания колебаний. При анализе приняты следующие значения основных рабочих параметров: скорость вращения 600 об/мин (10 Гц), наличие областей отрыва потока N_{BO} в диапазоне от 2 до 4, конструктивные элементы вентиляционного тракта содержат по 15 лопаток спрямляющего аппарата (N_{CA}), и 15 ребер направляющего аппарата (N_p).

Используя соотношения (2), частоты возмущающих воздействий будут определяться по выражениям [6]:

$$\omega_n^{(P)} = 12 \cdot n \cdot \omega c^{-1},\ \omega_n^{(CA)} = 15 \cdot n \cdot \omega c^{-1},$$
$$\omega_n^{(BO)} = 4 \cdot n \cdot \omega c^{-1},$$

или

$$\omega_n^{(P)} = 753,84 \cdot n\, c^{-1},\ \omega_n^{(CA)} = 942,30 \cdot n\, c^{-1},$$
$$\omega_n^{(BO)} = 251,28 \cdot n\, c^{-1}.$$

Здесь $\omega_n^{(P)}$ – вынужденная круговая частота от возмущений воздушного потока, вызванного ребрами направляющего аппарата, $\omega_n^{(CA)}$ – возмущающая частота от лопаток спрямляющего аппарата, $\omega_n^{(BO)}$ – возмущающая частота от вращающегося отрыва (срывного флаттера).

Исследования показывают [6], что не все возбуждающие силы могут приводить к появлению опасных резонансных явлений. Например, указанные выше возмущения, создаваемые набегающим неравномерным потоком воздуха на элементы вентиляционного тракта, таких, как лопатки спрямляющего и направляющего аппаратов, имеют незначительную энергию, которой недостаточно для поддержания колебательного процесса. Указанные возмущения имеют незначительную амплитуду не более 0,1 от величины энергии аэродинамических сил [7–8].

В программном комплексе Ansys была сделана серия вычислительных экспериментов для выявления характера колебаний рабочей лопатки осевого вентилятора в области резонансных частот с учетом полученного экспериментального значения декремента затухания колебаний. В расчетной модели были учтены в том числе возмущающие воздействия от аэродинамических сил, величина которых составила 10% от возмущения.

Как показывают результаты исследований [9–10], энергия нескольких первых форм значительно превышает энергию колебаний на более высокочастотных формах, что позволяет при анализе вынужденных колебаний ограничиться в расчетах анализом низших форм, а именно, первых трех, которые, согласно [9–10], при колебаниях могут содержать до 90% энергии колеблющейся системы.

При анализе зависимости напряженно-деформированного состояния (НДС) лопатки от частоты возмущающей силы диапазон изменения возмущающих частот выбирался в пределах 60–185 Гц таким образом, чтобы в него попадали первые три собственные частоты лопатки. Также в расчетах принято, что лопатка изготовлена из листовой стали 30ХГСА (предел текучести σ_T = **490** МПа, предел прочности σ_B = **900** МПа).

Результаты анализа НДС лопатки показаны на рис. 4 в виде зависимости напряжений от частоты возмущающей силы, действующей в указанном выше диапазоне.

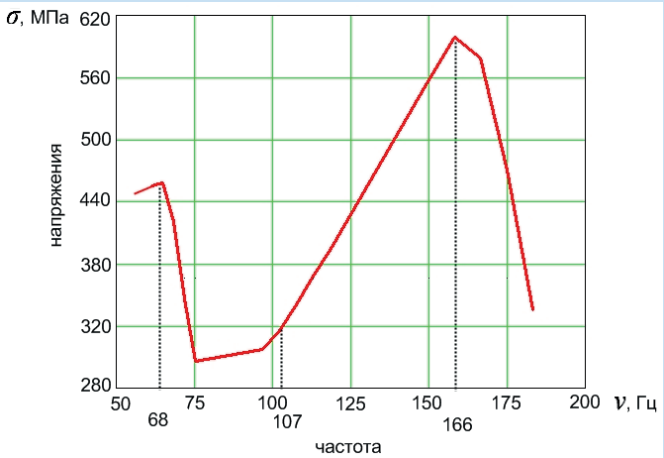
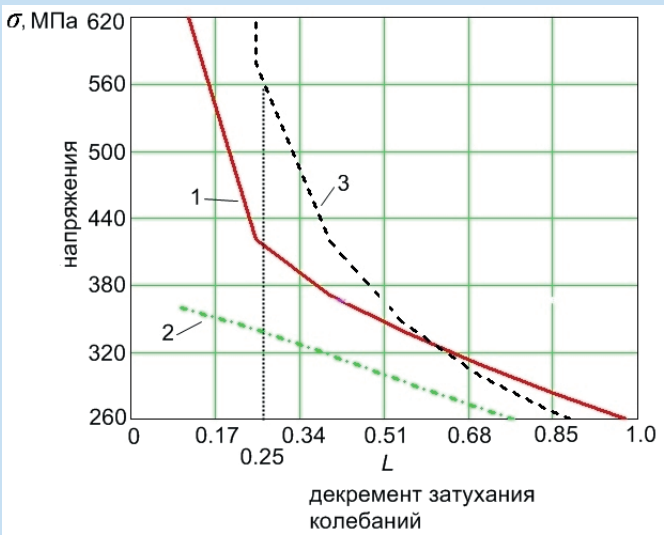


Рис. 4. Зависимость НДС лопатки от изменения частоты внешней силы: формы колебаний 1, 2, 3 соответствуют расчетным значениям собственных частот 68 Гц, 107 Гц, 166 Гц.
Сурет 4. Қалақшаның КДК-нің тербеліс әлсіреуінің декремент мөлшеріне тәуелділігі: 1, 2, 3 тербеліс формалары 68 Гц, 107 Гц, 166 Гц табиғи жиіліктердің есептік мәндеріне сәйкес келеді.
Figure 4. The dependence of the blade's VAT on the change in the frequency of the external force: the oscillation forms 1, 2, 3 correspond to the calculated values of the natural frequencies 68 Hz, 107 Hz, 166 Hz.

Анализируя зависимость на рисунке, можно сделать вывод, что близость собственных частот и частот возмущающих сил в случае учета в расчетах декремента затухания колебаний не приводит к значительному росту амплитуд напряжений. По рассматриваемым в расчете трем первым формам колебаний, для первой частоты амплитуда напряжений составляет 455 МПа, для второй собственной частоты – 300 МПа, а для третьей – 600 МПа. Следует отметить, что допускаемые напряжения для материала лопатки стали 30ХГСА составляют 270 МПа, а предел текучести 490 МПа. По первым двум формам вынужденных колебаний значения НДС не превышают предел текучести материала лопатки, а по третьей форме превышение составляет 22% от предела текучести.

Выбор конструкции узла крепления лопатки и ее материала позволит повысить конструкционное демпфирование лопатки, что также будет способствовать снижению НДС в неустойчивых режимах работы.

Рассмотрим влияние демпфирования конструкции на уровень возникающих напряжений в областях, близких к резонансу. В процессе анализа выполнен расчет НДС лопатки (рис. 5) при воздействии на нее возмущающих сил с частотой, равной собственным: рассмотрены первые три собственные формы колебаний (соответствующие частотам 68 Гц, 107 Гц, 166 Гц).



1 – частота возмущений от аэродинамических сил 68 Гц; 2 – частота возмущений от аэродинамических сил 107 Гц; 3 – частота возмущений от аэродинамических сил 166 Гц

Рис. 5. Зависимости НДС лопатки от величины декремента затухания колебаний.
Сурет 5. Иық пышағының ҚҚС-ның декремент мөлшеріне тербелістердің әлсіреуіне тәуелділігі.
Figure 5. The dependence of the VAT of the blade on the magnitude of the decrement of attenuation of vibrations.

Увеличение декремента затухания колебаний приводит к значительному снижению НДС лопатки (до двух раз) в резонансных областях, обеспечивая безопасное прохождение таких зон при пуске и выбеге вентилятора. Но управление декрементом затухания колебаний является сложным процессом, включающим в себя изменение конструкции лопатки, включая узел крепления, до-

бавление элементов демпфирования, изменение условий работы и т. д.

Выводы

Логарифмический декремент затухания колебаний листовых лопаток осевых вентиляторов серии ВО находится в диапазоне 0,22–0,28. Учет в расчетах декремента затухания колебаний показывает, что при приближении частоты возмущающей силы к собственным частотам, напряжения находятся в пределах, безопасных с точки зрения эксплуатации лопаточного узла.

Благодарность

Исследование проводилось в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан ИРН AP19677949 «Повышение безопасности и эффективности вентиляции шахт путем совершенствования аэродинамики и конструкции эксплуатируемых главных вентиляторов». Договор № 344-23-25 от 03.08.2023 г. Гос. регистрация № 0123РК00843.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Манушин Э.А., Суровцев И.Г. Конструирование и расчет на прочность турбомашин газотурбинных и комбинированных установок: М.: Машиностроение, 1990. 400 с. (на русском языке)*
2. *Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле: перевод с англ.: М.: URSS, 2007. 440 с. (на русском языке)*
3. *Красюк А.М., Русский Е.Ю. Динамика и прочность сдвоенных листовых лопаток осевых вентиляторов // Горное оборудование и электромеханика. 2009. № 7. С. 52–56 (на русском языке)*
4. *Боришанский К.Н. Колебания рабочих лопаток турбомашин: учеб. пособие: СПб.: ПИМаш, 1995. 116 с. (на русском языке)*
5. *Семенов Ю.А. Механика. Теория механических колебаний: учеб. пособие: СПб.: Политехн. ун-т, 2008. 412 с. (на русском языке)*
6. *Русский Е.Ю. Исследование динамических свойств узлов вентиляторов в возмущенном воздушном потоке // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 2. С. 159–168 (на русском языке)*
7. *Разработка конструкций роторов шахтных осевых вентиляторов с повышенными скоростями вращения производительностью в реверсивном режиме / А.М. Красюк [и др.] // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2023. № 5. С. 99–107 (на русском языке)*
8. *Красюк А.М., Лугин И.В., Косых П.В., Русский Е.Ю. Обоснование метода продления срока службы двухступенчатых осевых вентиляторов для главной вентиляции // Журнал горных наук. 2019. Т. 55. № 3. С. 478–493 (на английском языке)*
9. *Разработка и исследование прочности рабочих лопаток с сотовой структурой сердечника для осевых шахтных вентиляторов / А.М. Красюк [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 1. С. 3–6 (на русском языке)*
10. *Хао Х., Цзян С., У Ц., Ван К., Си С. (15 августа 2023 г.). Экспериментальное исследование точного управления количеством воздуха по требованию путем взаимодействия нескольких главных вентиляторов в шахте. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623017845?via%3Dihub (на английском языке)*
11. *Юй Б.-Ч., Шао Л.-С. (Май 2023 г.). Метод оптимизации системы вентиляции шахты на основе гибридного многокритериального алгоритма равновесной оптимизации индекса R2. https://www.sciencedirect.com/ (на английском языке)*
12. *Дин И., Ван Цз., Цзян Б., Сяо Ц., Ян С., У Л., Се Б. (Июль 2023 г.). Численное исследование влияния законов искажения лопаток на угловой отрыв потока осевого вентилятора. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1270963823001931?via%3Dihub (на английском языке)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Манушин Е.А., Суровцев И.Г. Газ турбиналық және құрама қондырғыларға арналған турбомашиналардың конструкциясы мен беріктігіне есептеулер: М.: Машина жасау, 1990. 400 б. (орыс тілінде)*
2. *Тимошенко С.П. Инженериядағы ауытқулар: ағылшын тілінен аударма: М.: УРСС, 2007. 440 б. (орыс тілінде)*
3. *Красюк А.М., Русский Е.Ю. Осьтік желдеткіштердің қос қаңылтыр қалақтарының динамикасы мен беріктігі // Тау-кен жабдықтары және электромеханика. 2009. № 7. Б. 52–56 (орыс тілінде)*
4. *Боришанский К.Н. Турбина қалақтарының тербелісі: оқулық. Жәрдемақы: Санкт-Петербург: ПИМаш, 1995. 116 б. (орыс тілінде)*
5. *Семенов Ю.А. Механика. Механикалық тербеліс теориясы: оқу құралы: СПб.: Политех. университет, 2008. 412 б. (орыс тілінде)*

6. Русский Е.Ю. Бұзылған ауа ағынындағы желдеткіш қондырғыларының динамикалық қасиеттерін зерттеу // Тау-кен ақпараты және аналитикалық бюллетень. 2017. № 2. Б. 159–168 (орыс тілінде)
7. Айналу жылдамдығы және кері режимде өнімділігі жоғары шахталық осьтік желдеткіштерге арналған роторлардың конструкцияларын өндіру пайдалы қазбалардың / А.М. Красюк [және т. б.] // Физикалық-техникалық мәселелері. 2023. № 5. Б. 99–107 (орыс тілінде)
8. Негізгі желдету үшін екі сатылы осьтік ағынды желдеткіштердің қызмет ету мерзімін ұзарту әдісін негіздеу / А.М. Красюк [және т. б.] // Дж. Мин. Ғылым. 2019. Т. 55. № 3. Б. 478–493 (ағылшын тілінде)
9. Осьтік шахталық желдеткіштердің жұмыс жалақтарының тор тәрізді құрылымды өзекшесінің беріктігін әзірлеу және зерттеу / А.М. Красюк [және т. б.] // Тау-кен жабдықтары және электромеханика. 2017. № 1. Б. 3–6 (орыс тілінде)
10. Хао Х., Цзян С., У Ц., Ван К., Си С. (15 тамыз 2023 ж.). Эксперименттік зерттеу ауа көлемін нақты басқаруды қамтамасыз ету үшін бірнеше негізгі желдеткіштерді шахтада өзара әрекеттестіріп қолдану. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623017845?via%3Dihub (ағылшын тілінде)
11. Ю Б.С., Шао Л.С. (Мамыр 2023 ж.). R2 индексінің гибридті көп мақсатты тепе-теңдікті оңтайландыру алгоритміне негізделген шахтаның желдету жүйесін оңтайландыру әдісі. https://www.sciencedirect.com/ (ағылшын тілінде)
12. Дин И., Ван Цз., Цзян Б., Сяо Ц., Ян С., У Л., Се Б. (Мамыр 2023 ж.). Құлаштардың деформация заңдарының әсерін сандық зерттеу осьтік желдеткіштің ағын бөліну бұрышына. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1270963823001931?via%3Dihub (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Manushin E.A., Surovtsev I.G. Konstruirovanie i raschet na prochnost' turbomashin gazoturbinnykh i kombinirovannykh ustanovok [Calculations for the design and durability of turbomachines for gas turbine and combined units], Moscow: Mashinostroenie, 1990. 400 p. (in Russian)
2. Tymoshenko S.P. Kolebaniya v inzhenernom dele [Deviations in Engineering]: English translation: Moscow: URSS, 2007. 440 p. (in Russian)
3. Krasyuk A.M., Russky E.Yu. Dinamika i prochnost' sdvoennykh listovykh lopatok osevykh ventilyatorov [Dynamics and durability of double sheet metal blades of axial fans], Gornoe oborudovanie i elektromekhanika [Mining equipment and electromechanics]. 2009. No. 7. 52–56 pp. (in Russian)
4. Borishansky K.N. Kolebaniya rabochikh lopatok turbomashin: ucheb. posobie [Vibration of turbine blades: a textbook]. Allowance: St. Petersburg: PIMash, 1995. 116 p. (in Russian)
5. Semenov Yu.A. Mechanics. Mekhanika. Teoriya mekhanicheskikh kolebanii: ucheb. posobie [Theory of mechanical vibrations: a textbook]. Allowance: St. Petersburg: Politekhn. un-t, 2008. 412 p. (in Russian)
6. Russky E.Yu. Issledovanie dinamicheskikh svoistv uzlov ventilyatorov v vozmushchennom vozdushnom potoke [Study of dynamic properties of ventilation units in disturbed air flow], Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. 2017. No. 2. 159–168 pp. (in Russian)
7. Razrabotka konstruktsii rotorov shakhtnykh osevykh ventilyatorov s povyshennymi skorostyami vrashcheniya proizvoditel'nost'yu v reversivnom rezhime [Development of rotor designs for mine axial fans with increased rotational speeds and performance in reverse mode], A.M. Krasyuk [et al.], Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh [Physics and Technical Problems of Mineral Development]. 2023. No. 5. P. 99–107 (in Russian)
8. Justification of the method of extending the service life of two-stage axial flow fans for main ventilation / A.M Krasyuk [et al.] // J. Min. Science. 2019. V. 55. No. 3. 478–493 pp. (in English)
9. Razrabotka i issledovanie prochnosti rabochikh lopatok s sotovoi strukturoi serdechnika dlya osevykh shakhtnykh ventilyatorov [Development and study of the strength of working blades with a cellular structural core for axial mine ventilators], A.M. Krasyuk [et al.], Gornoe oborudovanie i elektromekhanika [Mining equipment and electrical engineering]. 2017. No. 1. 3–6 pp. (in Russian)
10. Hao X., Jiang S., Wu C., Wang K., Xi S. (15 august 2023.). Experimental study on precise air demand control through the interaction of multiple main fans in a mine. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623017845?via%3Dihub (in English)
11. Yu B.S., Shao L.S. (May 2023). Mine ventilation system optimization method based on R2 index hybrid multi-objective equilibrium optimization algorithm. https://www.sciencedirect.com/ (in English)
12. Din Y., Wang Z., Jiang B., Xiao C., Yang S., Wu L., Se B. (July 2023). Numerical study of the effect of blade deformation laws on the flow separation angle of an axial fan. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1270963823001931?via%3Dihub (in English)

Сведения об авторах:
Иргибаев Т.И., к.т.н., ассоциированный профессор, НАО Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), *tuleukhan@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0003-2948-2683
Русский Е.Ю., д.т.н., СНС лаборатории рудничной аэродинамики ИГД СО РАН (г. Новосибирск, Россия), *geomining@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0006-3169-9696
Жунисбеков С., к.т.н., ассоциированный профессор, НАО Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), *zhunisbek.s@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0002-0543-0435
Имансакипова Н.Б., доктор Ph.D, ассоциированный профессор, НАО Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), *nurlanaimansakipova@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0002-3334-645X

Авторлар туралы мәліметтер:
Иргибаев Т.И., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» КЕАҚ, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Алматы қ., Қазақстан)
Русский Е.Ю., т.ғ.д., SNS шахталық аэродинамика зертханасы, Ресей ғылым академиясының Сібір филиалының тау-кен және тау-кен ісі институты (Новосибирск қ., Ресей)
Жүнісбеков С., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» КЕАҚ, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Алматы қ., Қазақстан)
Имансакипова Н.Б., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» КЕАҚ, Ph.D, қауымдастырылған профессор (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:
Irgibaev T.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, NAO Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)
Russkiy E.Yu., Doctor of Technical Sciences, Scientist of the Laboratory of Mine Aerodynamics, Institute of Mining SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Zhunisbekov S., Ph.D, Associate Professor, NAO Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)
Imansakipova N.B., Ph.D, Associate Professor, NAO Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

Код МРНТИ 86.40.00

М.М. Тайжигитова[1], *Б.Т. Уахитова[1], А.С. Сериков[2], Ж.Н. Юсупова[1]
[1]ZHUBANOV UNIVERSITY (Ақтөбе қ., Қазақстан),
[2]«М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті» КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ МЕТАЛЛУРГИЯ САЛАСЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ПРОБЛЕМАЛАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ КӨЗДЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ШЕШУДІҢ МҮМКІН ЖОЛДАРЫ

Андатпа. Металлургия өнеркәсібі қоршаған ортаны ластаудың жетекші көздерінің бірі болып табылады, бұл атмосфераға зиянды заттардың едәуір шығарылуына, қатты қалдықтардың пайда болуына және су объектілерінің ластануына байланысты. Қазақстанда XX ғасырдың бірінші жартысында салынған осы саланың кәсіпорындары экологияға зиянын тигізуде. Ластанудың негізгі көздеріне газдар, шаң, ағынды сулар мен токсиндердің шығарындылары жатады. Улы заттар, соның ішінде ауыр металдар топырақ пен суды ластайды, айналасындағы жүздеген шақырым экожүйелерге зиян келтіреді. Экологиялық проблемаларды шешудің бірі-қол жетімді ең жақсы технологияларды енгізу, жабдықты жаңарту және өндірістік процестерді жақсарту. Табысты күштің мысалы ретінде ауаны тазарту мен қалдықтарды қайта өңдеудің озық әдістері іске асырылатын Ақтөбе ферроқорытпа зауыты болып табылады, бұл шығарындыларды азайтуға және экологиялық қауіпсіздікті жақсартуға көмектеседі.
Түйінді сөздер: *экология, қалдықтар, қара металлургия, техногендік әсер, металлургиялық кәсіпорын, ауыр металдар, зиянды шығарындылар.*

The main sources of environmental problems of the metallurgical industry of the Republic of Kazakhstan and possible ways to solve them

Abstract. The metallurgical industry is one of the leading sources of environmental pollution, which is caused by significant emissions of harmful substances into the atmosphere, the formation of solid waste and pollution of water bodies. In Kazakhstan, enterprises of this industry, built in the first half of the 20th century, continue to harm the environment. Among the main sources of pollution are emissions of gases, dust, sewage and slags. Toxic substances, including heavy metals, pollute the soil and water, harm ecosystems for hundreds of kilometers around. One of the solutions to environmental problems is the introduction of the best available technologies, modernization of equipment and improvement of production processes. An example of successful efforts is the Aktobe Ferroalloy Plant, which implements advanced methods of air purification and waste recycling, which helps reduce emissions and improve environmental safety.
Key words: *ecology, waste, ferrous metallurgy, man-made impact, metallurgical enterprise, heavy metals, harmful emissions.*

Основные источники экологических проблем металлургической отрасли Республики Казахстан и возможные пути их решения

Аннотация. Металлургическая промышленность является одним из ведущих источников загрязнения окружающей среды, что обусловлено значительными выбросами вредных веществ в атмосферу, образованием твердых отходов и загрязнением водоемов. В Казахстане предприятия данной отрасли, построенные в первой половине XX века, продолжают наносить вред экологии. Среди основных источников загрязнения – выбросы газов, пыли, сточных вод и шлаков. Токсичные вещества, включая тяжелые металлы, загрязняют почву и воду, наносят вред экосистемам на сотни километров вокруг. Одним из решений экологических проблем является внедрение наилучших доступных технологий, модернизация оборудования и улучшение производственных процессов. Примером успешных усилий является Актюбинский завод ферросплавов, где реализуются передовые методы очистки воздуха и переработки отходов, что помогает снижать выбросы и улучшать экологическую безопасность.
Ключевые слова: *экология, отходы, черная металлургия, техногенное воздействие, металлургическое предприятие, тяжелые металлы, вредные выбросы.*

Кіріспе

Бүгінгі таңда металлургия саласының ең өзекті мәселелерінің бірі қоршаған ортаның айтарлықтай ластануы болып табылады. Бұл сала атмосфераға зиянды заттар шығарындыларының көлемі және барлық өндірістік секторлар арасында әртүрлі қатты қалдықтардың пайда болуы бойынша жетекші орын алады. Металлургиялық кәсіпорындар экожүйеге нақты қауіп төндіреді.

Металлургиялық кәсіпорындардың қоршаған ортаға және оның күйіне техногендік әсерін қарастыратын көптеген әдеби көздер бар [1–4]. Жаһандық ауқымда жыл сайын миллиардтаған тонна минералды шикізат, отын, су және атмосфералық оттегі тұтынылады, соңғы өнімге пайдаланылған табиғи ресурстардың шамамен 1%-ы ғана өңделеді. Атмосфераға шамамен 1 миллиард тонна аэрозольдар мен газдар (CO, SO2, NO, NO2 қосқанда), сондай-ақ ұқсас мөлшерде күйе шығарылады. Қара металлургия кәсіпорындарының шаңында ауыр металдардан басқа кальций мен магний қосылыстары бар, бұл қара металлургия кәсіпорындарына іргелес аумақтардың топырақтарының сілтіленуіне әкеледі және ландшафттардағы динамикалық процестерді өзгертеді. Су қоймаларына 500 млрд тоннадан астам өнеркәсіптік және тұрмыстық ағынды келеді. Көптеген тау-кен және металлургия компаниялары нөлдік шығарындыларға қол жеткізе отырып, декарбонизация мақсатын қойды [5].

ҚР ҚОжСРМ[1] және мемлекеттік статистиканың федералды қызметінің (Росстат) ақпараты бойынша, металлургия өнеркәсібі энергетика секторынан кейін қоршаған ортаға әсер ету қарқындылығы бойынша екінші орында тұр. Қара және түсті металлургия өнімдері атмосфераға зиянды заттардың барлық шығарындыларының үшінші бөлігінің көзі болып табылады, сондай-ақ өнеркәсіп өндірісінің жалпы көлеміндегі осы салалардың үлесі небәрі 17%-ын құрайды [6].

Металлургияның экологиялық проблемаларының негізгі көздері. Қазақстанда тау-кен және металлургия саласының кәсіпорындары қоршаған ортаның едәуір ластануын тудырады. Мұндай нысандардың көпшілігі XX ғасырдың бірінші жартысында, кәсіпорындардың, зауыттардың және ұйымдардың табиғатты қорғау қызметі басымдыққа ие болмаған кезде салынған. Метал-

[1]*Ауыр металдар бойынша жағдайға шолу және Қазақстандағы АҚАТЛТК хаттамаларын ратификациялау жоспарлары. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/AIR/WGSR/10_Kazakhstan_March_4_2014.pdf (қол жеткізу күні: 15.12.2024).*

лургиялық кәсіпорын-бұл әртүрлі цехтарды қамтитын күрделі өндірістік кешен. Бұл кәсіпорындардың жұмыс процесінде газдар, шаң, токсиндер, ағынды сулар, қоқыс және басқа да ластаушы заттар қарқынды түрде шығарылады. Қатты қалдықтар өндірістің барлық кезеңдерінде түзіледі және олардың тек 34%-ы ғана пайдаға жаратуға жатады. Металлургиялық қождарда темір, фосфор және басқа химиялық элементтер бар. Шламдар темірден (шамамен 50%) және шаңнан тұрады. Жел бұл материалдарды қалаларды, елді мекендерді, су айдындарын, ауылшаруашылық жерлерін және ормандарды қоса алғанда, іргелес аумақтарға тасымалдайды. Ауыр металдардың уыттылығы соншалық, олар топырақты қалдықтар жиналатын жерлерден 200 км қашықтықта ластауы мүмкін, ал шығарындылар көздерінен 100 км қашықтықта барлық өсімдіктер толығымен өледі.

Жауын-шашыннан кейін топырақ үйінділерден сілтісіздеу нәтижесінде пайда болатын заттармен ластанады, бұл жерді, тіпті қалдықтардан тазартылған жерді ұзақ уақыт егіншілікке жарамсыз етеді. Жер асты суларына да, жер үсті суларына да айтарлықтай зиян келтіріледі, өйткені өндіру процесінде табиғи су режимі мен тепе-теңдік өзгереді. Жүздеген мың шаршы шақырымды қамтитын және жер асты суларының деңгейінің бірнеше жүз метрге төмендеуіне әкелетін «депресиялық ойыңқы» пайда болады. Металлургиялық кәсіпорындардың қалдықтары биосфераны ластайды, бұл табиғат пен адам денсаулығына жойқын әсер етеді.

Экологиялық мәселелерді шешудің ықтимал тәсілдері. Халықаралық аренада климаттың өзгеруі және қоршаған ортаны қорғау мәселелері маңызды бола түсуде. Бұл бірлескен ынтымақтастық пен жобаларға ғана емес, елдер арасындағы бәсекелестікке де әсер етеді. Жыл сайын қатайып келе жатқан экологиялық талаптар әлемдік нарықтан экологиялық стандарттарға сәйкес келмейтін компаниялар мен технологияларды біртіндеп алып тастайды.

Ауыр металдар топырақта, суда, өсімдіктерде, тамақ өнімдерінде, сондай-ақ адам ағзасында жиналуға бейім. Австралиялық зерттеуші Энтони Феннелли, Квинсленд университетінің докторы Энтони ван дер Энт, Мельбурн университетінің профессоры Алан Бейкер кейбір өсімдіктердің топырақтан металл қосылыстарын алуға қабілетті екенін анықтады. Олар «агромайнинг» – құрамында металы бар өсімдіктерді өсіру – болашақты энергиямен қамтамасыз етуге көмектеседі деп санайды, гипераккумуляторларды – топырақтан металдардың жоғары деңгейін сіңіретін өсімдіктерді пайдалану перспективаларын қарастырады. Агромайнинг немесе фитомайнинг деп аталатын бұл процесс дәстүрлі тау-кен жұмыстарына экологиялық тұрақты балама бола алады. Доктор Энтони ван дер Энт сияқты ғалымдар макадамия және басқа түрлер сияқты өсімдіктердің никель, марганец және мырыш сияқты металдарды сіңіру қабілетін зерттеп жатыр. Бұл металдарды өндіру үшін «металл фермаларын» құруға және тау-кен жұмыстарынан зақымдалған экожүйелерді қалпына келтіруге әкелуі мүмкін[2].

2023 жылы Қазақстан Республикасының Үкіметі өнеркәсіптің негізгі салалары үшін таңдамалы қолжетімді технологиялар (ТҚТ) бойынша 16 анықтамаларды бекітті. Анықтамалар ресми сайтта орналастырылған және еркін қол жетімді [7]. Экологиялық кодекске сәйкес, ТҚТ адам қызметінің қоршаған ортаға теріс әсерін болдырмауға немесе толық алып тастау мүмкін болмаған жағдайда азайтуға бағытталған технологиялық нормалар мен экологиялық стандарттарды қалыптастыру үшін өзінің практикалық қолданылуын көрсететін қызметті жүргізудің ең тиімді және озық әдістерін білдіреді. ТҚТ енгізу ластанудың жан-жақты алдын алуға және экология үшін жағымсыз әсерлерді бақылауға бағытталған.

Материалдар мен әдістер

Қазіргі уақытта Қазақстанның металлургия саласындағы жабдықтардың тозуының жоғары деңгейі ресми статистикамен және сараптамалық деректермен расталады, онда металлургияның негізгі қорларының тозуы 50-ден 70%-ға дейін және одан да көпке жетеді. Елдегі металлургиялық кәсіпорындардың көпшілігі 70–80 жылдары салынған пештерді пайдаланады. Қазақстанда пештердің 80%-ы айтарлықтай тозу жағдайында. Жабдықтың моральдық ескіруінің маңыздылығы оның техникалық қызмет көрсету мен басқарудан көбірек назар аударуды қажет ететіндігінде ғана емес, сонымен қатар бұл пештер таусылған кенмен жұмыс істеуге арналмағандығында, бұл оларды пайдалануды экономикалық тұрғыдан қымбаттатады. Егер бұрын қалдықтар шамамен 14% концентрация деп саналса, қазір хромды бөліп алуға және құрамында 6–7%-дан аспайтын қалдықтарды қалдыруға мүмкіндік беретін жаңа әдістер әзірленуде [8, 9].

Табиғи ортаның негізгі құрамдас бөліктерінің бірі ретінде атмосфералық ауа сапасы жобаланған нысандардың қоршаған ортаға және қоғамдық денсаулыққа әсерін бағалаудың маңызды аспектісі болып табылады. Атмосфералық ауаның химиялық заттармен ластануы халықтың денсаулығына, қоршаған аумақтың жануарлар мен өсімдіктер әлеміне теріс әсер етуі мүмкін. Жоспарланған қызметтің атмосфералық ауаға әсері атмосфералық ауа сапасына қойылатын заңнамалық және нормативтік талаптарды сақтау тұрғысынан бағаланады.

Қазіргі уақытта қазіргі заманғы өндірістерді дамытудың негізгі қағидаттарының бірі экономикалық даму экология есебінен болмауы керек. Ақтөбе ферроқорытпа зауытының экологиялық саясаты оның өндірістік қызметінің әсер ету ауданындағы табиғи ортаны барынша сақтауға, сондай-ақ озық технологияларды енгізу арқылы жаһандық қоршаған ортаны қорғауға бағытталған. Зауытта жаңа экологиялық тәсіл жүзеге асырылуда, оған сәйкес адам әрекетінің нәтижесінде қоршаған ортаның жағымсыз өзгерістерін болдырмау олардың салдарын жоюдан гөрі оңайырақ.

Экологиялық мәселені шешудің тағы бір әдісі-технологияны жетілдіру. Металлургиялық процестердің технологияларын жетілдіру және жаңа жабдықты қолдану

[2]*Энтони Фаннелл. «Агрономия» – құрамында металл бар ауылшаруашылық зауыттары – болашақты нығайтуға қалай көмектесе алады: электрондық ресурс. URL: https://www.abc.net.au/news/2021-04-09/trees-that-bleed-metal-could-help-power-the-future/100051066 (қол жеткізу күні:15.12.2024)*

арқылы шығарындыларды бірнеше есе азайтуға қол жеткізуге болады.

Жыл сайын «Қазхром» ТҰК АҚ филиалы Ақтөбе ферроқорытпа зауыты облыстық аумақтық қоршаған ортаны қорғау басқармасымен (ОАҚОҚБ) келісілген табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлейді. Жыл сайын № 1 балқыту цехынан газ тазалаудағы жеңдік сүзгілерін ауыстыру жүргізіледі. Зауытқа ағынды суларды тазартуды және тазартылған суды қайта пайдалануды қамтамасыз ететін автопаркке арналған жуу ғимараты салынды (яғни, айналым циклі ұйымдастырылған). 2016 жылы жоғары көміртекті феррохром шлактарын қайта өңдеу жұмыстары аяқталды. Бұл қождар 1943 жылдан бері жинақталған. 1991 жылы жоғары көміртекті феррохромның ағынды және үйінді (жатып қалған) қождарын қайта өңдеу цехы құрылды. Қождар толығымен тауарлық өнімге – қиыршық тасқа айналады. 15 жыл ішінде 4 миллион тоннадан астам жатып қалған қождар қайта өңделді.

Қазіргі уақытта АСФ жоғары көміртекті феррохромның ағымдағы қождарын қайта өңдеуде. № 4 балқыту цехының аспирациялық қондырғыларын қайта құру; балқыту пештерінен жаңа газ тазартуды салу және пайдалануға беру табиғатты қорғаудың ірі шарасы болды. Айта кету керек, бұл газ тазарту түбегейлі жаңа. Тазарту деңгейі 99,3% құрайды.

Қожды өңдеудің әртүрлі сатыларында жабдықтың жұмыс үрдісінде пайда болатын, шаң мен зиянды заттардан ауаны тазалауға арналған № 4 балқыту цехының ұсақтап-сұрыптау кешенінің аспирациялық жүйесін қарастырайық.

Жұмыстың бірінші кезеңінде қож ұсақтап-сұрыптау кешеніне түседі, онда оны салқындату, ұсақтау және сұрыптау жүреді. Жұмыс барысында атмосфераға шаң шығарындыларын азайту үшін бірнеше аспирациялық жүйелер қолданылады, олардың әрқайсысы белгілі бір өңдеу кезеңіне жауап береді.

№ 4 балқыту цехының ұсақтап-сұрыптау кешенінің (ҰСК) аспирациялық жүйелерін салу кезеңі барлық жұмыстарды, соның ішінде атмосфераға ластаушы заттардың түсуіне әкелетін жұмыстарды қамтиды. Жұмыстың негізгі түрлері: алаңды жоспарлау, іргетастарға, траншеяларға арналған шұңқырларды қазу; дәнекерлеу; арматураны кесу; бояу. Ұнтақтап сұрыптау кешенінің жұмыс процесінде технологиялық жабдықты шаңсыздандыру үшін қолданыстағы V7, V8, V9 аспирациялық жүйелері қолданылады. Бастапқы ұсақтау процесін шаңсыздандыру (жақты ұсатқыш) V7 аспирация жүйесімен жүзеге асырылады. Екінші ұсақтау процесін шаңсыздандыру (конустық ұсатқыштар) V8 аспирация жүйесімен жүзеге асырылады. Материалды сұрыптау процесін шаңсыздандыру (елек) V9 аспирация жүйесімен жүзеге асырылады. № 4 балқыту цехының ұсақтап-сұрыптау кешенінің аспирациялық жүйелерінің объектілерін салу кезінде зиянды заттар шығарындыларының 3 көзі – 3 ұйымдастырылмаған анықталды [10].

Пайдалану кезеңі. Себ орындарынан сорылатын ауаның ұлғаюына және кешеннің жұмыс режимінің өзгеруіне байланысты 4-ші цехтың ҰСК шығарындыларының барлық көздері қаралды. Кешеннің жұмысы кезінде шығарылатын ластаушы заттар нақтыланды. Газ тазарту жүйелерін пайдалану кезіндегі негізгі ластаушы заттар: бейорганикалық шаң SiO2 20%, бейорганикалық шаң 70% SiO, PM 2,5 қалқыма бөлшектер. Ферроқорытпа зауыты № 4 цех ҰСК-де жұмысы кезінде атмосфераға ластаушы заттар шығарындыларының көздеріне келесілер жатады: 01 ұйымдастырылмаған көзі – қожды қалдыруға арналған секциялардағы жұмыстар (Гидробалға. Қожды тиеу); ұйымдастырылмаған көзі 02 – қожды ҰСК-не дейін тасымалдау; ұйымдастырылмаған көзі 03-ҰСК; ұйымдастырылмаған көзі 04-қиыршық тасты дайын өнім қоймасына дейін тасымалдау; ұйымдастырылмаған көзі 05-қиыршық тас дайын өнім қоймасы. № 4 цехтың ферроқорытпа зауытының ұйымдастырылған көздері: 1 – ҰСК, АТУ V1; 2 – ҰСК, АТУ V2, 3 – ҰСК, АТУ V3. № 4 БЦ ҰСК аспирация жүйелерін пайдалану кезінде зиянды заттар шығарындыларының 8 көзі ірілендірілген, оның ішінде 5 ұйымдастырылмаған, 3 – ұйымдастырылған. Құрылыс кезінде стационарлық көздерден атмосфераға келесі ластаушы қоспалар шығарылады: темір (II, III) оксидтері/в; марганец және оның қосылыстары/в; азот (IV) диоксиді (4); азот (II) оксиді (6); көміртек оксиді (594); фторлы газ тәрізді қосылыстар; бейорганикалық фторлар нашар еритін; бейорганикалық шаң 20–70%; ксилол; толуол; н-бутил спирті; этанол; этилкарбитол; этиленгликоль; бутилацетат; пропан-2-он; уайт-спирт; керосин; мұнай бензині; С1–С5; С6–С10; көмірсутектер непред. амилендер бойынша; этилбензол. Ластаушы заттардың ШЖШ анықтау үшін шығарындылар санын есептеу объектідегі барлық жобаланатын өндірістік объектілердің пайдаланылуын ескере отырып жүргізіледі. Пайдалану кезеңінде атмосфераға шығарылатын ластаушы заттардың тізбесі 1-кестеде келтірілген.

Пайдалану кезінде бөлінді көздерінен атмосфераға жылына 182,5672 тонна шығарылады. Жоспарланған іс-шараларға дейінгі және кейінгі шығарындыларды салыстыру үшін кесте құрылды. Кестеден көріп отырғанымыздай, шығарындылар 20,51883 г/сек, 316,86157 т/жыл, 13,381603 г/сек, 182,5672 т/жылға дейін төмендейді. Бұл ретте: тозаңдану орындарынан алынатын ауа көлемін ұлғайту есебінен ұйымдасқан көздерден – ҰСК АТУ шығарындыларының ұлғаюы; тозаңдану орындарынан алынатын ауа көлемін ұлғайту және кәсіпорынның жұмыс режимі мен шаң бөлу үшін пайдаланылатын В2 су құбырының төсенішін өзгерту есебінен ұйымдастырылмаған ҰСК көздерінен шығарындылардың азаюы байқалады.

Атмосфераға шығарындыларды азайту жөніндегі іс-шаралар кешені. № 4 балқыту цехының аспирациялық ҰСК құрылысы учаскесінде жобаланатын объектілердің технологиялық процестерінің әсерін азайту үшін атмосфералық ауаның жай-күйі бойынша аз қалдықты технологияларды пайдалануға, ластаушы заттар шығарындыларының көлемін азайтуға, жер бетіндегі концентрацияларды төмендетуге және атмосфераға зиянды заттардың артық және авариялық шығарындыларының алдын алуға негізделген жоспарлы, технологиялық және арнайы іс-шаралар кешені көзделеді.

Қалдығы аз технологияларды қолдану жөніндегі негізгі технологиялық шешімдер мынадай: жұмыстарды жүр-

Кесте 1

Пайдалану кезеңінде атмосфераға шығарылатын ластаушы заттардың тізбесі

Table 1

The list of pollutants released into the atmosphere for the period of operation

Таблица 1

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу на период эксплуатации

Заттар атауы	ШЖШ макс. бір берітелетін, мг/м^3	ШЖШ орта тәуліктікӘсер етудің көзделген қауіпсіз деңгейі, мг/м^3	Қауіп класы	Зат шығарындысы, г/с	Зат шығарындысы, т/жыл	Ластаушы заттар шығыны, т/жыл	Шартты зааттар шығарындысы т/жыл
РМ 10 (116) қалқыма бөлшектері	0,3	0,06		3,4755	50,2138	836,8967	836,896667
РМ 2.5 (117) қалқыма бөлшектері	0,16	0,035		6,7413	78,9662	2256,1771	5556,17714
Қалқыма бөлшектер	0,5	0,15	3	2,885203	49,6616	331,0773	331,077333
Бейорганикалық шаң: 70–20% кремний диоксиді (шамот, цемент, цемент өндірісінің шаңы-саз, сазды шифер, домна қожы, құм, клинкер, күл, кремнезем, қазақстандық кен орындарының көмір күлі) (503)	0,3	0,1	3	0,2796	3,7256	37,256	37,256
				13,381603	182,5672	3461,4	3461,40714

Кесте 2

Ластаушы заттар шығарындыларын азайту жөніндегі техникалық іс-шаралар жоспары

Table 2

Plan of technical measures to reduce pollutant emissions

Таблица 2

План технических мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ

Іс – шара атауы	Заттар атауы	Шығарынды көзі	Шығарынды мәні			
			Іс – шараны жүзеге асырғанға дейін		Іс – шараны жүзеге асырған соң	
			г/с	т/жыл	г/с	т/жыл
АТУ V7	РМ 2.5 қалқыма бөлшектері	1 көз			0,04444	1.27
	20% төмен бейорганикалық шаң		0,00058	0,01825		
АТУ V8	РМ 2.5 қалқыма бөлшектері	2 көз			0,04444	1.27
	20% төмен бейорганикалық шаң		0,00164	0,05184		
АТУ V9	РМ 2.5 қалқыма бөлшектері	3 көз			0,09722	2,77
	20% төмен бейорганикалық шаң		0,00081	0,02548		
	Қалқыма бөлшектер	01			0,247	3,192
	20% төмен бейорганикалық шаң		0,465	9,912		
	Қалқыма бөлшектер	02			0.000503	0.012
	70-20% бейорганикалық шаң				0.0699	1.733
	20% төмен бейорганикалық шаң		0,0704	1,948		
	РМ 10 қалқыма бөлшектері	03			0,915	25,959
	РМ 2,5 қалқыма бөлшектері				1,3747	39,0514
	Қалқыма бөлшектер				1,0472	29,1028
	20% төмен бейорганикалық шаң		5,75	179,758		

Продолжение таблицы 2

Іс – шара атауы	Заттар атауы	Шығарынды көзі	Шығарынды мәні			
			Іс – шараны жүзеге асырғанға дейін		Іс – шараны жүзеге асырған соң	
			г/с	т/жыл	г/с	т/жыл
	РМ 10 қалқыма бөлшектері	04			0,0005	0,0048
	РМ 2,5 қалқыма бөлшектері				0,0005	0,0048
	Қалқыма бөлшектер				0,0005	0,0048
	70-20% бейорганикалық шаң				0,2097	1,9926
	20% төмен бейорганикалық шаң		0,0704	1,948		
	РМ 10 қалқыма бөлшектері	05			2,56	24,25
	РМ 2,5 қалқыма бөлшектері				5,18	34,6
	Қалқыма бөлшектер				1,59	17,35
	20% төмен бейорганикалық шаң		14,16	123,2		
	Жалпы кәсіпорын бойынша барлық іс-шаралардың нәтижесінде		20,51883	316,86157	13,381603	182,5672

гізуді мұқият технологиялық регламенттеу; жабдықтарды тұрақты техникалық қарап-тексеруді жүргізу, ақауы бар материалдар мен жабдықтарды ауыстыру; ластанған ауаны қайта себу тораптарынан шығару үшін жоғары дәрежеде тазаланатын жабдықтарды орнату; атмосфералық ауаның күйіне бақылау жүргізу және ластаушы заттардың концентрациясы жоғарылаған жағдайда қажетті шараларды қабылдау; ластанған ауа ағынына механикалық кедергі болып табылатын және қосымша шашырау кезінде жерге жақын зиянды заттардың шоғырлануын кемінде 20% төмендететін ағаштар мен бұталарды отырғыза отырып, барынша көгалдандыруды көздейтін аумақты абаттандыра отырып, санитариялық-қорғау аймағын ұйымдастыру. Барлық іс-шаралар шығарындыларды азайтудың заманауи техникалық-экономикалық әдісіне сәйкес келеді және жабдықтың сенімділігін төмендетпейді. Сондықтан атмосфералық ауаны қорғау жөніндегі ұсынылып отырған іс-шаралар кешенін іске асыру өндірістік процесті және экологиялық бақылау процестерін жақсы ұйымдастырумен бірге шығарындылардың шекті мәндерінің (ШЖШ) сақталуын қамтамасыз етуге және № 4 цехты пайдалану кезінде ауа бассейніне теріс жүктемені азайтуға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Бүгінгі таңда металлургия саласы қоршаған ортаны ластаудың негізгі көздерінің бірі болып қала береді. Табиғатты қорғау бағытында айтарлықтай күш-жігерге қарамастан, бұл саланың кәсіпорындары атмосфераға зиянды заттардың үлкен көлемін бөліп, су объектілері мен топырақты ластап, экожүйелерге айтарлықтай зиян келтіреді. Бұл мәселелерді шешудің маңыздылығы тек жергілікті экологиялық зардаптарға ғана емес, сонымен қатар климаттың өзгеруіне және экожүйелердің тұрақтылығына байланысты жаһандық сын-қатерлерге байланысты. Қазіргі экологиялық талаптар мен әлемдік нарықтағы бәсекелестіктің артуы жағдайында металлургия өнеркәсібі ең жақсы қол жетімді технологияларды (ЕЖҚЖТ) енгізу және қалдықтарды өңдеудің инновациялық әдістерін әзірлеу қажеттілігіне тап болады. Мұндай технологияларды қолдану ластаушы заттардың шығарындыларын едәуір төмендетіп, табиғатқа жағымсыз әсерлерді азайтуы мүмкін. Атап айтқанда, агромайнинг әдістерін дамыту, Ақтөбе ферроқорытпа зауыты сияқты кәсіпорындардағы экологиялық процестерді жақсарту және қождарды қайта өңдеу жүйелерін енгізу тұрақты өндіріске қол жеткізудегі маңызды қадамдар болып табылады.

Алайда, металлургия саласының экологиялық проблемаларын толыққанды шешу үшін технологияларды жетілдіру ғана емес, сонымен қатар қалдықтарды басқаруды жақсартуды, энергия тиімділігін арттыруды, сондай-ақ экологиялық күйдің тұрақты мониторингін енгізуді қамтитын кешенді тәсіл қажет. Ақтөбе зауыты сияқты кешенді бағдарламаларды әзірлеу және енгізу дәстүрлі өндірістік процестерге экологиялық таза технологияларды табысты интеграциялаудың үлгісі бола алады. Сайып келгенде, бұл зиянды заттардың шығарындыларын азайтып қана қоймай, сонымен қатар Қазақстанда және одан тыс жерлерде металлургия өнеркәсібінің тұрақты дамуына ықпал ете отырып, ұзақ мерзімді экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Алғыс

Мақалада 2024–2026 ж.ж. ғылыми, ғылыми-техникалық бағдарламалар бойынша бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде ЖТН-BR24992882 «Өңірдегі экологиялық жағдайды жақсарта отырып, өндірістік қалдықтарды қайта өңдеудің жаңа технологияларын әзірлеу» тақырыбындағы ғылыми-техникалық бағдарламаны іске асыру барысында алынған ғылыми зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Стародубцев И.А., Елохин Ф.П. Қара және түсті металлургия және атом өнеркәсібі кәсіпорындарына іргелес аумақтарда экологиялық жағдайды бақылаудың автоматтандырылған жүйелерін пайдалану туралы мәселеге // Ядролық, радиациялық және экологиялық қауіпсіздік. 2015. № 4 (17). Б.15–34 (орыс тілінде)*
2. *Кисилева Т.В., Михайлов В.Г., Степанов И.Г. Кокс-химия кәсіпорнының экологиялық-экономикалық жүйесін басқару // Жоғары оқу орындарының жаңалықтары. Қара металлургия. 2018. Т. 61. № 10. Б. 818–823 (орыс тілінде)*
3. *Коряков А.Е., Шишкина А.А., Шишкина П.А. Металлургия өнеркәсібі кәсіпорындарының қоршаған ортаға және адам денсаулығына әсері // Тула мемлекеттік университетінің жаңалықтары. Техникалық ғылымдар. 2019. Шығ. 9. Б. 275–278 (орыс тілінде)*
4. *Дуйсекенов Р.К., Маздубай А.В. Металлургия зауыттарының газ тазарту шаңы мен шламы және оларды пайдаға жарату жолдарын талдау // Қазақстан ғылымы мен техникасы. 2020. № 3. Б. 29–35 (орыс тілінде)*
5. *Қазақстан Республикасы өнеркәсібінің жай-күйі туралы Ұлттық баяндама, Астана қ., 2023 ж. (қазақ тілінде)*
6. *Қоршаған ортаны қорғаудың негізгі көрсеткіштері: Статистикалық бюллетень: М.: Росстат, 2021. Б. 110 (орыс тілінде)*
7. *Қол жетімді ең жақсы әдістерге бойынша нұсқаулық (ЕӘН). 2023 жылғы 29 желтоқсандағы № 1252 (орыс тілінде)*
8. *Тау-кен және қайта өңдеу өндірісіндегі шаң деңгейін төмендету үшін технологиялық жабдықты экологиялық модернизациялау аспектілері. / Есенов М.К. [және т. б.] // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетені. 2023. № 10. Б. 136–148 (ағылшын тілінде)*
9. *Kim J., Yoon C. Ауа сапасын бақылау үшін аэрозоль бөлшектерін ұстау технологияларындағы жетістіктер // Таза энергия және қоршаған орта журналы. 2017. № 3 (1). Б. 25–31 (ағылшын тілінде)*
10. *Қоршаған ортаны қорғау. 13/615-ДСК-600-ҚОҚ, Аспирациялық қондырғыларды қайта құру, 2019. Т. 4. 119 б. (орыс тілінде)*

REFERENCES

1 *Starodubtsev I.A., Elokhin F.P. K voprosu ob ispol'zovanii avomatizirovannykh sistem kontrolya ekologicheskoi obstanovki na territoriyakh, prilegayushchikh k predpriyatiyam chernoi i tsvetnoi metallurgii i atomnoi promyshlennosti [On the issue of the use of automated environmental control systems in the territories adjacent to enterprises of ferrous and non-ferrous metallurgy and the nuclear industry], Yadernaya, radiatsionnaya i ekologicheskaya bezopasnost' [Nuclear, Radiation and Environmental Safety]. 2015. No. 4 (17). 15–34 pp. (in Russian)*
2. *Kisileva T.V., Mikhailov V.G., Stepanov I.G. Upravlenie ekologo-ekonomicheskoi sistemoi koksokhimicheskogo predpriyatiya [Management of the ecological and economic system of the coke chemical enterprise], Izvestie vysshikh uchebnykh zavedenii. Chernaya metallurgiya [News of higher educational institutions. Ferrous metallurgy]. 2018. V. 61. No. 10. 818–823 pp. (in Russian)*
3. *Koryakov A.E., Shishkina A.A., Shishkina P.A. Vliyanie predpriyatii metallurgicheskoi promyshlennosti na okruzhayushchuyu sredu i zdorov'e cheloveka [The impact of metallurgical industry enterprises on the environment and human health], Izvestie Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheckie nauki [The news of Tula State University. Technical Science]. 2019. Issue 9. 275–278 pp. (in Russian)*
4. *Duisekenov R.K., Mazdubai A.V. Pyl' i shlam gazoochistok metallurgicheskikh zavodov i analiz putei ikh utilizatsii [Dust and sludge of gas cleaners of metallurgical plants and analysis of ways of their utilization], Nauka i tekhnika Kazakhstana [Science and Technology of Kazakhstan]. 2020. No. 3. 29–35 pp. (in Russian)*
5. *National report on the state of industry of the Republic of Kazakhstan, Astana, 2023 (in Kazakh)*
6. *Osnovnye pokazateli okhrany okruzhayushchei sredy: Statisticheskii byulleten' [The main indicators of environmental protection: Statistical Bulletin], Moscow: Rosstat, 2021. P. 110 (in Russian)*
7. *Spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnikam (NDT) [Handbook of the Best available Techniques (NDT)]. Dated December 29, 2023, No. 1252 (in Russian)*
8. *Aspects of ecological modernization of technological equipment to reduce the level of dust from mining and processing production / Yessenov M.K. [et al.] // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2023. No. 10. 136–148 pp. (in English)*
9. *Kim J., Yoon C. Advances in aerosol particle capture technologies for air quality control // Journal of Clean Energy and Environment. 2017. No. 3 (1). 25–31 pp. (in English)*

10. *Okhrana okruzhayushchei sredy. 13/615-DSK-600-OOS, Rekonstruktsiya aspiratsionnykh ustanovok [Environmental protection. 13/615-DSK-600-OOS, Reconstruction of aspirated plants], 2019. V. 4. 119 p. (in Russian)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Стародубцев И.А., Елохин Ф.П. К вопросу об использовании авоматизированных систем контроля экологической обстановки на территориях, прилегающих к предприятиям черной и цветной металлургии и атомной промышленности // Ядерная, радиационная и экологическая безопасность. 2015. № 4 (17). С. 15–34 (на русском языке)*
2. *Кисилева Т.В., Михайлов В.Г., Степанов И.Г. Управление эколого-экономической системой коксохимического предприятия // Известие высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 10. С. 818–823 (на русском языке)*
3. *Коряков А.Е., Шишкина А.А., Шишкина П.А. Влияние предприятий металлургической промышленности на окружающую среду и здоровье человека // Известие Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. Вып. 9. С. 275–278 (на русском языке)*
4. *Дуйсекенов Р.К., Маздубай А.В. Пыль и шлам газоочисток металлургических заводов и анализ путей их утилизации // Наука и техника Казахстана. 2020. № 3. С. 29–35 (на русском языке)*
5. *Национальный доклад о состоянии промышленности Республики Казахстан, г. Астана, 2023 г. (на казахском языке)*
6. *Основные показатели охраны окружающей среды: Статистический бюллетень: М.: Росстат, 2021. С. 110 (на русском языке)*
7. *Справочник по наилучшим доступным техникам (НДТ). От 29 декабря 2023 года № 1252 (на русском языке)*
8. *Аспекты экологической модернизации технологического оборудования для снижения уровня запыленности горно-обогатительных производств / Есенов М.К. [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 10. С. 136–148 (на английском языке)*
9. *Kim J., Yoon C. Достижения в области технологий улавливания аэрозольных частиц для контроля качества воздуха // Журнал чистой энергии и окружающей среды. 2017. № 3 (1). С. 25–31 (на английском языке)*
10. *Охрана окружающей среды. 13/615-ДСК-600-ООС, Реконструкция аспирационных установок, 2019. Т. 4. С. 119 (на русском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:

Тайжигитова М.М., «Металлургия және тау-кен ісі» кафедрасының аға оқытушысы, ғылым магистрі Қ. Жубанов атындағы Ақтөбе Өңірлік университеті КеАҚ (Ақтөбе қ., Қазақстан), *kipma2020@mail.ru*; https://orcid.org/0009-0005-2635-3431

Уахитова Б.Т., «Металлургия және тау-кен ісі» кафедрасының меңгерушісі Ph.D Қ. Жубанов атындағы Ақтөбе Өңірлік университеті КеАҚ (Ақтөбе қ., Қазақстан), *Uakhitova_bt@mail.ru;* https://orcid.org/0000-0003-1156-8809

Сериков А.С., 8D07180 – «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» ББ, «М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті» КеАҚ (Шымкент қ., Қазақстан), *Ablay.s.94@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0004-2236-9455

Юсупова Ж.Н., «Металлургия және тау-кен ісі» кафедрасының аға оқытушысы, техника және технологиялар магистрі Қ. Жубанов атындағы Ақтөбе Өңірлік университеті КеАҚ (Ақтөбе қ., Қазақстан), *bright.moon.85@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0002-6285-5234

Information about the authors:

Taizhigitova M., Master of Science, Department of Metallurgy and Mining, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov NCJSC (Aktobe, Kazakhstan)

Uakhitova B., Ph.D, Head of the Department of Metallurgy and Mining, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov NCJSC (Aktobe, Kazakhstan)

Serikov A.S., doctoral student of the EP 8D07180 – «Technological machines and equipment», «South Kazakhstan Research University named after M. Auezov» NCJSC (Shymkent, Kazakhstan)

Yussupova Zh.N., Master of Engineering and Technology, Senior lecturer Department of Metallurgy and Mining, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Тайжигитова М.М., магистр наук, ст. преподаватель кафедры «Металлургия и горное дело» НАО Актюбинского регионального университета им. К. Жубанова (г. Актобе, Казахстан)

Уахитова Б.Т., Ph.D, заведующий кафедры «Металлургия и горное дело» НАО Актюбинского Регионального университета им. К. Жубанова (г. Актобе, Казахстан)

Сериков А.С., докторант ОП 8D07180 – «Технологические машины и оборудование», НАО «Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)

Юсупова Ж.Н., магистр техники и технологии, ст. преподаватель кафедры «Металлургия и горное дело» НАО Актюбинского регионального университета им. К. Жубанова (г. Актобе, Казахстан)

TECH MINING RUSSIA

www.techmining.ru

7-Я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

СТРОИТЕЛЬСТВО, МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

17-18 сентября 2025 | Москва
Novotel Moscow City

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

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

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

▪ набор статьи производится в текстовом редакторе Word шрифтом Times New Roman 12 кеглем с полуторным интервалом;

▪ общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метаданные не должен превышать 8 печатных страниц;

▪ статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;

▪ статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;

▪ статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;

▪ статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;

▪ в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;

▪ перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

▪ код МРНТИ (ГРНТИ *http://grnti.ru/?p1=52*) – шестизначный;

▪ название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском, русском и английском языках;

▪ инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов; знаком «*» указывается автор-корреспондент;

▪ сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, город, страна, контактные данные (адрес электронной почты), ORCID ID) предоставляются на казахском, русском и английском языках;

▪ полное название организации (-й), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);

▪ аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация предоставляется на казахском, русском и английском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150…200 слов);

▪ ключевые слова в количестве 6…10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском, русском и английском языках;

▪ текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение/ выводы);

▪ список использованных источников (10…12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2015 года, предоставляется на казахском, русском и английском языках.

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или 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 с указанием в скобках оригинала публикации. Образец оформления литературы и транслитерации размещен на сайте *minmag.kz.*

4. Условия приобретения журналов авторами.

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