

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, 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 30.09.2025 г.

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

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



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:

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 МАИИ

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

® – статья на правах рекламы

ⓘ – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 3 Колонка главного редактора
- Геотехнология**
- 4 *А.З. Букаева, В.В. Поветкин
Теоретические основы применения огнеструйной технологии для разрушения горных пород
- 10 В. Khussan, B. Tolovkhan, L. Abdiyeva, *M. Rabatuly
Development of recommendations for determining the location of the mouths of geotechnical wells
- Минерально-сырьевые ресурсы**
- 17 Э.Ю. Сейтмуратова, *Д.О. Даутбеков, С. Бакдаулеткызы, А. Даулетулы
К эффективности использования металлогенограмм при анализе рудоносности регионов (на примере Шынгыс-Тарбагатай)
- 25 Г.Ж. Жолтаев, Г.Ж. Нуржанов, *К.С. Тогизов, Д.Б. Муратханов
Перспективы восполнения запасов и освоения редких и редкоземельных металлов в Казахстане
- Геология**
- 33 Е.Т. Бекшиев, *М.Е. Рахымбердина, Е. Левин, А.К. Капасов
Қалба-Нарым кен белдеуінің сирек кездесетін металл кен орындарының дерекқорын құру
- 40 *Д.Н. Талғарбаева, Э.Б. Серикбаева, Э.О. Орынбасарова
Линеаменттік талдауды қолдану арқылы Ақтоғай кенорнында мысты порфир рудасының орналасу заңдылықтарын анықтау
- 47 А. Жұмағазиев, *С. Курбаниязов, Т. Шоймуротов, М. Мамадияров
Глауконитоносность палеогеновых отложений Южного Казахстана
- Геомеханика**
- 56 А.М. Суимбаева, *А.Қ. Матаев, А.Ж. Ауелбекова, Ж. Шлатаев
Анализ международного опыта по снижению потерь и разубоживанию руд при разработке маломощных рудных залежей
- Металлургия**
- 63 *Ж.К. Саулебек, А.М. Абдирашит, Р.Т. Толеукадыр, Н.Ю. Лу
Исследования процессов получения молибден- и вольфрамсодержащих тугоплавких лигатур с использованием ферроалюмосиликокальция
- Охрана труда и безопасность в горной промышленности**
- 69 А.В. Садчиков, Д.Р. Ахматнуров, *Н.М. Замалиев, Н.Е. Исина
Исследование эндогенных пожаров и методы их предотвращения
- 74 *Т.С. Каппарова, Л.И. Раматуллаева, Б.Т. Уахитова, І.А. Аманжол
Кен байыту саласында өндірістік үрдістердегі кәсіби қауіп мәселесінің өзектілігі
- 80 Требования к оформлению и условия предоставления статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат
Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

*Дорогие читатели!
Уважаемые члены редколлегии!*

Мы не можем торопить время, да и незачем, но оно существует без нашего участия, и вот уже осень наступила. Время есть форма существования материи, и Альберт Эйнштейн установил Закон относительности, который трактуется современной физикой как новая теория тяготения, основанная на предположении четырехмерно пространства – времени с «замедлением» и «искривлением» пространства.

Но в повседневной жизни нас больше волнует время как сезон года, как смена дня и ночи, как индикатор наших планов и действий.

Исходя из этих форматов, нас беспокоит начало и конец учебного года, сезонов сева и уборки урожая, подготовки к отопительному сезону, заготовки необходимых продуктов и, естественно, встреча и проводы наших традиционных праздников. Но, приуроченные ко времени года, эти ожидаемые события, связанные накрепко с нашими надеждами, зарплатой, здоровьем, во многом зависят от государства, от состояния его финансовых будней, от выполнения «громаяды» планов руководителей.

Наш Президент Касым-Жомарт Кемелевич Токаев принял активное участие, проникнутое заботой о миропорядке в состоянии взаимопонимания и сотрудничества во имя мировой стабильности и доверия между народами, политическими лидерами и государствами.

Мы в нашей стране полностью солидаризуемся с его заявлениями о том, что глобальные общественные блага, такие, как наука, медицина, спорт, религия и культура, не должны становиться предметом геополитического раскола, санкций и торга. Эти сферы человеческой деятельности объединяют человечество под эгидой гуманизма, и прозвучавшие из уст Президента Казахстана заявления по этим злободневным, фундаментальным вопросам сохранения здоровья и развивающейся в условиях принципов открытого рынка, баланса, а не доминирования, сотрудничества, а не конфронтации, мира, а не войны, цивилизации являются единственно возможной формой партнерства и сосуществования международного сообщества.

Для создания такого образа жизни нашей планеты есть все возможности вне зависимости от законов физики, которые определяют наше благополучие только в зависимости от климата и смены времен года, так как все остальное в наших руках.

То, что сделано в Казахстане в промышленности, сельском хозяйстве, строительной сфере, науке, спорте, наглядно демонстрирует наше стремление жить в мире и согласии с окружающим миром. Время должно только напоминать нам о том, чем мы должны заниматься более упорно и быстрее, чтобы чувствовать себя уверенно в нашем поступательном движении, создавая «Новый справедливый Казахстан».

Код МРНТИ 55.33.35

*А.З. Букаева¹, В.В. Поветкин²¹Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан),²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕСТРУЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Аннотация. В работе рассмотрены особенности и параметры термической обработки горных пород, применяемой при производстве изделий из камня. Описан принцип действия механизированных установок с перемещением терминирующего инструмента со скоростью 0,1–0,2 м/с и углом наклона горелки 50–58°. Отмечена высокая производительность (до 30 м²/ч) при расходе топлива 10–14 кг/ч. Приведены примеры отечественных и зарубежных технологий, включая бучарды, дисковые пилы и комбинированные методы. Рассмотрены модели теплового воздействия, параметры нагрева, расчет скорости разрушения и тепловой эффективности. Особое внимание уделено влиянию зернистости и минерального состава породы на результаты термического воздействия. Представленные данные имеют практическую значимость для проектирования и оптимизации оборудования термического действия.

Ключевые слова: терминирующий инструмент, огнеструйное разрушение, горная порода, производительность, эффективность, термическая обработка.

Тау жыныстарын бұзу үшін от ағыны технологиясын қолданудың теориялық негіздері

Аннотация. Жұмыста тастан жасалған бұйымдарды өндіру кезінде қолданылатын тау жыныстарын термиялық өңдеудің ерекшеліктері мен параметрлері қаралды. 0,1–0,2 м/с жылдамдықпен және жанарғының көлеуі бұрышы 50–58° жылу аспабының орнын ауыстырумен механикаландырылған қондырғылардың жұмыс істеу принципі сипатталған. Отын шығыны 10–14 кг/сағ болған кезде жоғары өнімділік (30 м²/сағ дейін) белгіленді. Отандық және шетелдік технологиялардың мысалдары, соның ішінде бучардтар, дискілі аралар және аралас әдістер келтірілген. Жылу әсерінің модельдері, қыздыру параметрлері, бұзылу жылдамдығы мен жылу тиімділігінің есебі қаралды. Жыныстың түйіршіктілігі мен минералдық құрамының термиялық әсер ету нәтижелеріне әсеріне ерекше көңіл бөлінеді. Ұсынылған деректердің термиялық әсер ететін жабдықты жобалау және оңтайландыру үшін практикалық маңызы бар.

Түйінді сөздер: жылу құралы, от ағынымен бұзу, тау жынысы, өнімділік, тиімділік, термиялық өңдеу.

Theoretical bases of application of fire-jet technology for rock destruction

Abstract. The paper considers the features and parameters of thermal treatment of rocks used in the manufacture of stone products. The principle of operation of mechanized units with the movement of the thermal tool at a speed of 0.1–0.2 m/s and the angle of inclination of the burner 50–58° is described. High productivity (up to 30 m²/h) with fuel consumption of 10–14 kg/h is noted. Examples of domestic and foreign technologies are given, including bouchards, circular saws and combined methods. Models of thermal influence, heating parameters, calculation of fracture rate and thermal efficiency are considered. Special attention is paid to the influence of grain size and mineral composition of the rock on the results of thermal action. The presented data have practical significance for designing and optimization of thermal action equipment.

Key words: thermal tool, fire-jet destruction, rock, productivity, efficiency, heat treatment.

Введение

Разработка и внедрение эффективных методов обработки горных пород остаются актуальными задачами в современной горнодобывающей и камнеобрабатывающей промышленности. С увеличением требований к качеству, производительности и экономичности технологических процессов возрастает интерес к термическим способам разрушения твердых материалов.

Одним из перспективных направлений является использование терминирующих инструментов и горелок, позволяющих осуществлять разрушение и выравнивание поверхности горных пород с высокой точностью и минимальными затратами энергии.

Материалы и методы

При изготовлении массивных изделий из крепких горных пород широкое применение нашел термический способ обработки. Сущность термического разрушения заключается в том, что при интенсивном нагреве поверхности горной породы, верхний ее слой из-за плохой теплопроводности приобретает высокую температуру и стремится увеличить свой объем. Это приводит к возникновению сложноплавленного состояния и потере устойчивости слоя. Порода разрушается, отделяясь в виде твердых частиц. В отличие от плавления, он характеризуется высокой скоростью и небольшими энергозатратами [1, 2]. Принцип механизированной термической обработки камня заключается в том, что факел горелки равномерно перемещают вдоль заготовки. При этом выступы породы разрушаются быстрее впадин, и происходит выравнивание поверхности изделия.

В таблице 1 приведены основные характеристики способов разрушения крепких горных пород, применяемых для изготовления каменных изделий.

Установки для механизированной обработки изделий с помощью терминирующих инструментов созданы итальянской фирмой Castelli Mariono, испанской Ramilo, эксплуатируются во Франции и др. странах. Для этой цели применяются горелки, работающие на кислороде и пропанбутане или ацетилене.

На установках СМ для термической фактурной обработки пиленых плит перемещение инструмента осуществляется со скоростью 0,1–0,2 м/с. Угол наклона оси горелки к обрабатываемой поверхности устанавливается в пределах от 50° до 58°. Расход пропанбутана составляет (10÷14) кг/ч. Производительность установки при фактурной обработке в зависимости от типа горных пород составляет от 12 до 30 м²/ч. Подобные установки отечественной промышленности отсутствуют.

На ряде пород термическая обработка не дает требуемой чистоты поверхности, в этих случаях проводят дополнительную доработку механическими средствами разрушения. Так, фирма «Карл Майер» на своих установках использует для этой цели бучарды [3]. Технология изготовления бортового камня, внедренная в Томском камнеобрабатывающем цехе, предполагает использование терминирующих инструментов для выравнивания поверхностей, а дисковых пил – для окантовки ребер изделий.

Хорошие результаты показывает сочетание различных способов разрушения горных пород. Процесс обработки – это непрерывное снижение высоты неровностей по-

Характеристики способов обработки горных пород

Таблица 1

Тау жыныстарын оңдеу әдістерінің сипаттамалары

Кесте 1

Characteristics of rock processing methods

Table 1

Характеристики	Распиливание штрипсами	Теска пневмо-бучардами	Распиливание дисковыми пилами	Теска воздушными горелками	Теска кислородными горелками
Производительность, м ² /ч	0,05–0,4	0,4–0,9	0,6–1,2	1,5–2	3–4
Удельн. энергозатр., ×10 ⁸ Дж/м ²	3–10	0,5–1	1–1,5	4–5	2–3
Коэффициент крепости породы	5–18	8–18	1–18	12–20	12–20
Масса машины, кг	500–1000	9–12	500–1000	3–4	2–3
Уровень излучаемого шума, дБ (до)	95	80	70	116	126
Удельные капитальные вложения, тг/м ²	80	5	80	5	20

верхности заготовки до требуемой величины, в течений которого растет энергоемкость разрушения и падает производительность. Каждый из способов разрушения имеет ограниченные пределы изменения, как по величине неровностей, остающихся после обработки, так и по производительности процесса. Поэтому по мере выполаживания поверхности производят смену способов с постепенным снижением скорости процесса.

Известны устройства для обработки изделий из камня горелкой реактивного типа, управляемой с помощью датчика, выполненного в виде поворотного-подвешенного щупа, взаимодействующего с контактом, установленным с возможностью перемещения вдоль его продольной оси и электрически связанным с входом блока задержки, управляющими подачей горючего [4].

Недостатками данных устройств являются то, что управление датчиком дает возможность регулировать только подачу горючего, не применяя полностью все возможности рабочего органа, т.е. ограничено движение рабочего органа; во-вторых, определение уровня и установка рабочего органа на каждый слой требует участие оператора, что не отвечает требованиям автоматизации процесса обработки; в-третьих, при послышной обработке увеличивается рабочий ход горелки, что приводит к увеличению времени и расхода компонентов горения и снижает ее производительность; в-четвертых, из-за трения о шероховатую поверхность соприкасающаяся часть тактильного датчика следящего устройства быстро изнашивается, что приводит к частым переналадкам

Установка устройства в боксе из прозрачного материала не обеспечивает полноценный контроль за работой горелки, так как продукты разрушения и парогазовая смесь ухудшает видимость и не позволяет применить установки с визуальными дистанционными управлениями.

Из анализа литературных источников [5, 6] следует, что основными факторами, зависящими от параметров термоинструментов и влияющими на эффективность процесса разрушения при обработке и резке горных пород струйным способом, являются:

- мощность термоинструмента;
- угол наклона к поверхности;
- тип окислителя и его соотношение с горючим в топливной смеси;
- расстояние от среза сопла до поверхности;
- скорость движения термоинструмента.

А.П. Дмитриев, С.А. Гончаров [5] и др. приходят к выводу, что разрушающими являются сжимающие напряжения, которые на поверхности тела равны некоторому условному пределу прочности $k_{сж}$. Экспериментальным путем найдено:

$$k_{сж} = 0,8\sigma_{сж}, \tag{1}$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности горных пород при одноосном сжатии, Па.

Линейная скорость разрушения вглубь массива породы равна:

$$V = \frac{z_p}{t_p}, \tag{2}$$

где z_p – толщина отделившейся частицы, м;
 t_p – время между элементарными отделениями частиц, с.

В.С. Бобович и Б.В. Федоров рассматривают случай, когда факел равномерно передвигается по поверхности. Распределение теплового потока q факела они аппроксимируют нормальным законом:

$$q = q_m \exp(-kr^2), \tag{3}$$

где q_m – удельный тепловой поток в центре нормально-кругового источника тепла, Вт/м²;

k – коэффициент сосредоточенности источника тепла, характеризующий форму кривой нормального распределения, м⁻²;

r – текущий радиус, м.

Линейная скорость разрушения пропорциональна удельному тепловому потоку:

$$V = C_n q_m, \quad (4)$$

где C_n – коэффициент, зависящий от свойств горных пород, м³/Дж.

Авторами рассмотрены процесс обработки горных пород при воздействии полосового источника тепла [7, 8]. Такая модель принимается для рассмотрения схемы обработки факелом с границей, параллельной заданной поверхности изделия. Производительность процесса описывается выражением:

$$W = \frac{C_n q_m^n \sqrt{\pi L_u}}{\sqrt{k^n}}, \quad (5)$$

где q_m^n – удельный тепловой поток на оси полосового источника с нормальным распределением в поперечном сечении, Вт/м²;

L_u – длина полосового источника, м;

k^n – коэффициент сосредоточенности поперечного сечения полосового источника, м⁻².

Между тем, в подавляющем большинстве случаев обработка и резка производится подвижным факелом, с осью, расположенной под углом к поверхности. В работе [6] доказано, что обработка и резка наклонным факелом наиболее производительна.

Еще одним фактором, влияющим на производительность и качество термической обработки, является величина неровностей, образующихся на поверхностях горных пород. Б.Г. Березовским получены эмпирические зависимости параметров неровностей профиля обрабатываемой поверхности от угла наклона факела.

А также подмечено, что шероховатость поверхности, обработанной термическим способом, увеличивается с ростом размеров минеральных зерен гранита. Это связано с тем, что скорость разрушения зерна зависит от его минерального состава. В работе [6] указано на зависимость характера протекания термического разрушения от размера и состава минеральных зерен и других факторов, обуславливающих неоднородность горной породы.

При использовании ручных термоинструментов грубый сбой породы, т. е. операция, при которой важно достижение максимальной скорости разрушения, производится при $\gamma = 45^\circ \div 60^\circ$.

В работе [9] установлено, что с увеличением угла наклона оси факела к поверхности скорость разрушения горных пород возрастает, достигая максимума при $50^\circ \div 60^\circ$.

Результаты исследования

Горелку ориентируют под углом $15^\circ \div 45^\circ$ при чистовом сбое, когда важно достижение максимальной производительности обработки поверхности заготовок. При таких же углах наклона производится механизированная обработка широких плоскостей изделий. Факелом, параллельным заданной поверхности изделия, производят механизированную обработку узких плоскостей заготовок, а также осуществляют обработку углов изделий при ручной обработке. В этом случае угол между осью факела и поверхностью заготовки составляет $0^\circ \div 15^\circ$.

Скорость термической обработки породы возрастает с увеличением угла наклона оси факела к обрабатываемой поверхности [10]:

$$V_i = \frac{[0,06(k \lg P_k)]n}{\delta_i}, \quad (6)$$

где P_k – внутрикамерное давление (МПа);

k, n – коэффициенты, зависящие от крупности зерен, слагающих породу;

c_n – удельная теплоемкость (м³/кДж).

Оптимальное расстояние от среза сопла до поверхности породы l_i в зависимости от потребляемой мощности термоинструмента, соответственно, для кислородной и воздушной горелок:

$$\begin{aligned} l_i^k &= 45,3 + 9 \cdot 10^{-5} N_i \\ l_i^b &= 29,1 + 9 \cdot 10^{-5} N_i. \end{aligned} \quad (7)$$

На рис. 1 приведен график зависимости оптимального расстояния от среза сопла горелки до поверхности породы от типа окислителя топливной смеси и потребляемой мощности термоинструмента. На нем видно, что при одинаковой мощности кислородные горелки обеспечивают большую глубину проплавления по сравнению с воздушными. Это подтверждает эффективность кислородных горелок при увеличении производительности плавки.

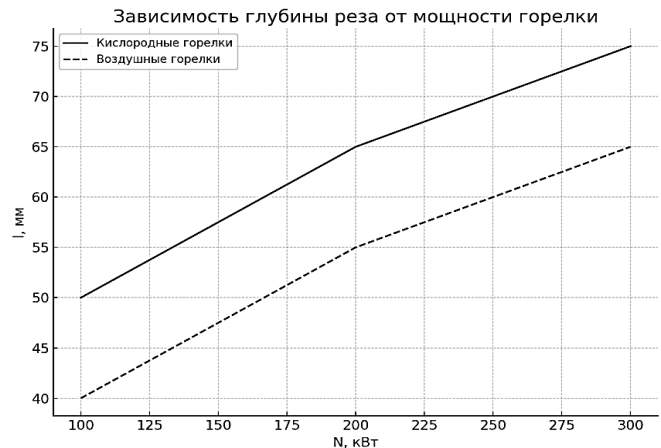


Рис. 1. Зависимость оптимального расстояния от среза сопла горелки до поверхности породы от типа окислителя топливной смеси и потребляемой мощности термоинструмента.

Сурет 1. Термоқұралдың саптамасының кесіндісінен жыныс бетіне дейінгі оңтайлы қашықтықтың тотықтырғыш түріне отын қоспасына және жылу құралының қуат тұтынуына тәуелділігі.

Figure 1. Dependence of the optimum distance from the burner nozzle cutoff to the rock surface on the type of fuel mixture oxidizer and power consumption of the thermal tool.

Однозначное значение оптимального расстояния от среза сопла до обрабатываемого изделия определить труд-

нее, так как оно меняется в зависимости от расходных характеристик факела и конструкции горелки.

Расстояние от среза сопла термоинструмента до обрабатываемой поверхности l также влияет на Q и N .

Q_i – тепловая эффективность газовой струи:

$$Q_i = \frac{5\beta E l n[2\delta_i / (\delta_i - \varepsilon)]}{V_i \pi c \sigma_{сж} (1 - \mu) \delta_i}, \quad (8)$$

где N_i – потребляемая мощность:

$$N_i = \frac{Q_i}{\eta}, \quad (9)$$

где $\beta = 1,35 \cdot 10^{-5}$ – коэффициент линейного термического расширения ($1/^\circ\text{C}$);

$E = 3,4 \cdot 10^4$ – модуль упругости (Па);

$C = 2,55$ – объемная теплоемкость ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);

$\sigma_{сж} = 180$ – предел прочности на сжатие (МПа);

$\mu = 0,22$ – коэффициент Пуассона;

η – коэффициент полезное действие источника тепла.

Согласно [10] скорость разрушения имеет наибольшее значение при скорости перемещения факела относительно поверхности равной $0,005 \div 0,015$ м/с.

В практике использования ручных термоинструментов применяют технологию двухслойной обработки, при которой сначала снимают толстый слой породы (грубый сбой), а затем тонкий (чистовой сбой). Установлено, что при чистовом сбое заготовок предельное значение скорости перемещения горелки равно $0,05$ м/с, при угле наклона $\gamma = 50^\circ$. Однако, при таком расположении горелки наблюдается резкое ухудшение качества ребер заготовок. Радиус их закругления составляют ($50 \div 80$) мм, что приводит к увеличению потерь сырья до 40%. Меньшие значения радиусов закругления углов ($R = 1 \div 20$ мм) наблюдается при $\gamma = 5^\circ \div 30^\circ$. Рекомендуемая, при пользовании механизированных установок термического действия, ориентация термоинструмента под углом 30° .

Обработку и резку горных пород поверхности пород механизированными установками позволяет применять горелки большей мощности, однако, при возрастании величин тепловых потоков, вводимых в породу, наблюдается раскалывание заготовок под действием термических напряжений.

Обсуждение

Термический способ разрушения горных пород является эффективным методом для обработки и резки прочных каменных материалов, обеспечивая высокую производительность при умеренных энергозатратах и возможности

автоматизации процесса. Основным механизмом разрушения заключается в возникновении интенсивных температурных градиентов на поверхности породы, вызывающих внутренние напряжения и отделение частиц без необходимости контакта с инструментом.

Термическая обработка основана на резком локальном нагреве поверхности материала, что вызывает образование внутренних напряжений и приводит к отделению частиц без необходимости физического контакта с инструментом. Преимуществами такого метода являются его высокая скорость, возможность механизации и автоматизации процесса, а также снижение износа рабочих органов оборудования.

В данной работе были рассмотрены теоретические основы и экспериментальные данные, связанные с термоструйной обработкой горных пород, включая влияние различных факторов – угла наклона факела, теплового потока, типа горелки и минерального состава материала – на эффективность разрушения. Исследование направлено на определение оптимальных параметров процесса, что позволит повысить производительность и качество обработки изделий из камня.

Заключение

На эффективность термообработки существенное влияние оказывают параметры термоинструмента, включая мощность, угол наклона факела, расстояние от среза сопла до поверхности, тип горючей смеси и скорость перемещения. Оптимальные значения этих параметров позволяют достичь наилучших результатов при минимальных потерях материала. Применение комбинированных методов – термического и механического разрушения – особенно целесообразно при обработке пород с неоднородной структурой или повышенными требованиями к чистоте поверхности.

Для повышения эффективности термообработки рекомендуется использовать механизированные установки с ориентацией горелки под углом 30° и мощностью до 300-400 кВт – эти параметры обеспечивают оптимальное сочетание производительности и качества обработки.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании термоинструментов и разработке технологических режимов обработки горных пород, особенно в условиях серийного и крупномасштабного производства.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета Науки Министерства науки и высшего образования РК (грант № AP25796181).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Genadiy Pivnyak, Volodymyr Bondarenko, Iryna Kovalevska. Новые разработки в горном машиностроении. Теоретические и практические решения по минеральным ресурсам // Книга майнинга: Пресса CRC, 2015. 616 с. (на английском языке)
2. Truong Dang Quang MSc. Текущая ситуация с добычей камня для строительных материалов в провинции Гуанг // Американский журнал инженерных исследований (AJER). 2022. Т. 11 (06). С. 80–85 (на английском языке)

3. De Silva R.V., Pathegama Gatage R., Anne Perera M.S. Альтернатива традиционным методам дробления пород с использованием SCDA: обзор // Энергии. 2016. Т. 9 (11). С. 958 (на английском языке)
4. Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Нурымов Е.К., Букаева А.З. Современное состояние добычи блочного строительного камня из крепких горных пород // Сб. тр. XXIII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», Донецк: МСМ, 2016. Т. 2. С. 90–95 (на русском языке)
5. Дмитриев А.П., Гончаров С.А., Германович Л.Н. Термическое разрушение горных пород: М.: Недра, 1990. 255 с. (на русском языке)
6. Поляков А.В. Разработка метода расчета эффективности процесса резания горных пород струями воды сверхвысокого давления и обоснование параметров устройства для их получения применительно к проходческим комбайнам: автореф. ... канд. техн. наук. 05.05.06: Тула, 2006. 20 с. (на русском языке)
7. Совершенствование огнеструйного способа резки горных пород при добыче блочного камня из гранитов / Поветкин В.В. [и др.] // Журнал «Поиск». 2017. № 1 (1). С. 176–182 (на русском языке)
8. Изучение термических камнерезных инструментов / Yerlik Nurutov [и др.] // Journal of Vibroengineering Procedia. 2016. Т. 8. С. 22–27 (на английском языке)
9. Инструменты для высокоскоростного термического напыления, используемые в технологических процессах и производствах / Amina Vukaeva [и др.] // Journal of Vibroengineering Procedia. 2016. Т. 10. С. 474–479 (на английском языке)
10. Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Букаева А.З. Применение сверхзвуковых термоинструментов при ремонте трубопроводов // Сб. тр. XXIII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», Донецк: МСМ, 2016. Т. 2. С. 84–89 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Genadiy Pivnyak, Volodymyr Bondarenko, Iryna Kovalevska. Тау-кен машиналарын жасаудағы жаңа әзірлемелер. Минералдық ресурстар бойынша теориялық және практикалық шешімдер // Майнинг кітабы: CRC Пресса, 2015. 616 б. (ағылшын тілінде)
2. Triuong Dang Quang MSc. Гуанг провинциясында құрылыс материалдары үшін тас өндірудің ағымдағы жағдайы // Американдық инженерлік зерттеулер журналы (AJER). 2022. Т. 11 (06). Б. 80–85 (ағылшын тілінде)
3. De Silva R.V., Pathegama Gatage R., Anne Perera M.S. SCDA пайдалану арқылы жыныстарды ұсақтаудың дәстүрлі әдістеріне балама: шолу // Энергия. 2016. Т. 9 (11). Б. 958 (ағылшын тілінде)
4. Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Нурымов Е.К., Букаева А.З. Қатты тау жыныстарынан блокты құрылыс тасын өндірудің қазіргі жағдайы // «XXI ғасырдағы Машина жасау және техносфера XXIII халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының еңбектер жинағы», Донецк: МСМ, 2016. Т. 2. Б. 90–95 (орыс тілінде)
5. Дмитриев А.П., Гончаров С.А., Германович Л.Н. Тау жыныстарының термиялық бұзылуы: М.: Недра, 1990. 255 б. (орыс тілінде)
6. Поляков А.В. Аса жоғары қысымды су ағындарымен тау жыныстарын кесу процесінің тиімділігін есептеу әдісін әзірлеу және оларды алу үшін құрылғының параметрлерін ұңғымалық комбайндарға қатысты негіздеу: реферат. ... канд. техник. ғылымдар. 05.05.06: Тула, 2006. 20 б. (орыс тілінде)
7. Граниттен блокты тасты өндіру кезінде тау жыныстарын кесудің отты жару тәсілін жетілдіру / Поветкин В.В. [және т. б.] // «Поиск» журналы. 2017. № 1 (1). Б. 176–182 (орыс тілінде)
8. Термиялық тас кесетін құралдарды зерттеу / Yerlik Nurutov [және т. б.] // Journal Of Vibroengineering Procedia. 2016. Т. 8. Б. 22–27 (ағылшын тілінде)
9. Технологиялық процестер мен өндірістерде қолданылатын жоғары жылдамдықты термиялық бұрқу құралдары / Amina Vukaeva [және т. б.] // Journal of Vibroengineering Procedia. 2016. Т. 10. Б. 474–479 (ағылшын тілінде)
10. Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Букаева А.З. Құбырларды жөндеу кезінде дыбыстан жоғары термоқаптарды қолдану // «XXI ғасырдағы Машина жасау және техносфера» XXIII халықаралық

ғылыми-техникалық конференциясының еңбектер жинағы, Донецк: МСМ, 2016. Т. 2. Б. 84–89 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Genadiy Pivnyak, Volodymyr Bondarenko, Iryna Kovalevska. *New Developments in Mining Engineering 2015. Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources // Mining Book: CRC Press, 2015. 616 p. (на in English)*
2. Truong Dang Quang MSc. *Current Situation of Stone Mining for Construction Materials in an Giang Province // American Journal of Engineering Research (AJER). 2022. V. 11 (06). 80–85 pp. (на in English)*
3. De Silva R.V., Pathegama Gamage R., Anne Perera M.S. *An alternative to conventional rock fragmentation methods using SCDA: a review // Energies. 2016. V. 9 (11). 958 p. (на in English)*
4. Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F., Nurymov E.K., Bukaeva A.Z. *Sovremennoe sostoyanie dobychi blochnogo stroitel'nogo kamnya iz krepkiykh gornyykh porod [Current state of extraction of block building stone from hard rocks], Sbornik trudov XXIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Mashinostroenie i tekhnosfera XXI veka» [Coll. proc. XXIII international scientific and technical conference «Mechanical engineering and technosphere of the XXI century»], Donetsk: MSM, 2016. V. 2. 90–95 pp. (in Russian)*
5. Dmitriev A.P., Goncharov S.A., Germanovich L.N. *Termicheskoe razrushenie gornyykh porod [Thermal destruction of rocks], Moscow: Nedra, 1990. 255 p. (in Russian)*
6. Polyakov A.V. *Razrabotka metoda rascheta effektivnosti protsessa rezaniya gornyykh porod struyami vody sverkhvysokogo davleniya i obosnovanie parametrov ustroystva dlya ikh polucheniya primenitel'no k prokhodcheskim kombainam: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. 05.05.06 [Development of a method for calculating the efficiency of the process of cutting rock with ultra-high pressure water jets and substantiation of the parameters of the device for obtaining them as applied to tunneling machines: author's abstract ... Cand. tech. sciences. 05.05.06], Tula, 2006. 20 p. (in Russian)*
7. Povetkin V.V., Nurymov E.K., Bukaeva A.Z., Sermenov A.I. *Sovershenstvovanie ognestruinogo sposoba rezki gornyykh porod pri dobyche blochnogo kamnya iz granitov [Improving the fire-jet method of cutting rocks during the extraction of block stone from granites], Zhurnal «Poisk» [Poisk Magazine]. 2017. No. 1 (1). 176–182 pp. (in Russian)*
8. *Study of thermal stonecutting tools / Yerlik Nurymov [et al.] // Journal of Vibroengineering Procedia. 2016. V. 8. 22–27 pp. (in English)*
9. *High velocity thermal spraying tools used in technological processes and productions / Amina Bukayeva [et al.] // Journal of Vibroengineering Procedia. 2016. V. 10. 474–479 pp. (на in English)*
10. Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F., Bukaeva A.Z. *Primenenie sverkhzvukovykh termoinstrumentov pri remonte truboprovodov [Application of supersonic thermal tools in pipeline repair], Sbornik trudov XXIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Mashinostroenie i tekhnosfera XXI veka» [Coll. proc. XXIII international scientific and technical conference «Mechanical engineering and technosphere of the XXI century»], Donetsk: MCM, 2016. V. 2. 84–89 pp. (in Russian)*

Сведения об авторах:

Букеева А.З., доктор Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Машиностроение и транспорт», Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), amina_bukaeva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0956-1552>

Поветкин В.В., д.т.н., профессор кафедры «Машиностроение», Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), vv1940_povetkin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3872-3488>

Авторлар туралы мәліметтер:

Букеева А.З., «Машина жасау және көлік» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, доктор Ph.D, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті (Актау қ., Қазақстан)

Поветкин В.В., «Машина жасау» кафедрасының т.ғ.д., профессоры, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Bukayeva A.Z., Ph.D, associate professor, department of Mechanical engineering and transport, Caspian university of technology and engineering named after Sh. Yessenov (Aktau, Kazakhstan)

Povetkin V.V., doctor of technical sciences, professor, department of Mechanical engineering, Kazakh national technical university named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

Код МРНТИ 52.35.35

B. Khussan¹, B. Tolovkhan², L. Abdiyeva¹, *M. Rabatuly¹¹Non-profit Joint-Stock Company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan),
²«ASIA-EXPERT LLP» (Karaganda, Kazakhstan)

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR DETERMINING THE LOCATION OF THE MOUTHS OF GEOTECHNICAL WELLS

Abstract. The purpose of this study is to develop a plan for drilling geotechnical wells with core orientation, necessary for calculating and justifying the optimal parameters of the projected quarry. Consideration of the possibility of adjusting the initial design decisions for the development of the deposit requires reliable information about the geomechanical condition of the rock mass. This condition is determined not only by the stress-strain state and structural and geological features, but also by the physico-mechanical properties of ores and host rocks. In order to carry out a correct analysis of the geomechanical state of the massif, a preliminary study of the lithological composition and physico-mechanical characteristics of the rocks is necessary. This task is supposed to be solved by drilling geotechnical wells, while the correct choice of their location is of key importance.

Key words: geotechnical wells, drilling, lithology, geological sections, wellheads, core orientation.

Геотехникалық ұңғымалардың сағаларын салу орындарын анықтау бойынша ұсынымдар әзірлеу

Андатпа. Осы зерттеудің мақсаты жобаланатын карьердің онтайлы параметрлерін есептеу және негіздеу үшін қажетті өзекті бағдарлай отырып, геотехникалық ұңғымаларды бұрғылау жоспарын әзірлеу болып табылады. Кен орнын қазу бойынша бастапқы жобалық шешімдерді түзету мүмкіндігін қарастыру тау жыныстары массивінің геомеханикалық жай-күйі туралы сенімді ақпаратты талап етеді. Мұндай жағдай тек кернеулі деформацияланған күймен және құрылымдық-геологиялық ерекшеліктерімен ғана емес, сонымен қатар кендер мен негізгі жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерімен де анықталады. Сілемнің геомеханикалық күйіне дұрыс талдау жүргізу үшін тау жыныстарының литологиялық құрамы мен физика-механикалық сипаттамаларын алдын-ала зерттеу қажет. Бұл мәселені геотехникалық ұңғымаларды бұрғылау арқылы шешу керек, олардың орналасуын дұрыс таңдау маңызды.

Түйінді сөздер: геотехникалық ұңғымалар, бұрғылау, литология, геологиялық тіліктер, ұңғыма сағалары, жынысөзекті бағдарлау.

Разработка рекомендаций по определению мест заложения устьев геотехнических скважин

Аннотация. Целью настоящего исследования является разработка плана бурения геотехнических скважин с ориентированием керна, необходимого для расчета и обоснования оптимальных параметров проектируемого карьера. Рассмотрение возможности корректировки первоначальных проектных решений по разработке месторождения требует достоверной информации о геомеханическом состоянии массива горных пород. Такое состояние определяется не только напряженно-деформированным состоянием и структурно-геологическими особенностями, но и физико-механическими свойствами руд и вмещающих пород. Для проведения корректного анализа геомеханического состояния массива необходимо предварительное изучение литологического состава и физико-механических характеристик пород. Эту задачу предполагается решать путем бурения геотехнических скважин, при этом ключевое значение имеет правильный выбор их расположения.

Ключевые слова: геотехнические скважины, бурение, литология, геологические разрезы, устья скважины, ориентирование керна.

Introduction

A comprehensive assessment of the geomechanical condition of the rock mass is necessary for the effective design and safe operation of quarry workings. One of the key stages in this process is the drilling of geotechnical wells, which allows obtaining reliable data on the lithological and structural features and physico-mechanical properties of rocks [1]. The purpose of this work is to formulate technical and geological requirements for the parameters of the projected wells designed to collect information necessary for modeling the stability of sides and ledges in the conditions of the Verkhnekayraktinskoye field, which is being developed by an open method [2].

Methodology

The development of requirements for projected geotechnical wells is conditioned by the need to obtain reliable information about the structure of the rock mass, which ensures the calculation of stable parameters of quarry slopes [3, 4]. The basic requirements include:

- Optimization of the total length of wells – it should be the minimum necessary to obtain representative data, excluding excessive drilling;

- Rock profiling – each well must intersect all major lithological differences found within the design area;

- The recommended angle of inclination varies from -45° to -90° , which provides coverage of arrays at different depths and allows you to simulate the stress-strain state in different areas of the quarry.;

- Informative laying – the placement and orientation of wells should ensure that sufficient information is obtained for subsequent geomechanical modeling and justification of slope stability parameters [5, 6].

Given that the field will be developed in an open-pit manner, the length of individual wells is determined by a number of factors, including the elevation of the mouth, the depth of the projected quarry bottom and the angle of inclination of the well.

The minimum depth is achieved with vertical drilling, while the maximum depth is provided with a 45° inclination, which allows you to cover the entire rock capacity up to the design depth of the quarry. The maximum allowable well lengths, depending on the design marks, are shown in Table 1.

Results

Due to the fact that geological disturbances have been studied sufficiently and data on the angles of incidence and strike are available, there is no need for additional studies to determine the parameters of geological disturbances.

Therefore, it is advisable to design vertical geotechnical wells.

When designing geological wells, it is necessary to place them in such a way that all lithological differences are revealed. At the same time, the areas of exposed lithological differences should ensure that a sufficient number of samples are taken to determine the physico-mechanical properties.

To determine the rational locations of wellheads, we consider vertical geological sections along the profile lines: IX–XXVII.

Table 1

Maximum and minimum well depths, m

Кестме 1

Ұңғымалардың максималды және минималды тереңдігі, м

Таблица 1

Максимальные и минимальные глубины скважин, м

Field site	The elevation of the wellhead		The design mark of the bottom of the quarry	Career depth	Design depth of wells	
	max	min			min	max
The eastern part of the quarry	815	804	500	316	304	445
The middle part of the career	863	837	500	363	337	513
The western part of the quarry	831	822	500	326	322	468
The southern part of the quarry	842	808	500	327	308	484
The northern part of the quarry	828	812	500	328	312	464

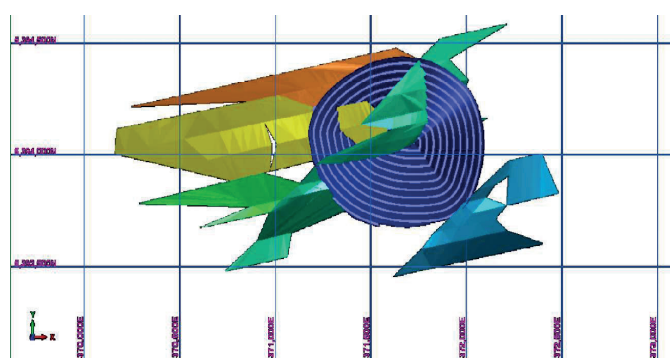


Figure 1. Tectonic disturbances of the deposit.
 Сурет 1. Кен орнының тектоникалық бұзылуы.
 Рис. 1. Тектонические нарушения месторождения.

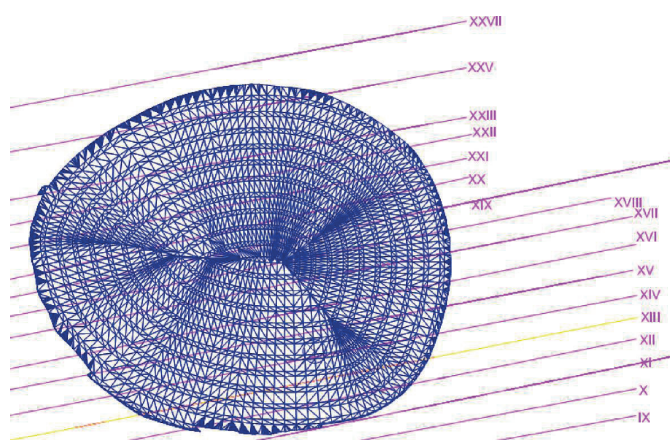


Figure 2. The layout of profile lines.
 Сурет 2. Бейін желілерін орналастыру схемасы.
 Рис. 2. Схема размещения профильных линий.

In addition, it is necessary to take into account the placement of rock piles. According to the master plan, the dump is planned to be located on the north side of the quarry.

Discussion of the results

Taking into account the projected placement of landfills and the features of the occurrence of rocks, a rational scheme for the spatial placement of geotechnical wells has been developed. To account for the geological structure of the massif, a framework geological model of the deposit was used, based on the interpretation of existing stratigraphic and lithological sections [7, 8].

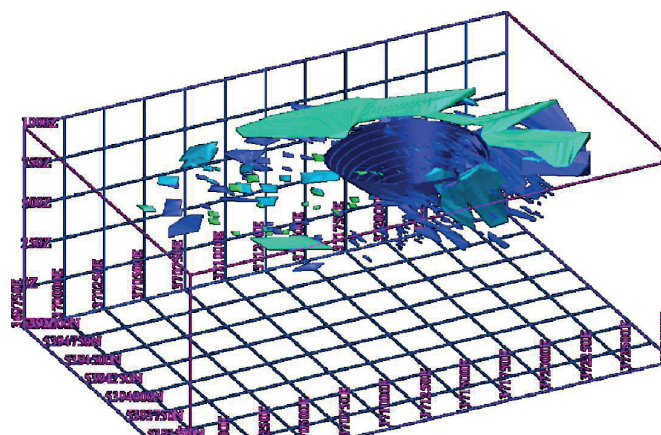


Figure 3. A frame model of the rocks of the Verkhne Kayrakty deposit.
 Сурет 3. Жоғарғы Қайрақты кен орнының тау жыныстарының қаңқалық моделі.
 Рис. 3. Каркасная модель горных пород месторождения Верхнее Кайрақты.

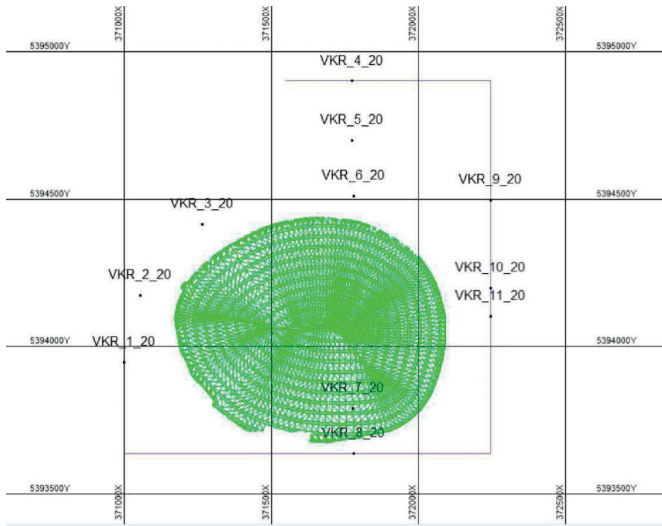


Figure 4. Well placement scheme.
Сурет 4. Үңғымаларды орналастыру схемасы.
Рис. 4. Схема размещения скважин.

Wells are mainly proposed to be drilled along the contour of the quarry. Such an arrangement of wells will allow you to obtain information about the impact on the final contour of the quarry [9, 10].

It is planned to use the VKR_1_20 well to open the interbedded stratum of siltstones and sandstones (Figure 5). The VKR_1_20 well is proposed to be placed along the XIX line.

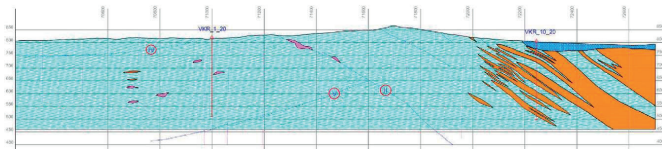


Figure 5. Vertical incision along the XIX line.
Сурет 5. XIX сызық бойынша тік тілігі.
Рис. 5. Вертикальный разрез по линии XIX.

It is proposed to drill the VKR_2_20 well on profile line XXIII (Figure 6). The well is planned to open siltstone and sandstone layers (Figure 6).

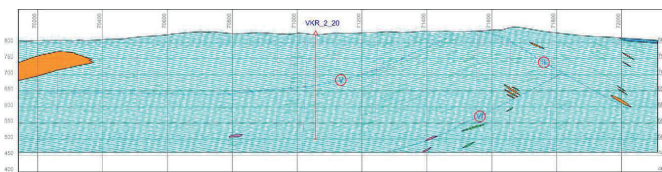


Figure 6. Vertical incision along line XXIII.
Сурет 6. XXIII сызық бойынша тік тілігі.
Рис. 6. Вертикальный разрез по линии XXIII.

Well VKR_3_20 is proposed to be drilled along line XXVII. This well is expected to open the siltstone thickness, quartz vein, gabbro-diorites and gabbro-diabases. In addition, the well reveals a geological disturbance VI. It is recommended to plan the VKR_6_20 well on line XXVII (Figure 7). With a similar location, the well is planned to open clays, siltstones

and sandstones.

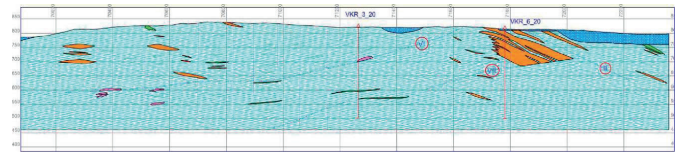


Figure 7. Vertical incision along line XXVII.
Сурет 7. XXVII сызық бойынша тік кесу.
Рис. 7. Вертикальный разрез по линии XXVII.

It is recommended to place the VKR_4_20 well at the base of the planned dump in order to have information about the geological structure of the specified site. Currently, there is no information on the lithological differences composing the stratum.

It is recommended to drill the VKR_5_20 well on line XXXI (Figure 8). As can be seen from Figure 8, the well is planned to open clays, interlayers of siltstones and sandstones, and lenses of sandstones.

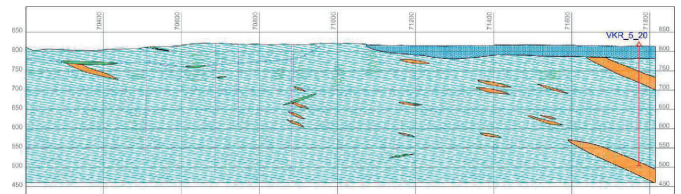


Figure 8. Vertical incision along the XXXI line.
Сурет 8. XXXI сызығы бойынша тік тілігі.
Рис. 8. Вертикальный разрез по линии XXXI.

It is recommended to drill the VKR_7_20 well on line XIII (Figure 9). As can be seen from Figure 9, the well is planned to open gabbro-diabases, gabbro-diorites, interbedding of siltstones and sandstones. Well VKR_8_20 is planned on line X. The well is expected to open gabbro-diabases, gabbro-diorites, siltstones.

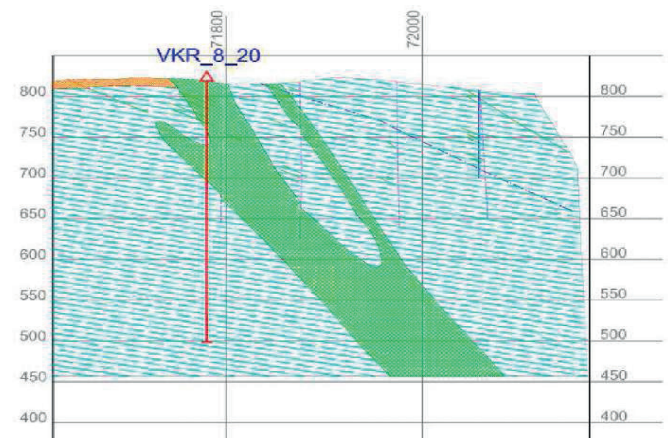


Figure 9. Vertical cut along the X-line.
Сурет 9. X сызығы бойынша тік тілігі.
Рис. 9. Вертикальный разрез по линии X.

It is recommended to drill the VKR_9_20 well along line XXV (Figure 10). This well is expected to open clays and siltstones (Figure 10).

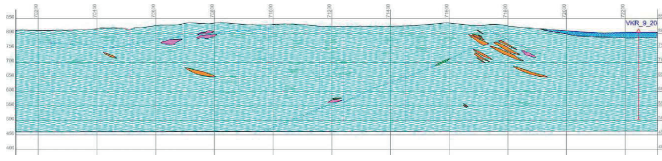


Figure 10. Vertical incision along the XXV line.
Сурет 10. XXV сызығы бойынша тік тілігі.
Рис. 10. Вертикальный разрез по линии XXV.

The VKR_10_20 well is planned to be located along the XIX line. Such an arrangement of the well will make it possible to open clays, siltstones and sandstones. It is recommended to drill the VKR_11_20 well along line XVII (Figure 11).

The VKR_11_20 well is expected to open clays, siltstones and sandstones.

Conclusion

The accuracy and validity of the choice of sites for laying the mouths of geotechnical wells has a key impact on the reliability

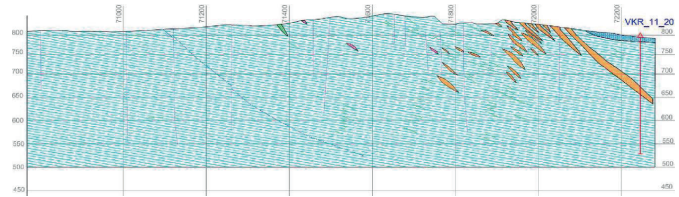


Figure 11. Vertical section along line XVII.
Сурет 11. XVII сызық бойынша тік тілігі.
Рис. 11. Вертикальный разрез по линии XVII.

of the assessment of the geomechanical state of the rock mass of the deposit. The completeness of the initial data used in engineering and geological calculations, modeling of slope stability and subsequent design of mining parameters depends on the correctness of the location of wells. Thus, the optimal choice of coordinates and parameters for laying the mouths of geotechnical wells is one of the most important conditions for ensuring the reliability of design solutions and effective planning of field development.

REFERENCES

1. *Stability Analysis and Design of Open Pit Mine Slope in China / Zhiqiang Yang [et al.] // EJGE. 2014. V. 19. 10247–10266 pp. (in English)*
2. *Substantiation of mining systems for steeply dipping low-thickness ore bodies with controlled continuous stopectraction / Rysbekov K. [et al.] // Mining of Mineral Deposits. 2022. No. 2. 64–72 pp. (in English)*
3. *The Influence of Discontinuities on Rock Mass Quality and Overall Stability of Andesite Rock Slope in West Java / Yanuardian A.R. [et al.] // Mining Geological and Petroleum Collection. 2020. No. 3. 67–76 pp. (in English)*
4. *Shpanskii O.V., Ligotskii D.N., Borisov D.V. Proektirovanie granits otkrytykh gornyykh rabot [Design of open pit mining boundaries]. Sankt-Peterburg, 2003. 257 p. (in Russian)*
5. *Pysmennyi S. (January 27, 2022). Technology for mining of complex-structured bodies of stable and unstable ores. Earth and Environmental Science. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/970/1/012040> (in English)*
6. *Substantiation of the intensified dump reclamation in the process of field development / Kalybekov T. [et al.] // Mining of Mineral Deposits. 2020. No. 2. 59–65 (in English)*
7. *Panin V.I. (September 24-27, 2013). Novaya informatsiya o fizicheskikh svoystvakh rud i porod mestorozhdenii Kol'skogo poluoostrova i ee ispol'zovanie v proektakh razvitiya gornodobyvayushchikh predpriyatii regiona [New information on the physical properties of ores and rocks of the Kola Peninsula deposits and its use in projects for the development of mining enterprises in the region], Monitoring prirodnykh i tekhnogennykh protsessov pri vedenii gornyykh rabot [Monitoring of natural and man-made processes during mining operations]. <https://doi.org/10.13140/2.1.2245.6648> (in Russian)*
8. *The application of a stockpile stochastic model into long-term open pit mine production scheduling to improve the feed grade for the processing plant / Gholamnejad J. [et al.] // Ore-geological-oil collection. 2020. No. 4. 115–129 pp. (in English)*
9. *Krukovskiy O. (July 09, 2019). Numerical simulation of the stress state of the layered gas-bearing rocks in the bottom of mine working. E3S Web of Conferences. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/35/e3sconf_rmget18_00043/e3sconf_rmget18_00043.html (in English)*
10. *Investigation of stressed-strained state of rocks in contour zone of mining extraction working / Demin V.F. [et al.] // Mining magazine. 2004. No. 6. 58–63 pp. (in English)*

ПАЙДАЛАНЫҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Қытайдағы тұрақтылықты талдау және карьер беткейлерін жобалау / Чжициан Ян [және т. б.] // EDGE. 2014. Т. 19. Б. 10247–10266 (ағылшын тілінде)*
2. *Өндірудің үздіксіз тоқтауы бақыланатын төмен қуатты кен денелерін қазу жүйелерінің негіздемесі / Рысбеков К. [және т. б.] // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру. 2022. № 2. Б. 64–72 (ағылшын тілінде)*

3. Жарылыстардың тау жыныстарының сапасына және Батыс Явадағы андезит жыныстарының беткейінің жалпы тұрақтылығына әсері / Вангуардия А.Р. [және т. б.] // Тау-кен геологиялық-мұнай жинағы. 2020. № 2. Б. 67–76 (ағылшын тілінде)
4. Шпанский О.В., Лигоцкий Д.Н., Борисов Д.В. Ашық тау-кен жұмыстарының шекараларын жобалау: СПб., 2003. 257 б. (орыс тілінде)
5. Письменный С. (27 қаңтар, 2022 ж.). Тұрақты және тұрақсыз кендердің күрделі құрылымдалған массивтерін әзірлеу технологиясы. Жер және қоршаған орта туралы ғылым <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/970/1/012040> (ағылшын тілінде)
6. Кен орындарын игеру процесінде үйінділерді рекультивациялауды қарқындатудың негіздемесі / Қалыбеков Т. [және т. б.] // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру. 2020. № 2. Б. 59–65 (ағылшын тілінде)
7. Панин В.И. (24–27 қыркүйек 2013 ж.). Кола түбегі кен орындарының кендері мен жыныстарының физикалық қасиеттері және оны аймақтың тау-кен кәсіпорындарын дамыту жобаларында қолдану туралы жаңа ақпарат. Тау-кен жұмыстарын жүргізу кезіндегі табиғи және техногендік процестердің мониторингі. <https://doi.org/10.13140/2.1.2245.6648> (орыс тілінде)
8. Қайта өңдеу кәсіпорны үшін шикізат сапасын жақсарту үшін ашық карьерлерде ұзақ мерзімді өндіруді жоспарлауда стохастикалық қор моделін қолдану / Голамнеждад Дж. [және т. б.] // Кен геологиялық-мұнай жинағы. 2020. № 4. Б. 115–129 (ағылшын тілінде)
9. Круковский О. (09 шілде 2019 ж.). Тау-кен кенжарындағы қабатты газды жыныстардың кернеулі күйін сандық модельдеу. Е3 Веб-конференциясы. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/35/e3sconf_rmget18_00043/e3sconf_rmget18_00043.html (ағылшын тілінде)
10. Тау-кен қазбасының контур маңындағы аймағындағы тау жыныстарының кернеулі-деформацияланған жай-күйін зерттеу / Демин В.Ф. [және т. б.] // Тау-кен журналы. 2004. № 6. Б. 58–63 (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ устойчивости и проектирование откосов карьеров в Китае / Чжицян Ян [и др.] // EJGE. 2014. Т. 19. С. 10247–10266 (на английском языке)
2. Обоснование систем разработки крутопадающих рудных тел малой мощности с контролируемой непрерывной остановкой добычи / Рысбеков К. [и др.] // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2022. № 2. С. 64–72 (на английском языке)
3. Влияние разрывов на качество скального массива и общую устойчивость склона андезитовых скал в Западной Яве / Вангуардия А.Р. [и др.] // Горнодобывающий геолого-нефтяной сборник. 2020. № 3. С. 67–76 (на английском языке)
4. Шпанский О.В., Лигоцкий Д.Н., Борисов Д.В. Проектирование границ открытых горных работ: СПб., 2003. 257 с. (на русском языке)
5. Письменный С. (27 января 2022 г.). Технология разработки сложноструктурированных массивов стабильных и нестабильных руд. Наука о земле и окружающей среде. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/970/1/012040> (на английском языке)
6. Обоснование интенсификации рекультивации отвалов в процессе разработки месторождений / Калыбеков Т. [и др.] // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2020. № 2. С. 59–65 (на английском языке)
7. Панин В.И. (24–27 сентября 2013 г.). Новая информация о физических свойствах руд и пород месторождений Кольского полуострова и ее использование в проектах развития горнодобывающих предприятий региона. Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ. <https://doi.org/10.13140/2.1.2245.6648> (на русском языке)
8. Применение стохастической модели запасов в долгосрочном планировании добычи на открытых карьерах для улучшения качества сырья для перерабатывающего предприятия / Голамнеждад Дж. [и др.] // Рудно-геолого-нефтяной сборник. 2020. № 4. С. 115–129 (на английском языке)
9. Круковский О. (09 июля 2019 г.). Численное моделирование напряженного состояния слоистых газоносных пород в забое горной выработки. Веб-конференция E3S. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/35/e3sconf_rmget18_00043/e3sconf_rmget18_00043.html (на английском языке)
10. Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород в приконтурной зоне горной выемочной выработки / Демин В.Ф. [и др.] // Горный журнал. 2004. № 6. С. 58–63 (на английском языке)

Information about the authors:

Khussan B., Ph.D, acting Assistant Professor of the Department «Development of mineral deposits», Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), h.bolathan@ktu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0003-0996-348X>
Tolovkhan B., Ph.D, Director of ASIA-EXPERT LLP (Karaganda, Kazakhstan), baur_999@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8961-9170>
Abdiyeva L., Senior lecturer of the Department «Development of mineral deposits», Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), abdieva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0520-470X>
Rabatuly M., Ph.D, acting Assistant Professor of the Department «Development of mineral deposits», Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), mukhammedrakhym@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7558-128X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Хусан Б., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының доцент м.а., КеАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» (Қарағанды қ., Қазақстан)
Толовхан Б., Ph.D, «ASIA-EXPERT» ЖШС директоры (Қарағанды қ., Қазақстан)
Абдиева Л.М., «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы, КеАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» (Қарағанды қ., Қазақстан)
Рабатұлы М., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының доцент м.а., КеАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Хусан Б., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождения полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)
Толовхан Б., Ph.D, директор ТОО «АЗИЯ-ЭКСПЕРТ» (г. Караганда, Казахстан)
Абдиева Л.М., ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождения полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),
Рабатұлы М., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождения полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

TECH MINING KAZAKHSTAN 2025

**МОДЕРНИЗАЦИЯ И
ЦИФРОВИЗАЦИЯ
ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**
3-я международная отраслевая
конференция и выставка

27 ноября 2025

Астана, Казахстан



16+

www.techmining.ru

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 | ■ Гирационных |
| ■ Самоизмельчения | ■ Щековых |
| ■ Шаровых | ■ Конусных |
| ■ Стержневых | ■ 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 38.49.15

Э.Ю. Сейтмуратова, *Д.О. Даутбеков, С. Бакдаuletкызы, А. Даулетулы
 ТОО «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)

К ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛОГЕНОГРАММ ПРИ АНАЛИЗЕ РУДОНОСНОСТИ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ШЫНГЫС-ТАРБАГАТАЯ)

Аннотация. Приведены результаты анализа рудоносности структурно-формационных зон (СФЗ) Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы (ШТСС), проведенного на базе составленных для них металлогенограмм. Приведены данные об интенсивности проявления рудной минерализации в СФЗ и выявлены среди них наиболее и менее рудоносные. Установлено проявление в разных СФЗ различной рудной минерализации от 2 до 12 типов минерализации. По преобладающим типам минерализации определена металлогеническая специализация СФЗ и ведущие рудные элементы. Анализ интенсивности проявления рудной минерализации согласно временному фактору обозначил наиболее продуктивные стратоевры. Проведено сравнение рудоносности СФЗ ШТСС с аналогичными современными структурами, высокая металлоносность которых отмечается многими исследователями. Проведенный анализ рудоносности СФЗ ШТСС на базе металлогенограмм определенно обозначил дальнейшие направления поисковых работ.

Ключевые слова: Шынгыс-Тарбагатайская складчатая система, структурно-формационная зона, металлогенограммы, рудоносность, перспективные площади, островные дуги, стратоевры.

Өңірлердің кенділігін талдау кезіндегі металлогенограммаларды пайдалану тиімділігіне (Шыңғыс-Тарбағатай мысалында)

Аңдатпа. Мақалада Шыңғыс-Тарбағатай қатпарлы жүйесінің (ШТҚЖ) құрылымдық-формациялық аймақтарының (ҚФА) кенділігі металлогенограммалар негізінде талданған. ҚФА-дағы кенді минералдану қарқындылығы көрсетіліп, ең көп және аз кенді аймақтар анықталған. Көптеген ҚФА-да минералдану полиметалды (2–12 түрі). Минералданудың басым түрлеріне қарай ҚФА-ның металлогендік мамандануы мен жетекші кен элементтері белгіленген. Уақыт факторына сай талдау өнімді стратоденгейлерді көрсетті. ҚФА ШТҚЖ кенділігі ұқсас заманауи құрылымдармен салыстырылып, олардың жоғары металдылығы расталды. Талдау іздестіру жұмыстарын нақтылауға мүмкіндік берді: зерттелмеген стратоденгейлерге, кенді түзілімдер мен қолайлы геодинамикалық жағдайларға назар аудару ұсынылады.

Түйінді сөздер: Шыңғыс-Тарбағатай қатпарлы жүйесі, құрылымдық-формациялық аймағы, металлогенограммалар, кенділік, келешегі зор алаңдар, Арал доғалары, стратоденгейлері.

On the efficiency of using metallogenograms in the analysis of ore content of regions (on the example of Shyngys-Tarbagatai)

Abstract. This article presents the results of an analysis of the ore content of the structural-formational zones (SFZ) of the Shyngys-Tarbagatai folded system (STFS), based on their metallogenograms – highly informative documents. Data on ore mineralization intensity are provided, identifying the most and least ore-bearing zones. It is established that mineralization varies across SFZs, predominantly polymetallic (2 to 12 types). Metallogenic specialization and key ore elements are defined. The analysis by stratigraphic levels reveals the most productive ones. A comparison with similar modern structures confirms high ore potential. The study outlines exploration priorities, focusing on under-studied stratolevels and favorable geodynamic settings to enhance the industrial prospects of the STFS.

Key words: Shyngys-Tarbagatai folded system, structural-formational zone, metallogenograms, ore-bearing, prospective areas, island arcs, stratolevels.

Введение

В связи с непроходящей необходимостью пополнения и укрепления минерально-сырьевой базы страны, под которой во все времена имелся в виду не только фонд разведанных и подготовленных к освоению объектов, но и фонд перспективных площадей, перед геологической отраслью стоит неотложная задача по усилению поисковых работ. На современном уровне эффективность последних во многом зависит от научного обоснования перспективности площадей, на которых планируется проведение поисково-оценочных и разведочных работ.

Выявление перспективных площадей является одним из главных итогов регионально-металлогенических исследований, которые на современном этапе в стране практически не проводятся, в связи с бытующим почему-то мнением о высоком уровне геолого-металлогенической изученности территории Казахстана. Тем не менее, она проведена крайне неравномерно, и в ряде регионов достаточно давно – в 60–70-е годы прошлого столетия [1–3].

Так из пяти складчатых систем казахстанской части Центрально-Азиатского складчатого пояса (рис. 1), наименее изученной в металлогеническом аспекте является Шынгыс-Тарбагатайская складчатая система (ШТСС). В соответствии с этим, авторы в 2024 году в рамках гранта 2024–2026 гг. приступили к доизучению металлогении ШТСС.

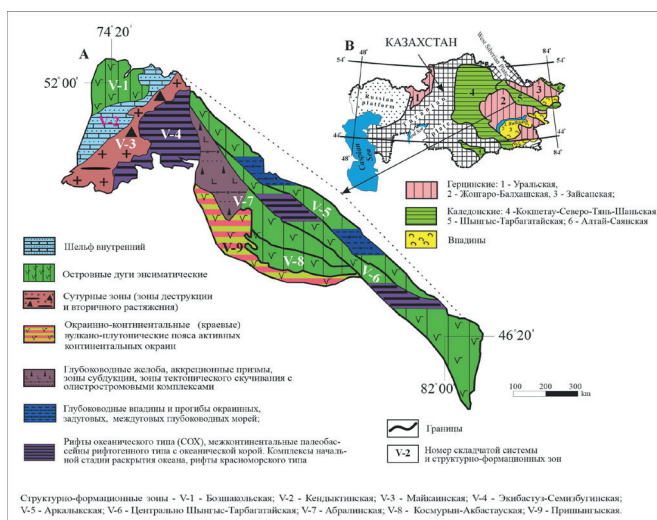


Рис. 1. А – схема структурно-формационного районирования ШТСС; Б – положение ШТСС в палеозоидах Казахстана (А.А. Абдулин, 1981 г.).
Сурет 1. А – ШТҚЖ құрылымдық-формациялық аудандастыру схемасы; Б – Қазақстанның палеозойдтарындағы ШТҚЖ жағдайы (А.А. Абдулин, 1981 ж.).

Figure 1. A – scheme of structural-formational zoning of the STSS; B – position of the STSS in the Paleozooids of Kazakhstan (A.A. Abdulin, 1981).

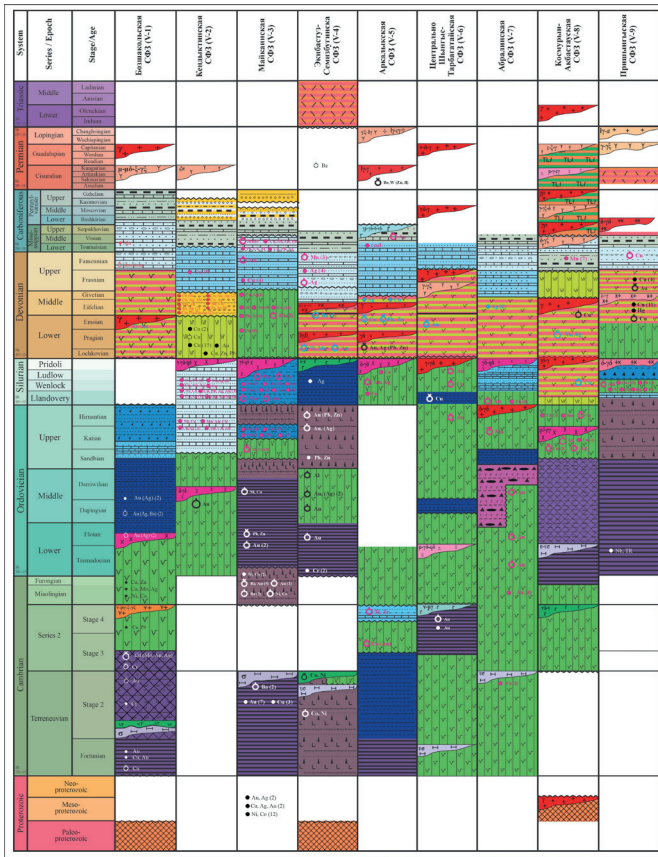


Рис. 2. Сводные фрагменты металлогенограмм 9-ти СФЗ ШТСС.

Сурет 2. ШТҚЖ-нің 9 құрылымдық-формациялық аймағы (ҚФА) бойынша металлогенограммалардың жинақталған фрагменттері.

Figure 2. Summary fragments of metallogenograms of 9 SFZ SHTFS.

Геологическое строение региона в последние два десятилетия по итогам работ ряда исследователей [4–5 и др.] однозначно трактуется как классическая система островодужных структур, заложившихся на океанической коре ранне-позднекембрийского Казахстанско-Сибирского бассейна. ШТСС испытала длительное полициклическое развитие, что четко считывается с металлогенограмм (рис. 2) [6].

Вертикальные ряды формаций металлогенограмм достаточно полно характеризуют различные палеогеодинамические обстановки и стадии становления земной коры ШТСС. К ним относятся комплексы океанической стадии, комплексы островных дуг и окраинно-континентальных вулcano-плутонических поясов. Все названные палеогеодинамические обстановки проявились в наиболее активную стадию развития ШТСС, охватывающую около 170 млн лет.

Методы исследования

Научное обоснование выделяемых перспективных площадей базируется на результатах металлогенического анализа, представляющих собой комплекс факторов рудоносности, выявленных при изучении закономерностей

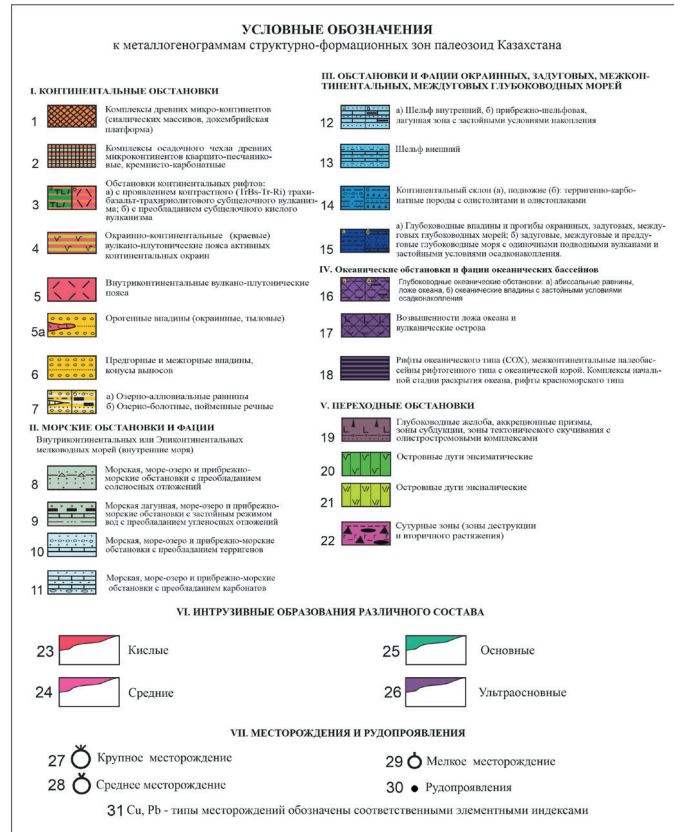


Рис. 3. Условные обозначения к рис. 2. Сурет 3. 2-суретке катысты шартты белгілер. Figure 3. Legend to Figure 2.

размещения месторождений полезных ископаемых [7 и др.]. В качестве одного из методов познания закономерностей размещения полезных ископаемых, еще со времен Ю.А. Билибина (1955 г.) и Н.С. Шатского (1965 г.), считался формационный анализ.

Такое фундаментальное и перспективное направление геологии, как формационное, рассматривающее образование месторождений в тесной связи с геологической эволюцией развития структур, зафиксированных в рядах геологических формаций, в особенностях их строения и условий формирования, было «взято на вооружение» геологами Института геологических наук им. К.И. Сатпаева уже в 70-е годы.

Действительно, формационный метод, использующий первичную информацию о составе и структуре пород формаций, в которых запечатлены все главнейшие особенности их образования, во всех случаях позволяет достаточно надежно определять потенциальную рудоносность анализируемой территории.

На современном этапе по мере накопления фактического материала относительно приуроченности конкретных типов месторождений к участкам земной коры, формировавшихся в определенных геодинамических обстановках, очевидной становится необходимость на базе формационного метода использование и геодинамического анализа или метода геодинамических реконструкций [8–9 и др.]. Проведение последнего означает, прежде всего, последовательное использование принципов актуализма (метода аналогий),

т. е. опознание в палеозонах аналогов современных геодинамических обстановок. В то же время оба главных метода исследования представляют собой комплексные методы.

Выделение металлогенических подразделений любого уровня базируется на совокупности многих или нескольких необходимых условий, которые приводят к формированию и размещению в земной коре месторождений. Эти условия называются металлогеническими факторами или факторами рудоносности. Для металлогенического анализа используются следующие факторы рудоносности: структурно-тектонический; литолого-стратиграфический; магматический; фашиальный или формационный; метаморфический; метасоматический и др.

Главным базовым документом для решения металлогенических задач авторы использовали металлогенограммы ШТСС (рис. 2) [6], составленные для девяти СФЗ, выделенных ранее при проведении структурно-формационного районирования палеозоид Казахстана Г.Ф. Ляпичевым и др. (1995 г.).

В вертикальных колонках металлогенограмм показаны литолого-хронологические ряды стратифицированных и интрузивных образований, колонки формационной типиза-

ции их, вертикальные ряды палеобстановок формирования формаций и колонки проявления рудной минерализации различного ранга (точки минерализации, рудопроявления, месторождения мелкие, средние, крупные) [6–7 и др.].

Работы по выявлению особенностей рудоносности СФЗ ШТСС велись согласно многочисленным методическим пособиям, руководствам и инструкциям по металлогении. Согласно им организация металлогенических исследований сводится к сбору, анализу и синтезу всех материалов, необходимых для металлогенических обобщений и выводов, которые содержат сведения о геологии и металлогении исследуемого региона [1–6, 10 и др.]. Вся эта огромная информация, отраженная в металлогенограммах, позволяет объективно проводить многоаспектный формационно-геодинамический металлогенический анализ палеозоид ШТСС.

Результаты и обсуждение

Считываемая с металлогенограмм рудная нагрузка геологических формаций (рис. 2) [6], позволила определить количественную и качественную характеристику рудоносности СФЗ ШТСС и их металлогеническую специализацию (таблица 1).

Таблица 1

Интенсивность рудоносности структурно-формационных зон Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы V (V-1 – V-9) и их металлогеническая специализация

Кесте 1

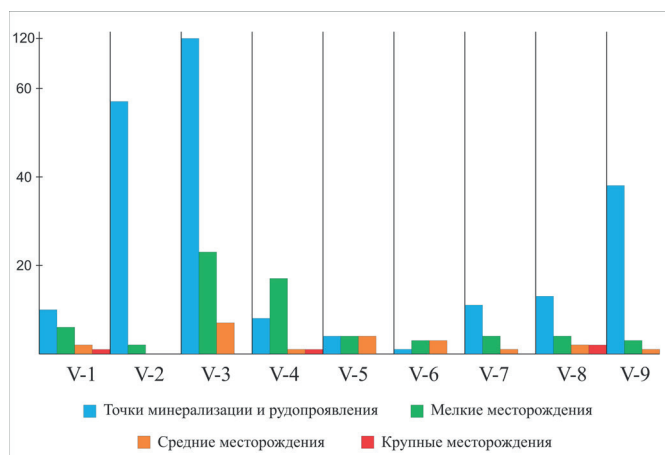
V (V-1 – V-9) Шыңғыс-Тарбағатай қатпарлы жүйесінің құрылымдық-формациялық аймақтарының еенділік қарқындылығы және олардың металлогендік бөлімдері

Table 1

Intensity of ore-bearing of structural-formational zones of the Shyngys-Tarbagatai folded system V (V-1 – V-9) and their metallogenic specialization

Название структурно-формационных зон (СФЗ)	Интенсивность рудоносности СФЗ по количеству проявлений рудной минерализации разного ранга (к.м. – крупные месторождения, с.м. – средние, м.м. – мелкие, т.м. – точки минерализации)	Количество рудных объектов	Металлогеническая специализация СФЗ
Бозшакольская -V-1	<i>Au</i> (м.м.-6, т.м.-3), <i>Cu</i> (к.м.-1, с.м.-1, т.м.-4), <i>Cr</i> (с.м.-1, т.м.-1), <i>Mn</i> (т.м.-1), <i>Ni</i> , <i>Co</i> (т.м.-1)	19	золоторудно-медно-хромовая
Кендыктинская -V-2	<i>Cu</i> (м.м.-1, т.м.-47), <i>Au</i> (м.м.-1, т.м.-5), <i>Ni</i> , <i>Co</i> (т.м.-2), <i>Mn</i> (т.м.-1), <i>Mo</i> (т.м.-1)	58	медно-золоторудная
Майкаинская -V-3 - 150	<i>Cu</i> (м.м.-6, т.м.-60), <i>Ba</i> (с.м.-5, м.м.-5), <i>Ni</i> , <i>Co</i> (с.м.-3, м.м.-3, т.м.-19), <i>Au</i> (м.м.-4, т.м.-24), <i>Mn</i> (м.м.-2, т.м.-7), <i>Pb</i> , <i>Zn</i> (с.м.-1, т.м.-4), <i>Mo</i> (м.м.-1, т.м.-1), <i>Al</i> (т.м.-2), <i>Fe</i> (т.м.-2), <i>Bi</i> (т.м.-1)	150	медно-никель-кобальт-золото-барий-марганцевая
Экибастуз-Семизбугинская -V-4	<i>Au</i> (с.м.-1, м.м.-6), <i>Ni</i> , <i>Co</i> (к.м.-1, м.м.-1), <i>Mn</i> (м.м.-3), <i>Ba</i> (м.м.-3), <i>Ag</i> (м.м.-1, т.м.-5), <i>Cr</i> (т.м.-2), <i>Al</i> (м.м.-1), <i>W</i> (м.м.-1), <i>Be</i> (м.м.-1), <i>Pb</i> , <i>Zn</i> (т.м.-1)	27	золото-серебро-никель, кобальт-марганец-бариевая
Аркалыкская -V-5	<i>Au</i> (с.м.-1, м.м.-2), <i>Cu</i> (с.м.-1, м.м.-1, т.м.-3), <i>Pb</i> , <i>Zn</i> (с.м.-1), <i>Be</i> (с.м.-1), <i>Ti</i> , <i>Zr</i> (м.м.-1), <i>Ag</i> (т.м.-1)	12	медно-золоторудная
Центрально-Шынгызская -V-6	<i>Au</i> (с.м.-2, м.м.-2, т.м.-1), <i>Cu</i> (с.м.-1, м.м.-1)	7	золото-медная
Абралинская -V-7	<i>Au</i> (м.м.-4, т.м.-4), <i>Mn</i> (с.м.-1), <i>Cu</i> (т.м.-5), <i>Ag</i> (т.м.-2)	16	золото-медная
Космурун-Ақбастауская -V-8	<i>Cu</i> (с.м.-2, м.м.-3, т.м.-5), <i>Au</i> (к.м.-2), <i>Mn</i> (т.м.-7), <i>Ag</i> (м.м.-1), <i>Mo</i> (т.м.-1)	21	медно-золоторудно-марганцевая
Пришынгызская -V-9	<i>Cu</i> (м.м.-2, т.м.-28), <i>Au</i> (с.м.-1, м.м.-1), <i>Pb</i> , <i>Zn</i> (т.м.-5), <i>Hg</i> (т.м.-2), <i>Fe</i> (т.м.-1), <i>Nb</i> (т.м.-1), <i>Ni</i> , <i>Co</i> (т.м.-1)	42	медно-золоторудно-свинцово-цинковая

Как видно из таблицы 1 и рис. 4, рудоносность СФЗ ШТСС на современном этапе изученности крайне неравномерная. Так, наибольшее количество объектов выявлено в Майкаинской СФЗ – 150. Эта высокая интенсивность оруденения определяется в основном за счет огромного количества точек минерализации *Cu, Ni-Co, Au, Mn, Pb, Zn, Mo, Al, Fe, Bi* и многочисленных мелких месторождений. Относительно высокая рудоносность отмечается в **Кендыктинской (V-2) СФЗ – 58** объектов и Пришынгызской (V-9) СФЗ – 42. Высокая рудоносность **Майкаинской (V-3) СФЗ** также определяется нахождением в ней медно-колчеданной группы месторождений Майкаин А, В, С и золоторудного месторождения Алпыс.



индексы СФЗ ШТСС: V-1 – Бозшакольская; V-2 – Кендыктинская; V-3 – Майкаинская; V-4 – Экибастуз-Семизбугинская; V-5 – Аркалыкская; V-6 – Центрально-Шынгызская; V-7 – Абралинская; V-8 – Космурун-Акбастауская; V-9 – Пришынгызская

Рис. 4. Распределение разноранговых рудных проявлений в структурно-формационных зонах Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы на современном уровне изученности рудоносности.

Сурет 4. Шынгыс-Тарбагатай қатпарлы жүйесінің құрылымдық-формациялық аймақтарында кендердің зерттелуінің қазіргі деңгейінде әр түрлі рудалық көріністердің таралуы.

Figure 4. Distribution of different-rank ore occurrences in the structural-formational zones of the Shyngys-Tarbagatai folded system at the current level of ore content study.

На фоне отмеченной высокой рудоносности Майкаинской (V-3) СФЗ (150), обращает на себя внимание слабая рудоносность Бозшакольской (19) и Космурун-Акбастауской (21) и очень слабая в Центрально-Шынгызской (7), Абралинской (16) и Аркалыкской (12) СФЗ.

Информация о характере рудоносности СФЗ ШТСС (таблица 1) также показывает, что за исключением Центрально-Шынгызской СФЗ, в которой проявлено только две разновидности минерализации, во всех остальных наблюдается полиметалльная минерализация. Так в Майкаинской СФЗ отмечается до 11 разновидностей рудной

минерализации, а в Экибастуз-Семизбугинской до 12. Наименьшим разнообразием минерализации отличаются Абралинская – 4 и Космурун-Акбастауская – 5.

На фоне отмеченного разнообразия минерализации четко ведущими для всех СФЗ оруденениями являются **золотое и медное**. Первое из них ведущим является в Бозшакольской, Экибастуз-Семизбугинской, Аркалыкской, Центрально-Шынгызской, Абралинской СФЗ. В качестве ведущей, превышая даже золотую, медная минерализация установлена в Кендыктинской, Майкаинской, Космурун-Акбастауской и Пришынгызской СФЗ. В таблице 1 по данным о рудоносности указана также металлогеническая специализация СФЗ ШТСС.

Приведенный в таблице 1 широкий спектр рудной минерализации в СФЗ ШТСС во многом определяется длительностью их развития с интенсивным проявлением вулканизма и интрузивного магматизма, особенно на стадиях развития островодужной и окраинно-континентальной геодинамических обстановок, неоднородностью фундамента и различной глубиной источников оруденения, что видно из разнообразной ассоциации рудной минерализации, в которой просматриваются элементы как мантийного (*Ni, Co, Cr, Ti* и др.), так и корового (*Cu, Au, Mo, Ag* и др.) происхождения. Хотя вопрос полиметалльности требует доизучения.

Выявляемая различная интенсивность оруденения в СФЗ с одинаковыми палеообстановками формирования формаций на данном этапе исследования можно объяснить возможно различным уровнем исследования металлогении данных СФЗ. Этот факт обозначил задачу по доизучению рудоносности, прежде всего СФЗ с низким уровнем рудоносности – Аркалыкской (12 **рудопроявлений**), Центрально-Шынгызской (7), Абралинской (16).

Информация о рудоносности СФЗ ШТСС позволяет также оценить их металлоносность по соотношению разноранговых рудных проявлений (рис. 4). Так во всех СФЗ, за исключением Экибастуз-Семизбугинской (V-4) и Центрально-Шынгызской (V-6), на современном уровне изученности больше всего выявлены точки минерализации. Во всех СФЗ обнаружены разнообразные мелкие месторождения. Преобладающими из всех типов оруденения они являются в Экибастуз-Семизбугинской СФЗ (17) и в Майкаинской (21).

Крупных месторождений в ШТСС известно всего четыре – это медно-порфировое с *Au* и *Pt* Бозшакольское, крупное кобальт-никелевое Экибастуз-Шидертинское, отработанное в 2000-ные годы; крупные золоторудные месторождения – Абыз (*Au, Ag*) и Мизек (*Au, Cu, Zn*), и два средних промышленных объекта – колчеданные медно-полиметаллические с золотом месторождения Космурун и Акбастау. Необходимость повышения статуса всех точек минерализации и мелких месторождений до уровня промышленных объектов очевидна.

Авторы также решили, что важным для поисковой геологии представляется оценка металлогении СФЗ согласно временному фактору, поэтому была определена интенсивность проявления рудной минерализации в СФЗ по стратиграфическим уровням (таблица 2): ранняя пермь – 19 рудных проявлений; поздний карбон – 0, ранний карбон – 56; поздний

Таблица 2

Интенсивность рудоносности структурно-формационных зон Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы по стратоединицам в цифровом выражении

Кесте 2

Шыңғыс-Тарбағатай қатпарлы жүйесінің құрылымдық-формациялық аймақтарының сандық мәндегі стратодөңгейлері бойынша кенділігінің қарқындылығы

Table 2

Intensity of ore-bearing structural-formational zones of the Shyngys-Tarbagatai folded system by stratum levels in digital expression

Стратоуровни	Суммарная интенсивность рудоносности	Структурно-формационные зоны Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы и количество разноранговых рудных проявлений в них.								
		Бозшакольская СФЗ (V-1)	Кендыктинская СФЗ (V-2)	Майкаинская СФЗ (V-3)	Экибастуз-Семизбуғиная СФЗ (V-4)	Аркалыкская СФЗ (V-5)	Центрально-Шыңғызская СФЗ (V-6)	Абралінская СФЗ (V-7)	Космурун-Албағатайская СФЗ (V-8)	Пришынғызская СФЗ (V-9)
P ₃	0									
P ₂	0									
P ₁	12				5*1=5	7*1=7				
C ₂	0									
C ₁	40	1*1=1		5*2+1*9=19	5*3=15	5*1=5				
D ₃	41		1*10=10	5+1*4=9	5+1*4=9	1*1=1			7*1=7	5*1=5
D ₂	55		1*9=9	1*12=12	5*3=15	1*1=1		1*2=2	5*1=5	7+1*4=11
D ₁	134	5*1=5	5+1*16=22	5*4+1*17=37	5*2=10	7*3=21	7*1=7		15*1=15	5+1*12=17
S ₂	32	X		5*3+1*3=18	1*1=1	1*1=1	7*1=7		5*1=5	
S ₁	108	X	1*15=15	5*2+1*20=30		5+1=6	7+5=12	5+1*3=8	7+1*4=11	5+1*21=26
O ₃	97		1*6=6	1*27=27	7+5*2+1=18	X	5*1=5	7*1=7	15+7+5*2+1*2=34	
O ₂	37	5*2+1*2=12	5*1=5	5*1=5	5*2=10	X		5*1=5		
O ₁	55	5*2=10		7+5*2+1*2=19	5*2=10	5*1=5		5*2=10		1*1=1
E ₄	35	X	X	7*5=35	X					X
E ₃	22	1*3=3	X	5*3=15	X			1*4=4		X
E ₂	58	15+7+1=23	X	7+5*3=22	1*2=2	5*1=5	5+1=6			X
E ₁	57	7+5+1*3=15	X	5*2+1*10=20	15+5=20			1*2=2	X	X
Pr ₂	10	X	X	1*10=10	X					
Pr ₁	6			1*6=6						
Т.м. и руд.-1	262	10	56	120	8	4	1	11	13	38
Мел.-5	65	6	2	23	17	4	3	4	4	3
Сред.-7	21	2		7	1	4	3	1	2	1
Круп.-15	4	1			1				2	
Всего	799	69	67	284	115	52	37	38	77	60

интенсивность рудоносности рудных проявлений разного ранга в цифровом выражении: точка минерализации и рудопоявления – 1; мелкие месторождения – 5; средние месторождения – 7; крупные месторождения – 15; X – нет рудных проявлений

девон – 51, средний девон – 55, ранний девон – 134; поздний силур – 27, ранний силур – 108; поздний ордовик – 97, средний ордовик – 37, ранний ордовик – 60; поздний кембрий – 65, средний кембрий – 52, ранний кембрий – 59; ранний протерозой – 6, поздний протерозой – 10.

Проведенный анализ четко обозначил наиболее продуктивные стратоединицы – это позднеордовикский – 97, раннесилурийский – 108 и раннедевонский – 134. Вызывает большое удивление почти полное отсутствие оруденения

на уровнях поздней и средней перми и позднего карбона. Этот факт труднообъясним, так как за исключением Майкаинской и Абралинской СФЗ, на данных стратоединицах во всех СФЗ достаточно широко проявлен интрузивный магматизм, обычно провоцирующий рудообразование.

Проведенный анализ рудоносности, отмеченной в металлогенотипах СФЗ ШТСС, дает достаточно полную их металлогеническую характеристику на данный момент изученности, но, что особенно важно, в итоге этого ана-

лиза выявились «белые пятна», требующие доизучения и объяснения.

Особенно это касается почти полной безрудности или очень слабой, таких продуктивных геодинамических обстановок как островные дуги и окраинно-континентальные ВПП.

Так, в *Бозшакольской (V-1) СФЗ* островные дуги (E_2-O_1) и окраинно-континентальный вулcano-плутонический пояс (D_{1-3}) практически пусты. Кроме крупного медно-порфирикового месторождения Бозшаколь здесь не выявлено больше не только ни одного типового для подобных обстановок месторождения, но даже рудопроявления. Поэтому доизучение СФЗ входит в программу будущих работ под номером один.

Также слабо рудоносна *Кендыктинская (V-2) СФЗ*, для которой, кроме мелкого месторождения меди Аяк-Ходжан, выявлено только большое количество точек минерализации, локализованных в формациях различных геодинамических обстановок, включая островодужные. Низкий уровень опоскования очевиден.

В наиболее продуктивной *Майкаинской (V-3) СФЗ* выявлено 17 мелких месторождений, требующих доизучения и переоценки.

В *Аркалыкской (V-5) СФЗ* рудные объекты наблюдаются по всему разрезу, но это все в основном точки минерализации и рудопроявления. Выявлено только 5 средних по масштабу рудных месторождений, которые в настоящее время еще не разрабатываются. Данное положение возможно связано с тем, что вся северо-западная часть СФЗ находилась долгие годы в пределах Семипалатинского ядерного полигона. Здесь также необходимо проведение поисковых работ.

Особого внимания требует низкая рудоносность *Центрально-Шынгызской (V-6) и Абралинской (V-7) СФЗ*. В обеих СФЗ рудоносность определяют преимущественно точки минерализации, требующие доизучения. Учитывая медно-золоторудную специализацию СФЗ, при усиленном

проведении поисковых работ можно рассчитывать на выявление медно-порфириковых и золоторудных промышленно значимых объектов.

Заключение

Приведенная краткая характеристика рудоносности СФЗ ШТСС, их металлогенической специализации и некоторых особенностей проявления минерализации по латерали и вертикали, свидетельствует, к сожалению, о слабой их рудоносности на современном уровне изученности ШТСС.

Выделяемые в ШТСС палеообстановки при сравнении их с современными обнаруживают почти полную аналогию с ними, что позволяет при изучении рудоносности СФЗ ШТСС ориентироваться на их рудоносность, которая, как уже отмечалось выше, многими исследователями оценивается очень высоко [8, 11–12 и др.].

Низкая рудоносность СФЗ ШТСС, за исключением Майкаинской СФЗ, возможно все же связана с недостаточной опоскованностью региона. Проведенный на базе металлогенограмм предварительный металлогенический анализ данных о рудоносности СФЗ обозначил ряд задач для поисковой геологии, только с решением которых можно будет получить объективную оценку промышленных перспектив рудоносности СФЗ ШТСС. Проведенный на базе металлогенограмм металлогенический анализ рудоносности СФЗ ШТСС еще раз показывает их высокую информативность, способствующую ускоренному определению новых направлений поисковых работ с целью выявления новых перспективных рудных объектов и месторождений разного ранга.

Благодарность

Финансирование: *Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан, АР23485553 «Оценка промышленных перспектив рудоносности Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы с позиций современных геотектонических концепций» (2024–2026 гг.).*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Геология Чингизской геоантиклинорной зоны (Центральный Казахстан): Алма-Ата, Наука, 1962. 168 с. (на русском языке)*
2. *Геология и металлогения Чингиз-Тарбагатайского мегаантиклинория / Жаутиков Т.М. [и др.]. Алма-Ата: Наука, 1977. 158 с. (на русском языке)*
3. *Геологические формации и металлогения Чингиз-Тарбагатайской складчатой системы / Михайлов Н.П. [и др.]. Л.: Недра, 1981. 223 с. (на русском языке)*
4. *Дегтярев К.Е. Тектоническая эволюция раннепалеозойской активной окраины в Казахстане: М.: Наука, 1999. 123 с. (на русском языке)*
5. *Рязанцев А.В. Структурная зональность нижнепалеозойских комплексов в Боцекульской островодужной системе на северо-востоке Центрального Казахстана // Очерки по региональной тектонике. Т. 2: Казахстан, Тянь-Шань, Полярный Урал. М.: Наука, 2005. С. 5–39 (на русском языке)*
6. *Определение и оценка промышленных перспектив рудоносности структурно-формационных зон палеозойд Казахстана на базе анализа металлогенограмм: отчет о НИР / ТОО Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева, Алматы, 2024, 206 с. Библиограф: С. 227. №ГР0122РК00522 (на русском языке)*
7. *Субдукция: двигатель переработки для глобальной металлогении / Гроувс Д.И. [и др.] // Обзоры рудной геологии. 2021. № 104130. С. 1–11 (на английском языке)*

8. Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. Пер. с англ.: М.: Мир, 1984. 496 с. (на английском языке)
9. Геодинамические реконструкции (Методическое пособие для региональных геологических исследований) / Абрамович И.И. [и др.]. Л., 1989. 278 с. (на русском языке)
10. Полезные ископаемые Казахстана: Объяснительная записка к Карте полезных ископаемых Казахстана масштаба 1:1 000 000. Ред.: Никитченко И.И., Ужкенов Б.С. [и др.]. Кокшетау, 2002. 188 с. (на русском языке)
11. Хеденгвист Д.В. Последние достижения в понимании и разведке эпитермальных месторождений вулканических дуг // Конференция Тихоокеанского региона. Аннотация, 2015. С. 1–6 (на английском языке)
12. Силитоу Р.Х. Типы месторождений золота: обзор // Общество экономических геологов. 2020. С. 1–28 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шыңғыс геоантиклинорлық аймағының геологиясы (Орталық Қазақстан): Алматы: Ғылым, 1962. 168 б. (орыс тілінде)
2. Шыңғыс-Тарбағатай мегаантиклинориясының геологиясы мен металлогениясы / Т.М. Жәутіков [және т. б.]. Алма-Ата: Ғылым, 1977. 158 б. (орыс тілінде)
3. Шыңғыс-Тарбағатай қатпарлы жүйесінің геологиялық түзілімдері мен металлогенезі / Михайлов Н.П. [және т. б.]. Л.: Жер қойнауы, 1981. 223 б. (орыс тілінде)
4. Дегтярев К.Е. Қазақстандағы ерте палеозой белсенді аймағының тектоникалық эволюциясы: М.: Ғылым, 1999. 123 б. (орыс тілінде)
5. Рязанцев А.В. Орталық Қазақстанның солтүстік-шығысындағы Бозшакөл аралдық доғалық жүйесіндегі төменгі палеозой кешендерінің құрылымдық аймақтылығы // Аймақтық тектоника туралы очерктер. Т. 2: Қазақстан, Тянь-Шань, Полярлық Орал: М.: Ғылым, 2005. Б. 5–39 (орыс тілінде)
6. Қазақстан палеозойының құрылымдық-формацциялық аймақтарының рудалылық бойынша өндірістік болашағын металлогенограммалар талдауы негізінде анықтау және бағалау: ФЗЖ туралы есеп / «Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты» ЖШС, Алматы, 2024, 206 б. Библиографиялық көрсеткіш: С. 227. №ГР0122РК00522 (орыс тілінде)
7. Субдукция: жаһандық металлогенезге арналған қайта өңдеу қозғалтқышы / Гроув Д.И. [және т. б.] // Кен геологиясына шолулар. 2021. № 104130. Б. 1–11 (ағылшын тілінде)
8. Митчелл А., М. Гарсон. Минералды кен орындарының жаһандық тектоникалық позициясы. Ағылшын тілінен.: М.: Әлем, 1984. 496 б. (ағылшын тілінде)
9. Геодинамикалық қайта құру (Аймақтық геологиялық зерттеулерге арналған әдістемелік құрал) / Абрамович И.И. [және т. б.]. Л., 1989. 278 б. (орыс тілінде)
10. Қазақстанның пайдалы қазбалары: 1: 1 000 000 масштабтағы Қазақстанның пайдалы қазбалар картасына түсіндірме жазба. Ред.: Никитченко И.И., Ужкенов Б.С. [және т. б.]. Көкшетау, 2002. 188 б. (орыс тілінде)
11. Хеденгвист Д.В. Вулкандық доғалық эпитермиялық кен орындарын түсіну мен барлаудағы соңғы жетістіктер // Тынық мұхиты аймағының конференциясы. Аннотация, 2015. Б. 1–6 (ағылшын тілінде)
12. Силитоу Р.Х. Алтын кен орындарының түрлері: шолу. // Экономикалық геологтар қоғамы. 2020. Б. 1–8 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Geologiya Chingizskoi geoantiklinornoj zony (Tsentral'nyi Kazakhstan) [Geology of the Chingiz geoanticlinor zone (Central Kazakhstan)]: Alma-Ata, Nauka, 1962. 168 p. (in Russian)
2. Geologiya i metallogeniya Chingiz-Tarbagataiskogo megaantiklinoriya [Geology and metallogeny of the Chingiz-Tarbagatai megaanticlinorium], Zhautikov T.M. [et al.]. Alma-Ata, Nauka, 1977. 158 p. (in Russian)
3. Geologicheskie formatsii i metallogeniya Chingiz-Tarbagataiskoi skladchatoi sistemy [Geological formations and metallogeny of the Chingiz-Tarbagatai fold system], Mikhailov N.P. [et al.]. L.: Nedra, 1981. 223 p. (in Russian)
4. Degtyarev K.E. Tektonicheskaya evolyutsiya rannepaleozoiskoi aktivnoi okrainy v Kazakhstane [Tectonic evolution of the early Paleozoic active margin in Kazakhstan]. Moscow: Nauka, 1999. 123 p. (in Russian)

5. Ryazantsev A.V. *Strukturnaya zonal'nost' nizhnepaleozoiskikh kompleksov v Boshchekul'skoi ostrovoduzhnoi sisteme na severo-vostoke Tsentral'nogo Kazakhstana* [Structural zoning of lower Paleozoic complexes in the Boshchekul island-arc system in the northeast of Central Kazakhstan], *Ocherki po regional'noi tektonike. T. 2: Kazakhstan, Tyan'-Shan', Polyarnyi Ural* [Essays on regional tectonics. V. 2: Kazakhstan, Tien Shan, Polar Urals]. Moscow: Nauka, 2005. 5–39 pp. (in Russian)
6. *Opreделение i otsenka promyshlennykh perspektiv rudonosnosti strukturno-formatsionnykh zon paleozoid Kazakhstana na baze analiza metallogenogramm: otchet o NIR / TOO Institut geologicheskikh nauk imeni K.I. Satpaeva* [Determination and assessment of industrial prospects for ore bearing in the structural-formational zones of paleozoids of Kazakhstan based on the analysis of metallogenograms: report on research work / LLP Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev], Almaty, 2024, 206 p. Bibliographer: P. 227. No. GR0122RK00522 (in Russian)
7. *Subduction: A Recycling Engine for Global Metallogeny* / Groves D.I. [et al.] // *Ore Geology Reviews*. 2021. No. 104130. 1–11 pp. (in English)
8. Mitchell A., Garson M. *Global Tectonic Position of Mineral Deposits. Transl. from English: Moscow, Mir, 1984. 496 p. (in English)*
9. *Geodinamicheskie rekonstruktsii (Metodicheskoe posobie dlya regional'nykh geologicheskikh issledovaniy)* [Geodynamic Reconstructions (Methodological Guide for Regional Geological Studies)], Abramovich I.I. [et al.]. L., 1989. 278 p. (in Russian)
10. *Poleznye iskopaemye Kazakhstana: Ob'yasnitel'naya zapiska k Karte poleznykh iskopaemykh Kazakhstana masshtaba 1:1 000 000* [Useful minerals of Kazakhstan: Explanatory note to the map of useful minerals of Kazakhstan on a scale of 1:1 000 000]. Ed.: Nikitchenko I.I., Uzhkenov B.S. et al. Kokshetau, 2002. 188 p. (in Russian)
11. Hedengvist D.V. *Recent advances in understanding and exploration of volcanic arc epithermal deposits // Pacific Rim Conference. Abstract, 2015. 1–6 pp. (in English)*
12. Sillitoe R.H. *Gold deposit types: a review // Society of Economic Geologists. 2020. 1–28 pp. (in English)*

Сведения об авторах:

Сейтмуратова Э.Ю., доктор геол.-минер. наук, академик НАН РК, руководитель лаборатории геологических и рудных формаций, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), seimuratova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8403-4635>

Даутбеков Д.О., доктор Ph.D, ведущий научн. сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), dautbekov_diyas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8220-5450>

Бақдаулетқызы С., мл. научн. сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), bagdauletkyzy.saltanat@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-8940-7124>

Даулетұлы А., мл. научн. сотрудник, «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), dauletuly.ansagan@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-8885-4658>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сейтмуратова Э.Ю., геол.-минер. ғылымдарының докторы, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының академигі, Геологиялық және кен формациялары зертханасының меңгерушісі, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан)

Даутбеков Д.О., Ph.D докторы, жетекші ғылыми қызметкер, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан)

Бақдаулетқызы С., кіші ғылыми қызметкер, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан)

Даулетұлы А., кіші ғылыми қызметкер, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Seitmuratova E. Yu., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of the Laboratory of Geological and Ore Formations, K.I. Satpayev Institute of Geological Sciences (Almaty, Kazakhstan)

Dautbekov D. O., Doctor Ph.D, leading Researcher, K.I. Satpayev Institute of Geological Sciences (Almaty, Kazakhstan)

Bakdauletkyzy S., junior Researcher, K.I. Satpayev Institute of Geological Sciences (Almaty, Kazakhstan)

Dauletuly A., junior researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)

Код МРНТИ 52.31.51

Г.Ж. Жолтаев¹, Г.Ж. Нуржанов², *К.С. Тогизов¹, Д.Б. Муратханов¹
¹Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан),
²ТОО «Kazakhmys Barlau» (г. Караганда, Казахстан)

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОСПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ И ОСВОЕНИЯ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы восполнения запасов и освоения редких и редкоземельных металлов (РЗМ и РЗЭ) на территории Южного Казахстана с учетом геологических и минерагенических особенностей региона. Основное внимание уделяется ванадиевым черным сланцам Большого Каратау и фосфоритам Малого Каратау как источникам редких и редкоземельных металлов. Анализируются геологические предпосылки для выявления и разведки новых месторождений, а также оцениваются возможности их промышленного освоения. Отмечается важность комплексного подхода к геологоразведочным работам и необходимость разработки эффективной стратегии устойчивого использования минерально-сырьевой базы. Представленные материалы могут быть полезны при планировании и реализации государственной политики в сфере недропользования.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, редкие металлы, ванадий, месторождения, геологоразведка, Южный Казахстан, Большой Каратау, Малый Каратау, фосфориты, черные сланцы.

Қазақстандағы сирек және сирек жер металдары қорын қалпына келтіру мен игерудің болашағы

Аннотация. Мақалада Оңтүстік Қазақстан аумағындағы сирек және сирек жер металдарының (СЖМ мен СЖЭ) қорларын толықтыру және игеру перспективалары өңірдің геологиялық және минерагендік ерекшеліктерін ескере отырып қарастырылады. Негізгі назар Үлкен Қаратау ванадийлі қара тақтатастары мен Кіші Қаратаудың фосфориттеріне сирек және сирек жер металдарының көзі ретінде аударылады. Жаңа кен орындарын анықтау мен барлауға арналған геологиялық алғышарттар талданып, оларды өндірістік тұрғыда игеру мүмкіндіктері бағаланады. Геологиялық барлау жұмыстарына кешенді тәсілдің маңыздылығы мен минералдық-шикізат базасын тұрақты пайдаланудың тиімді стратегиясын әзірлеу қажеттілігі атап өтіледі. Ұсынылған материалдар жер қойнауын пайдалану саласындағы мемлекеттік саясатты жоспарлау мен іске асыруда пайдалы болуы мүмкін.

Үйіңді сөздер: сирек жер элементтері, сирек металдар, ванадий, кен орындары, геологиялық барлау, Оңтүстік Қазақстан, Үлкен Қаратау, Кіші Қаратау, фосфориттер, қара тақтатастар.

Prospects for replenishment of reserves and development of rare and rare earth metals in Kazakhstan

Abstract. The article examines the prospects for replenishing reserves and developing rare and rare-earth metals (RRMs and REMs) in the territory of Southern Kazakhstan, taking into account the geological and metallogenic features of the region. Particular attention is given to the vanadium-bearing black shales of the Greater Karatau and the phosphorites of the Lesser Karatau as sources of rare and rare-earth metals. The geological prerequisites for the identification and exploration of new deposits are analyzed, along with an assessment of the potential for their industrial development. The importance of an integrated approach to geological exploration and the need to develop an effective strategy for the sustainable use of the mineral resource base are emphasized. The presented materials may be useful for planning and implementing state policy in the field of subsoil use.

Key words: rare rare-earth elements, rare metals, vanadium, mineral deposits, geological exploration, Southern Kazakhstan, Greater Karatau, Lesser Karatau, phosphorites, black shales.

Введение

Бурное развитие современных технологий в мире за последние десятилетия обусловило широкое использование редкоземельных элементов в самых разных отраслях промышленности. Они необходимы для производства высокотехнологических устройств, в том числе волоконной оптики, лазеров, сверхпроводников, катализаторов и в нефтеперерабатывающей промышленности и производстве пластмасс. Уникальные химические и физические их свойства обеспечивают высокую эффективность во многих промышленных процессах. Увеличивающийся спрос на редкоземельные элементы в мире ставит задачу создания устойчивой сырьевой базы для их производства в Казахстане.

Поэтому изучение и расширение сырьевой базы РЗЭ и совершенствование технологии их извлечения для Казахстана является одним из приоритетных направлений не только в геологических изысканиях, но и в экономическом развитии страны.

Целью нашей статьи является обращение внимания Правительства и компаний на новые объекты, по которым в перспективе имеются возможности восполнения и расширения запасов РЗЭ и на необходимых для развития инфраструктуры и современных технологий на действующих в Казахстане производственных предприятиях.

Из большого числа имеющихся объектов в Казахстане предметом рекомендации выбраны месторождения в Южном регионе, приуроченные к ванадиеносным и фосфо-

ритоносными рудам [1, 2, 3, 4, 5], где имеются производственные условия для добычи и переработки РЗЭ.

1. Краткая история изучения редкоземельных металлов в Казахстане

Первые сведения о высоких содержаниях РЗЭ (рения) на территории Казахстана были получены в 1941 году в молибденовых концентратах Балхашской обогатительной фабрики, перерабатывающей руды месторождения Конырат в лаборатории рассеянных металлов «Гиредмет», было установлено, что месторождение Конырат с содержанием 150 г/т относится к категории месторождений, богатых в мире руд, содержащих рений и на этой основе на Балхашском заводе было налажено промышленное производство рения. Казахстан стал одним из первых в мире производителей рения [6].

Наиболее крупные ресурсы рения приурочены к медистым песчаникам Жезказганской группы месторождений. Группой ученых Т.А. Сатпаева, Э.Е. Файн, М.К. Саптаева, С.К. Калинин и др. было доказано, что рений, попутно извлекаемый с медью, серебром, свинцом и цинком следует отнести к главным полезным компонентам руд и «что Жезказган нужно считать также месторождением рения» [6].

В период Советского Союза благодаря Иртышскому химико-металлургическому заводу, работавшему на привозном сырье из России, Бразилии, Австралии, Индии Казахстан стал в одно время крупным производителем РЗЭ,

потребителями которых были Россия, Япония, Германия, Швеция и США.

Это налаженное производство РЗЭ нарушилось с распадом Советского Союза и тогда наступило понимание о необходимости создания минерально-сырьевой базы собственных руд.

Благодаря усилиям геологов, месторождения РЗЭ выявлены во многих регионах республики. К примеру, известны в западных регионах месторождения Иргизское, Берсыксай в Мугоджарах, Меловое и Ауртас на Мангышлаке, на севере Кундыбай, Шок-Карагай и Обуховское, на востоке Верхнее Эспе, Юбилейное, в Центральном Казахстане Верхнее Кайракты, Жанет, Шубарколь, а на юге Баласаускандык, Курумсак, Жанатас, Коксу, Буденовское и др.

По результатам анализа геологической информации, проведенного в Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева, можно заключить, что Казахстан обладает значительными перспективами для развития минерально-сырьевой базы РЗЭ [7, 8].

По признанию современников «К.И. Сатпаев придавал исключительное значение изучению, получению и использованию примесей редких и рассеянных элементов, содержащихся в минеральном сырье. При его непосредственном содействии были проведены исследования, которые привели к установлению крупных ресурсов редчайшего элемента рения и связанного с ним радиогенного изотопа осмия [6].

Предвидя возрастающий спрос на редкие и редкоземельные элементы в будущем, К.И. Сатпаев придавал большое значение на оснащение лаборатории Института дорогостоящими электронными микроскопами, рентгеновскими и изотопными установками и микроанализаторами. Он считал, что стоимость отдельных элементов-примесей рения, осмия, германия и др. будет значительно превышать цену основных компонентов руд меди, свинца, фосфатов и др.

Лидером в мире по запасам РЗЭ и технологии обработки этих элементов и основным поставщиком редкоземельного сырья на мировой рынок на (90%) является Китай.

Казахстан, обладая значительными ресурсами РЗЭ, имеет большой потенциал для расширения их сырьевой базы во исполнение Поручения Президента К.Ж. Токаева (рис.1).

2. Перспективы расширения ресурсной базы РЗЭ в Южном Казахстане

Учитывая степень геологической изученности по РЗЭ, по развитости производственных и технологических условий и методов их извлечения, на сегодня в первых рядах Южный-Казахстан, где достаточно хорошо изучены месторождения фосфорита, ванадия и урана, в составе руд которых наблюдается повышенное содержание РЗЭ, где имеются возможности ускоренной реализации Поручения Президента.

Важной задачей является выявление новых залежей РЗЭ, совершенствование методов их добычи и переработки, а также разработка эффективных стратегий по рациональному использованию.

2.1. Редкоземельно-ванадиевая группа месторождений

Месторождения ванадия связаны с ванадиеносной пачкой Курумсакской свиты, образовавшейся в раннем-среднем кембрии в условиях пассивной континентальной окраины в Каратау и Байконурской зоне Улытау. По данным С.Г. и Е.А. Анкиновичей [2, 4] ванадиеносная пачка имеет одинаковое внутреннее строение на всей площади ее распространения. В ее пределах выявлено два крупных (Баласаускандык и Курумсак) и ряд мелких месторождений ванадия (рис. 2). В рудах этих месторождений установлена прямая корреляционная связь между ванадием и редкоземельными элементами. Установлено, что кроме ванадия руды содержат повышенные содержания молибдена, урана, иттрия и рения. Концентрации редкоземельных элементов и элементов группы железа-ванадия имеют сингенетическое происхождение.

В первичных рудах Баласаускандык содержатся (%): V_2O_5 – 0,66, P_2O_5 – 0,53, SiO_2 – 65,2; в окисленных – соответственно 0,89, 0,73 и 77,5. В числе попутных компонентов установлены (%): Mo – 0,02, Cu – 0,03, Zn – 0,5, Pb – 0,008–0,02, Ge – 10–50 г/т, Ag – 4–10 г/т, Se – 10–150 г/т, Re – 5 г/т, редкоземельные элементы – 0,03–0,07% (в среднем 0,05%). Y (0,001–0,07%), Yb (до 0,005%) и La (до 0,007%) составляют 65–75% Σ РЗЭ. Меньше встречаются Er , Ce , Tb , Lu , Gd , Ho , Dy и Sm . Содержание Sc достигает 0,01%. Из платиноидов выявлены Pt и Pd , распределение которых по горизонту неравномерно. Максимум Pt – в кремнисто-углисто-глинистых сланцах (до 140 мг/т), Pd – во всех породах рудного горизонта, особенно в зоне окисления (до 400 мг/т) [2, 4, 9].

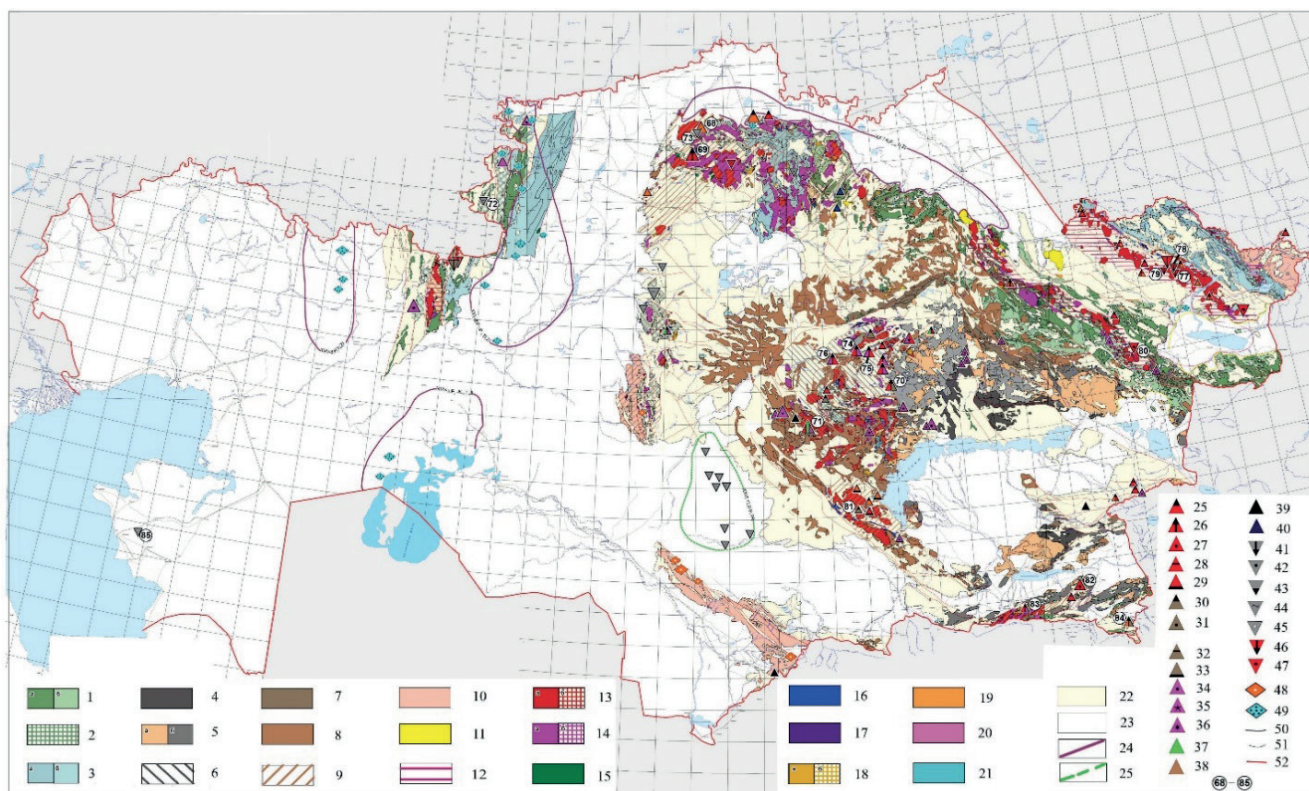
На месторождении Курумсак в составе рудного ванадиеносного горизонта выделено 10 рудных пачек. По месторождению среднее содержание редкоземельных элементов составляет 0,052%. Иттриевая группа элементов (туллий, гадолиний, иттрий, лютеций, европий и тербий) составляет 63–73% от общего содержания редких земель.

По ресурсам РЗЭ ванадиеносных горизонтов месторождений Курумсак и Баласаускандык, и с учетом повышенных содержаний в них редких земель их можно отнести к крупным редкоземельным месторождениям. Среди редких земель преобладают элементы иттриевой группы. Получение концентратов редких земель из ванадиевых руд зависит от технологии разработки этих месторождений на ванадий.

Рекомендуются проведение минералого-геохимических исследований ванадиеносных руд на определение закономерностей распределения редких земель на микро- и наноуровне и поисково-разведочные работы по флангам уже известных месторождений на выявление новых рудных тел, что, в свою очередь, позволит увеличить запасы месторождений.

2.2. Редкоземельно-фосфоритовая группа месторождений

Месторождения фосфоритов демонстрируют исключительно высокое обогащение REY (> 1000 г/т), особенно средне- (MREY) и тяжелые редкоземельные элементы (HREY). Фосфориты с таким высоким содержанием REY были обнаружены по всему миру и в различных геоло-



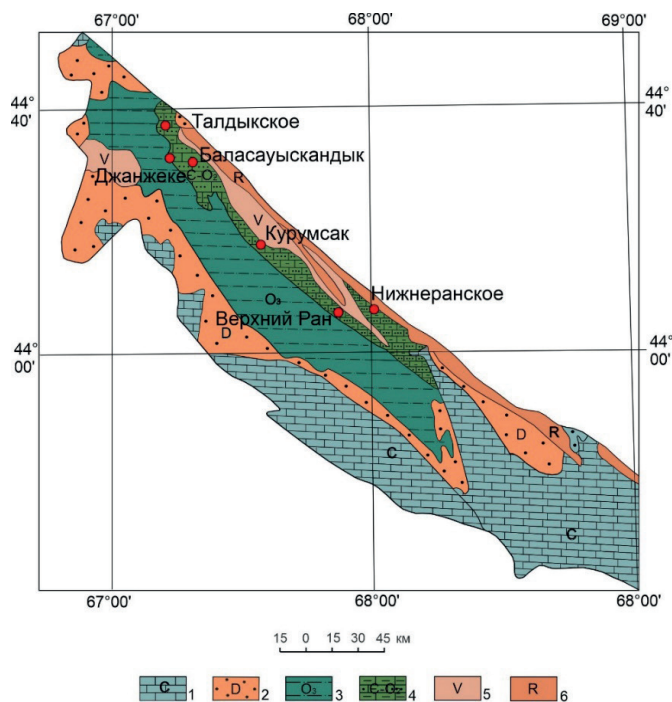
Условные обозначения

1–3 – островные дуги: 1 – энсиматические раннего (а) и позднего (б) этапов развития, 2 – докембрийские нерасчлененные, 3 – энсиалические раннего (а) и позднего (б) этапов развития; 4–6 – позднепалеозойский краевой вулcano-плутонический пояс (впп): 4 – фронтальная и 5 – центральная область Р (а) и С (б) возраста, 6 – тыловой магматический пояс; 7–9 – девонский краевой впп: 7 – фронтальная и 8 – центральная область, 9 – тыловой магматический пояс; 10 – пассивные континентальные окраины; 11 – горячие точки; 12 – зоны коллизии: энсиалические; 13–21 – интрузии: 13 – граниты палеозойские (а) и докембрийские (б), 14 – гранодиориты, плагиограниты палеозойские (а) и докембрийские (б), 15 – диориты, 16 – габбро, 17 – ультрамафиты, 18 – сиениты палеозойские (а) и докембрийские (б), 19 – монзониты, 20 – субвулканические интрузии кислого состава, 21 – субвулканические интрузии среднего и основного состава; 22 – образования геодинамических обстановок малоперспективных на редкие металлы; 23 – мезозой-кайнозойский платформенный чехол; 24 – прибрежно-морские минерагенические комплексы платформенного чехла; 25–29 – месторождения вольфрама: 25 – грейзеновые, 26 – скарново-грейзеновые, 27 – альбититовые, 28 – жильные, 29 – скарноидные и скарновые; 30–33 – месторождения олова: 30 – грейзеновые, 31 – альбититовые, 32 – жильные, 33 – скарноидные и скарновые; 34–36 – месторождения молибдена: 34 – альбититовые, 35 – штокверковые, 36 – порфиоровые; 37 – гидротермальные месторождения висмута; 38 – гидротермальные месторождения бериллия; 39 – гидротермальные месторождения ртути; 40 – гидротермальные месторождения сурьмы; 41–45 – месторождения редких земель: 41 – пегматитовые, 42 – альбититовые, 43 – грейзеновые, 44 – элювиальные, 45 – осадочные; 46–47 – месторождения тантала и ниобия: 46 – пегматитовые, 47 – альбититовые; 48 – осадочные месторождения ванадия, 49 – титан-циркониевые россыпи; 50 – границы геодинамических обстановок; 51 – литологические границы, 52 – разломы. Месторождения: 68 – Сырымбет, 69 – Баян, 70 – Акшатау, 71 – Караоба, 72 – Кундыбай (Кондыбай), 73 – Шок-Карагай, 74 – Катпар, 75 – Верхнее Кайрақты, 76 – Коктенколь, 77 – Белогорское, 78 – Юбилейное, 79 – Ахметкино, 80 – Верхне-Эспинское, 81 – Майколь, 82 – Богуты, 83 – Юбилейное, 84 – Карагайлы-Актас, 85 – Ауртас

Рис. 1. Схема размещения месторождений и рудопоявлений РЗЭ Казахстана на геодинамической основе.

Сурет 1. Қазақстан аумағындағы сирек жер элементтерінің кенорындары мен кенбілімдерінің геодинамикалық негіздегі орналасу сызбасы.

Figure 1. Scheme of the distribution of rare earth element deposits and occurrences in Kazakhstan based on a geodynamic framework.



Условные обозначения

1 – карбонатные отложения карбона; 2 – девонские терригенные грубозернистые осадочные породы; 3 – верхнеордовикские серицит-хлорит-кварцевые сланцы, песчаники и конгломераты; 4 – углеродисто-кремнистые сланцы, песчаники и конгломераты кембрия – ордовика; 5 – конгломераты, песчано-сланцевые (с доломитами) отложения венда; 6 – основные и кислые эффузивы рифея

Рис. 2. Геодинамическое положение ванадиевых месторождений в Каратау.

Сурет 2. Каратау аймағындағы ванадий кен орындарының геодинамикалық орны.

Figure 2. Geodynamic position of vanadium deposits in the Karatau region.

гических эпохах, что указывает на огромный потенциал этих пород в качестве ресурса REY [10, 11, 12]. Редкоземельные элементы (REE) и иттрий (REY) концентрируются в морских фосфоритных отложениях во время их формирования, главным образом за счет ранних диагенетических процессов, при которых карбонаты замещаются карбонат-фторapatитом, который также осаждается в пустотах.

В Казахстане редкоземельные элементы связаны с пластовыми фосфоритами крупного по запасам Каратауского бассейна [1, 2, 4, 8]. Расположен в Жамбылской и Туркестанской областях, протягиваясь с юго-востока на северо-запад на 120x15–30 км. Открыто свыше 40 месторождений. Самые крупные: Жанатас, Кокжон, Коксу и Ушбас. Прогнозные ресурсы фосфоритов 5 млрд т по P_2O_5 (15 млрд т руды), из которых разведанные составляют 562 млн т P_2O_5 (2255 млн т руды). Эксплуатируемые объекты – Чулактау, Аксай, Жанатас, Кокжон и Тьесай – обеспечены связью с городом Тараз, включая железнодорожные

и автомобильные линии; на их долю приходится 88% разведанных запасов.

Каратауский фосфоритноносный бассейн расположен в складчатой зоне Южного Тянь-Шаня и приурочен к северо-востоку Малокаратауского антиклинория. Месторождения расположены вдоль прерывистых полос выхода фосфоритноносной серии. Она протягивается от первых километров до 20–40 км.

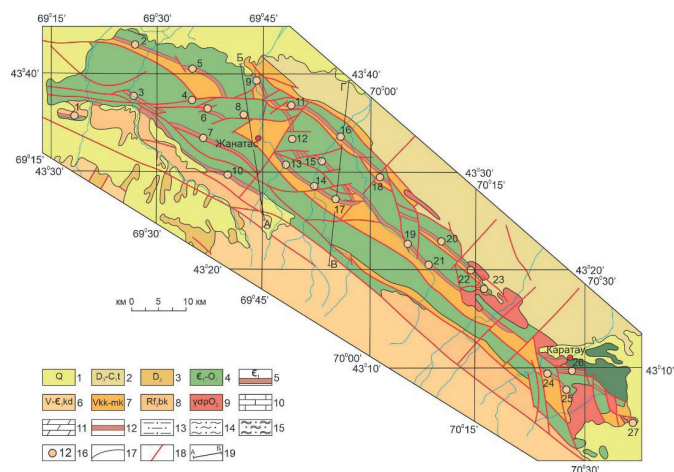
По своему геолого-генетическому типу месторождения отнесены к фосфоритам морского генезиса, связанным с нижнекембрийскими кремнисто-карбонатными формациями, сформировавшимися на пассивной континентальной окраине.

Основные фосфоритные месторождения приурочены к нижнекембрийской чулактауской свите, мощность которой варьируется от 15 до 120 м. Эта свита залегает трансгрессивно на различных уровнях туфогенно-осадочной малокартойской свиты венда и перекрывается карбонатными породами джиланской свиты ниже-среднекембрийского возраста (рис. 3).

Продуктивная карбонатно-кремнистая толща состоит из 3 основных горизонтов. В основании свиты на всем протяжении фосфоритноносного бассейна прослеживается горизонт «нижних» доломитов мощностью 2–20 м. На неровной поверхности доломитов залегает горизонт массивных плиточных кремней (до 2,5–20 м). Выше расположен фосфоритовый продуктивный горизонт. Он расчленяется пачкой фосфато-кремнистых сланцев на нижние и верхние фосфоритовые пачки. На фосфоритовом горизонте с размывом залегают железисто-марганцовистые доломиты (0,5–10 м). Строение свиты в целом однородное, однако на отдельных месторождениях наблюдаются снижение мощности слоев, местами их выклинивание, изменения в текстуре и структуре пород, варьирование гранулометрического состава, влияние тектонических процессов на пространственное залегание фосфоритноносных пластов.

Руды имеют простой минеральный состав и представлены двумя основными типами: редкоземельно-фосфорито-кремнистым и доломитовым железо-марганцевым, из которых промышленную ценность представляет лишь первый. В продуктивном горизонте один или несколько фосфоритных слоев чередуются с фосфатно-кремнистыми и фосфатно-известково-кремнистыми сланцами. Толщина продуктивного горизонта достигает 60 м, при этом суммарная мощность фосфоритных пластов составляет 30–35 м. Основную часть горизонта формируют пластовые фосфориты, среди которых выделяются пять промышленных типов руд: монофосфатные, карбонатные, кремнисто-карбонатные, карбонатно-кремнистые и кремнистые. Кремнисто-карбонатные руды содержат 30%, тогда как карбонатно-кремнистые 50% разведанных запасов.

Состав оолитово-микрозернистых руд включает: фосфорсодержащие (франколит, фторapatит) – от 40 до 66%, минералы кремнезема (халцедон, кварц) – 20–50%, карбонатные минералы (доломит, кальцит) – 10–25%. Примеси (алюмосиликаты, полевые шпаты) составляют 4–5%. Концентрация P_2O_5 в рудных телах варьируется в пределах 10–30%. Повсеместно в фосфоритах отмечаются по-



Условные обозначения

- 1–8 – отложения: 1 – четвертичные, 2 – верхнего девона – турнейского яруса нижнего карбона, 3 – среднего девона, 4 – кембрия-нижнего ордовика (джиланская свита), 5 – нижнего кембрия (чулактауская свита), 6 – венда – нижнего кембрия (кокджотская серия), 7 – венда (Коксуйская свита и малакаройская серия), 8 – верхнего рифея (Большекаройская свита); 9 – гранитоиды верхнего ордовика; 10–15 – типы пород: 10 – известняки, 11 – доломиты и доломитизированные известняки, 12 – фосфориты, 13 – кварцево-хлорит-серпичитовые сланцы, алевролиты, полимиктовые песчаники, гравелиты кокджотской серии, 14 – кремнистые сланцы, алевролиты, филлиты, туфы, песчаники, прослои известняков и доломитов малокаройской серии и коксуйской свиты, 15 – полимиктовые и аркозовые песчаники, конгломераты, глинистые сланцы, известняки большекаройской свиты; 16 – месторождения фосфоритов (цифры в кружках): 1 – Баба-Ата, 2 – Ушбас, 3 – Герес, 4 – Архарлысай, 5 – Коксу, 6 – Акжар, 7 – Жанатас, 8 – Котырмас, 9 – Беркуты Северный, 10 – Кокжон, 11 – Батырбай, 12 – Дегерес, 13 – Беркуты, 14 – Карашат, 15 – Жылан, 16 – Актас, 17 – Жетыма, 18 – Алажар, 19 – Кыршабакты, 20 – Аксай, 21 – Тьесай, 22 – Шишлибулак, 23 – Тесиктас, 24 – Тамды, 25 – Арбатас, 26 – Шолактау, 27 – Жетимиоки; 17 – границы стратиграфических подразделений; 18 – тектонические нарушения; 19 – линии геологических разрезов

Рис. 3. Геологическая карта Каратауского фосфоритового бассейна (по Л.А. Мирошниченко и др.).

Сурет 3. Каратау фосфорит алабының геологиялық картасы (Л.А. Мирошниченко және басқалар бойынша).

Figure 3. Geological map of the Karatau phosphorite basin (after L.A. Miroshnichenko et al.).

вышенные содержания следующих попутных элементов, в г/т: *Y* (370–620), *Ce* (130–360), *La* (170–370), *V* (30–200), *Mn* (150–3500), *Ba* (200–1000). РЗЭ, а также фтор, входят в состав молекул фосфата.

Концентрация лантаноидов в рудах изменяется от 514,2 (Жанатас) до 884,2 г/т (Чулактау); суммарные запасы лантаноидов по бассейну составляют около 1300 тыс. т. Л.В. Фаворская (1994) отмечает, что редкие земли в фосфоритах представлены на 50% иттриевыми элементами.

На Жамбылском суперфосфатном заводе, где вырабатывают суперфосфаты, часть фосфоритов перерабатывается методом сернокислотной экстракции с получением аммофоса, при этом редкие земли на 38,4% переходят в раствор, где концентрация их составляет 0,23 г/л. Общее извлечение редких земель в конечный продукт из сульфатно-фосфоритных расходов составляет 28% [7]. На большинстве месторождений фосфориты залегают в непосредственном контакте с мощными слоями слабифосфатных кремнистых пород, которые также разрабатываются и применяются в электротермической переработке фосфоритовых руд.

Фосфоритовые пласты залегают с углом падения от 20–30° до 70–90°. Большинство выходят на дневную поверхность и доступны для открытой разработки. Однако основная часть запасов и ресурсов (около 80%) находится на глубинах более 150–200 м, что требует подземной формы отработки.

Промышленный интерес в Каратауском фосфоритовом бассейне представляют месторождения и рудопроявления Шолактау, Аксай, Коксу, Жанатас, Кокжон, Герес и Жылан, по результатам изучения которых значительно восполнятся запасы и расширится сырьевой потенциал страны по редким и редкоземельным элементам.

Заключение

Во исполнение Поручения Президента РК К.Ж. Токаева, в свете возрастающей востребованности редкоземельных элементов в мире, возникает необходимость увеличения внимания Правительства и всех инвесторов этому сырью в РК для обеспечения прироста их запасов за счет поиска новых месторождений и целенаправленных исследований на известные.

Анализ геологических данных показал, что фосфоритовые месторождения Малого Каратау обладают значительным потенциалом для извлечения РЗЭ, особенно иттрия и тяжелых редкоземельных элементов. Кроме того, ванадиевые черные сланцы Большого Каратау представляют собой стратегически важный объект для добычи редкоземельных металлов, что может сыграть ключевую роль в развитии ресурсной базы региона.

В регионе также имеются разрабатываемые месторождения урана, обогащенные РЗЭ как подспорье при создании сырьевой базы в Южном регионе страны.

Благодарность

Данная статья финансировалась Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме (ПЦФ № BR27199165) «Научное обоснование расширения и восполнения минеральных ресурсов приоритетных и критических полезных ископаемых – основа инновационного развития Казахстана».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. В 3 томах. Том 2. Металлогения / С.Ж. Даукеев, Б.С. Ужкенов, А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.М. Жуков [и др.]. Алматы, 2002. 272 с. (на русском языке)
2. Геология и металлогения Каратау. В 2-х т. Том 2. Металлогения / А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.В. Митряева, В.В. Овчинников [и др.]. Алма-Ата: «Наука» КазССР. 1987. 248 с. (на русском языке)
3. Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд редких металлов / А.А. Абдулин, А.К. Каюпов, В.Г. Ли, Г.Ф. Ляпичев [и др.]. Алма-Ата: «Наука» КазССР. 1981. 207 с. (на русском языке)
4. Б.С. Ужкенов, Г. Р. Бекжанов, Л.Б. Иванов. Редкие металлы и редкие земли Казахстана: Алматы, 2011. 277 с. (на русском языке)
5. Обзор состояния и перспектив развития производства ванадия в Республике Казахстан / С.К. Джуманқұлова [и др.] // Металлург. 2020. Т. 1 (64). С. 75–81 (на русском языке)
6. Файн Э.Е. Рений и радиогенный осмий в рудах Казахстана // Минерагения и перспективы развития минерально-сырьевой базы. Часть 2: сб. науч. ст. Алматы, Галым, 1999. С. 75–81 (на русском языке)
7. Губайдуллин Ф.Г., Лаумулин Т.М. Основные типы редкоземеленосных месторождений Казахстана // Минерагения и перспективы развития минерально-сырьевой базы. Часть 2: сб. науч. ст. Алматы, Гылым. 1999. С. 125–138 (на русском языке)
8. Жолтаев Г.Ж., Жуков Н.М., Антоненко А.А. Атлас месторождений твердых полезных ископаемых: Алматы, 2025 (на русском языке)
9. Микро- и наноразмерные минералы из ванадийсодержащих углеродисто-кремнистых сланцев северо-западного Каратау / Г.К. Бекенова [и др.] // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологическая и технических наук. 2017. Т. 3 (416). С. 40–55 (на русском языке)
10. Пафал Пир К., Ли А. Гроут. Осадочные и магматические фосфатные месторождения: формирование и разведка: приглашённый доклад // Экономическая геология. 2017. № 3 (112). С. 483–516 (на английском языке)
11. Редкоземельные элементы в осадочных фосфатных месторождениях: решение глобального кризиса РЗЭ / П. Эмбо [и др.] // Гондванские исследования. 2015. Т. 2 (27). С. 776–785 (на английском языке)
12. Факторы обогащения РЗЭ в раннекембрийских фосфоритах / Х. Чжан [и др.] // Геохимия и космохимия. 2022. Т. 324. С. 117–139 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстанның терең құрылымы мен минералдық ресурстары. 3 томдық. 2-том. Металлогения / С.Ж. Даукеев, Б.С. Ужкенов, А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.М. Жуков [және т. б.]. Алматы, 2002. 272 б. (орыс тілінде)
2. Қаратаудың геологиясы және металлогениясы. 2 томдық. 2-том. Металлогения / А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.В. Митряева, В.В. Овчинников [және т. б.]. Алматы: «Ғылым» ҚазКСР, 1987. 248 б. (орыс тілінде)
3. Қазақстанның металлогениясы. Рудалық формациялар. Сирек металдар кенорындары / А.А. Абдулин, А.К. Каюпов, В.Г. Ли, Г.Ф. Ляпичев [және т.б.]. Алматы: «Ғылым» ҚазКСР, 1981. 207 б. (орыс тілінде)
4. Б.С. Ужкенов, Г. Р. Бекжанов, Л.Б. Иванов. Қазақстанның сирек металдары мен сирек жер элементтері. Алматы, 2011. 277 б. (орыс тілінде)
5. Қазақстан Республикасындағы ванадий өндірісінің жай-күйі мен даму перспективаларының шолуы / С.К. Жұманқұлова [және т.б.] // Металлург. 2020. Т. 1 (64). Б. 75–81 (орыс тілінде)
6. Файн Э.Е. Қазақстан рудаларындағы рений және радиогенді осмий // Минерагения және минералдық-шикізат базасының даму келешегі. Бөлім 2: ғыл. мақ. жиыны. Алматы, 1999. Б. 75–81 (орыс тілінде)
7. Ғұбайдуллин Ф.Г., Лаумулин Т.М. Қазақстандағы сирек жер элементтерінің негізгі кенорындары // Минерагения және минералдық-шикізат базасының даму келешегі. Бөлім 2: ғыл. мақ. жиыны. Алматы, 1999. Б. 125–138 (орыс тілінде)

8. Жолтаев Г.Ж., Жуков Н.М., Антоненко А.А. Қатты пайдалы қазбалар кен орындарының атласы: Алматы, 2025 (орыс тілінде)
9. Солтүстік-батыс Қаратаудың ванадийлі көмір-кремнийлі тақтатастарындағы микро- және нановлшемді минералдар / Г.К. Бекенова [және т. б.] // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының хабаршысы. Геология және техникалық ғылымдар сериясы. 2017. Т. 3 (416). Б. 40–55 (орыс тілінде)
10. Пафал Пейр К., Ли А. Гроут. Шөгінді және магмалық фосфат кен орындары: түзілуі мен барлауы: шақырылған мақала. Экономикалық геология. 2017. № 3 (112). Б. 483–516 (ағылшын тілінде)
11. Шөгінді фосфат кенорындарындағы сирек жер элементтері: Жаһандық СЖЭ дағдарысын шешу / П. Эмсбо [және т. б.] // Гондвана зерттеулері. 2015. Т. 2 (27). Б. 776–785 (ағылшын тілінде)
12. Ерте кембрийлік фосфориттердегі СЖЭ байыту факторлары / Х. Чжан [және т. б.] // Геохимия және космохимия. 2022. Т. 324. Б. 117–139 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. *Glubinnoe stroenie i mineral'nye resursy Kazakhstana. V 3 tomakh. Tom 2. Metallogeniya [Deep Structure and Mineral Resources of Kazakhstan. In 3 Volumes. Volume 2. Metallogeny] / S.Zh. Daukeev, B.S. Uzhkenov, A.A. Abdulin, L.A. Miroshnichenko, N.M. Zhukov [et al.].* Almaty, 2002. 272 p. (In Russian)
2. *Geologiya i metallogeniya Karatau. V 2-kh t. Tom 2. Metallogeniya [Geology and Metallogeny of Karatau. In 2 Volumes. Volume 2. Metallogeny] / A.A. Abdulin, L.A. Miroshnichenko, N.V. Mitryaeva, V.V. Ovchinnikov [et al.].* Alma-Ata: Nauka» KazSSR, 1987. 248 p. (In Russian)
3. *Metallogeniya Kazakhstana. Rudnye formatsii. Mestorozhdeniya rud redkikh metallov [Metallogeny of Kazakhstan. Ore Formations. Deposits of Rare Metals] / A.A. Abdulin, A.K. Kayupov, V.G. Li, G.F. Lyapichev [et al.].* Alma-Ata: «Nauka» KazSSR, 1981. 207 p. (In Russian)
4. *B.S. Uzhkenov, G. R. Bekzhanov, L.B. Ivanov. Redkie metally i redkie zemli Kazahstana [Rare Metals and Rare Earths of Kazakhstan],* Almaty, 2011. 277 p. (In Russian)
5. *Obzor sostojanija i perspektiv razvitija proizvodstva vanadija v Respublike Kazahstan [Overview of the State and Development Prospects of Vanadium Production in the Republic of Kazakhstan], S.K. Zhumankulova [et al.], Metallurg [Metallurgist].* 2020. V. 1 (64). 75–81 pp. (in Russian)
6. *Fajn Je.E. Renij i radiogenyj osmij v rudah Kazahstana [Rhenium and Radiogenic Osmium in the Ores of Kazakhstan], Mineragenija i perspektivy razvitija imneral'no-syr'evoj bazy. Chast' 2: sb. nauch. st. [Mineral Genesis and Development Prospects of the Mineral Resource Base. Volume 2: col. of sci. art.],* Almaty: Galym, 1999. 75–81 pp. (In Russian)
7. *Gubajdullin F.G., Laumulin T.M. Osnovnye tipy redkozemelunosnyh mestorozhdenij Kazahstana [Main Types of Rare Earth Element Deposits in Kazakhstan], Mineragenija i perspektivy razvitija mineral'no-syr'evoj bazy. Chast' 2: sb. nauch. st. [Mineral Genesis and Development Prospects of the Mineral Resource Base. Volume 2: col. of sci. art.],* Almaty: Gylym, 1999. 125–138 pp. (In Russian)
8. *Zholtaev G.Zh., Zhukov N.M., Antonenko A.A. Atlas mestorozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh [Atlas of Solid Mineral Deposits],* Almaty, 2025 (In Russian)
9. *Mikro- i nanorazmernye mineraly iz vanadijsoderzhashhih uglerodisto-kremnistyh slancev severo-zapadnogo Karatau [Micro- and Nanoscale Minerals from Vanadium-Bearing Carbonaceous-Siliceous Shales of Northwestern Karatau], G.K. Bekenova [et al.], Izvestija Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. Serija geologicheskaja i tehnicheskikh nauk [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geological and Technical Sciences].* 2017. V. 3 (416). 40–55 pp. (in Russian)
10. *Pufahl P.K., Lee A.G. Sedimentary and igneous phosphate deposits: formation and exploration: an invited paper // Economic Geology.* 2017. V. 3 (112). 483–516 pp. (in English)
11. *Rare Earth Elements in Sedimentary Phosphate Deposits: Solving the Global REE Crisis / P. Emsbo [et al.] // Gondwana Research.* 2015. V. 2 (27). 776–785 pp. (in English)
12. *Enrichment Factors of REEs in Early Cambrian Phosphorites / H. Zhang [et al.] // Geochimica et Cosmochimica Acta.* 2022. V. 324. 117–139 pp. (in English)

Сведения об авторах:

Жолтаев Г.Ж., д.г.-м.н., профессор, гл. научный сотрудник Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), g.zholtaev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-0167-0412>

Нуржанов Г.Ж., д.т.н., профессор, заместитель председателя Правления по геологии и развитию ТОО «Корпорация Казахмыс» (г. Караганда, Казахстан), ardakd777@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-7316-8765>

Тогизов К.С., Ph.D, ассоциированный профессор, заведующий лабораторией редких и редкоземельных металлов Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), k.togizov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-4830-405X>

Муратханов Д.Б., научный сотрудник лаборатории редких и редкоземельных металлов Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), daulet.muratkhanov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-8322-3311>

Авторлар туралы мәліметтер:

Жолтаев Г.Ж., г.-м.ғ.д., профессор, Қ.И. Сәтбаев ат. геологиялық ғылымдар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Нуржанов Г.Ж., т.ғ.д. профессор, «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС Геология және даму жөніндегі басқарма төрағасының орынбасары (Қарағанды қ., Қазақстан)

Тогизов К.С., Ph.D, қауым. профессор, Қ.И. Сәтбаев ат. геологиялық ғылымдар институтының сирек және сирекжер металдар лабораториясының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)

Муратханов Д.Б., Қ.И. Сәтбаев ат. геологиялық ғылымдар институтының сирек және сирекжер металдар лабораториясының ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Zholtaev G.Zh., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

Nurzhanov G.Zh., Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Chairman of the Board for Geology and Development at Kazakhmys Corporation LLP (Karaganda, Kazakhstan)

Togizov K.S., Ph.D, Associate Professor, Head of the Laboratory of Rare and Rare Earth Metals at the Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

Muratkhanov D.B., Researcher at the Laboratory of Rare and Rare Earth Metals at the Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

XXXIV Международная специализированная выставка технологий горных разработок

УГОЛЬ и МАЙНИНГ **РОССИИ** 2-5 июня 2026

XI Международная специализированная выставка

НЕДРА РОССИИ

XVI Международная специализированная выставка

ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VII Специализированная выставка

ПРОМТЕХЭКСПО



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:
Выставочный комплекс «Кузбасская ярмарка»,
ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк,
т: 8 (800) 500-40-42

ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС!
ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!



Код МРНТИ 38.49.17

Е.Т. Бекишев¹, *М.Е. Рахымбердина¹, Е. Левин², А.К. Капасов¹¹«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАК (Өскемен қ., Қазақстан),
²Мехарри атындағы қолданбалы есептеу ғылымдары мектебі (Нешвилл, АҚШ)

ҚАЛБА-НАРЫМ КЕН БЕЛДЕУІНІҢ СИРЕК КЕЗДЕСЕТІН МЕТАЛЛ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ДЕРЕКҚОРЫН ҚҰРУ

Аннотация. Мақала гетерогенді геологиялық графикалық материалдарды өңдеу және соның негізінде географиялық ақпараттық жүйелерінің (ГАЗ) мәліметтер базасын құрудың техникалық және технологиялық шешімдері қарастырылады. Нысан ретінде Шығыс Қазақстанда орналасқан, Қалба-Нарым металлогенді зонасы және оның құрылымдық бөлігі – Асубулак кен өрісі алынған. ГАЗ мәліметтер базасын құру барысында құрамы және масштабы бойынша түрлі геологиялық деректер қолданылды, атап айтқанда: геологиялық, геофизикалық (гравиметриялық және магниттік аномалия карталары), геохимиялық және пайдалы қазбалар карталары. Дәлдігі мен ақпарат толықтығын жақсарту үшін векторизацияланған сандық карталар қашықтықтан зондтау мәліметтерімен толықтырылған. Біріккен ГАЗ жүйесі арқылы геологиялық сипаттамаларға кешенді кеңістіктік талдау жүргізуге мүмкіндік алынды.

Түйінді сөздер: геоақпараттық жүйелер, қашықтықтан зондтау, сирек металдар, деректер базасы, геологиялық карталар, геопортал.

Creation of a database of rare metal deposits in the Kalba-Narym ore belt

Abstract. This article discusses technical and technological solutions for processing heterogeneous Geological graphic materials and creating databases of geographic information systems (GIS) based on them. As a sample, the Kalba-Narym Metallogenic zone and its structural part – the Asubulak ore field, located on the territory of Eastern Kazakhstan, were taken. In the process of creating the GIS database, various geological data were used in terms of composition and scale, in particular: geological, geophysical (gravimetric and magnetic anomaly maps), geochemical and mineral maps. Vectorized digital maps are supplemented with remote sensing data to improve accuracy and informativeness. Through the combined GIS system, we have the opportunity to conduct a comprehensive spatial analysis of geological characteristics.

Key words: geoinformation systems, remote sensing, rare metals, database, geological maps, geoportals.

Создание базы данных редкометалльных месторождений Калба-Нарымского рудного пояса

Аннотация. В статье рассматриваются технические и технологические решения по обработке неоднородных геологических графических материалов и созданию на их основе базы данных географических информационных систем (ГИС). В качестве объекта взята Калба-Нарымская металлогеническая зона и ее структурная часть – Асубулакское рудное поле, расположенное на территории Восточного Казахстана. При создании базы данных ГИС использовались различные геологические данные по составу и масштабу, а именно: геологические, геофизические (гравиметрические и магнитные карты аномалий), геохимические и карты полезных ископаемых. Векторизованные цифровые карты дополнены данными дистанционного зондирования для улучшения точности и информативности. Благодаря объединенной системе ГИС получена возможность проводить комплексный пространственный анализ геологических характеристик.

Ключевые слова: геoinформационные системы, дистанционное зондирование, редкие металлы, база данных, геологические карты, геопортал.

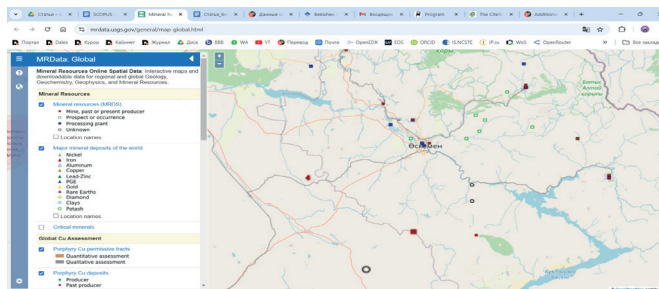
Кіріспе

Географиялық Ақпараттық Жүйелер (ГАЗ) геологиялық зерттеулерде маңызды рөл атқарады, өйткені олар кеңістіктік деректердің алуан түрлілігін құрастыруға, сақтауға, өңдеуге, манипуляциялауға және визуализациялауға мүмкіндік береді. Бұл технология геологтарға жер бетінің конфигурациясын, минералды ресурстардың немесе басқа геологиялық қасиеттердің болуын зерттеуге мүмкіндік береді. ГАЗ жүйелері – бұл жер бедерінің дерекқоры, топырақ, климат және спутниктік суреттер сияқты әртүрлі көздерден ақпаратты алатын, оларды біріктіретін және бір картада анық көрсететін қолданбалы жүйелер. Бұл аймақтың геологиялық құрылымдары толық зерттеліп, пайдалы кен орындары табылуы мүмкін маңызды аймақтарды анықтауға көмектеседі. Сонымен қатар, ГАЗ геологиялық қауіптерді жіктеу үшін ғана емес, табиғи апаттар мен қауіптерді бағалап болжау үшін де қажетті.

Геология саласында кеңінен қолданылатын және осы мақалада қарастырылатын ГАЗ қолданудың бір түрі – геологиялық ГАЗ мәліметтер қоры (базасы). ГАЗ-дың осы аталған функциясы негізінде векторлық не болмаса растрлық форматтағы карталар және басқа да геологиялық ауқымды деректерді жинау, сақтау, өңдеу және ұсыну жұмыстары орындалады. Қазіргі кезде, көптеген, геологиялық істерді реттейтін мемлекеттік органдар, оқу орындары мен ғылыми орталықтар және жеке геологиялық және тау-кен ісін жүргізетін кәсіпорындар геокеңістіктік мәліметтермен жұмыс жасау үшін ГАЗ көмегіне жүгінеді. Жалпы, осындай мәліметтер базалары және әртүрлі мақ-

саттар үшін құрылуы мүмкін: оқу-ақпараттық, аналитикалық, әкімшілік және басқару.

Геологиялық ақпаратты картографиялық тұрғыда көрсететін сервистердің біріне мысал келтіретін болса, ол Mineral Resources Online Spatial Data¹. Аталған ресурста әлем бойынша түрлі геологиялық карталар мен пайдалы қазбалардың кен орындарын интерактивті карта арқылы ұсынады. Сонымен қатар, геофизикалық, тектоникалық карталар жинағы орналасқан (сурет 1).



Сурет 1. Mineral Resources Online Spatial Data интерактивті картасының бастапқы беті.¹
Figure 1. Mineral Resources online Spatial Data interactive map start page.

Рис. 1. Начальная страница интерактивной карты Mineral Resources Online Spatial Data.

Жаһандық геологиялық ГАЗ-дың тағы бір айқын үлгісі – OneGeology платформасы [1]. OneGeology – бұл инте-

¹MRData: Global. URL: <https://mrdata.usgs.gov/general/map-global.html> (жүзінген күні 22.11.2024)

рактивті және бүкіл әлемде жұмыс істейтін геологиялық картаны жобалайтын және дамытатын арнайы жоба. Ол дүние жүзіндегі әртүрлі географиялық орындардан деректер алмасуды оңтайландырады және ұсынылғаннан кейін зерттеушілерге және one geology қауымдастығының басқа мүшелеріне қолжетімді болады деген негізде жұмыс істейді.

Қамту аймағы бойынша жіктеудің келесі тобы – ол ұлттық ГАЗ негізіндегі геологиялық мәліметтер базасы. Ұлттық мәліметтер базалары нақты уақыт режимінде бірнеше функция атқара алады: жинау, сақтау, өңдеу және реттеу. Қазіргі таңда көптеген дамыған елдерде өзіндік жеке – ұлттық платформалар бар. Мысалы: Австралиялық Geoscience Australia, Британдық BGS Geology Viewer, Словакияның Ұлттық геологиялық веб-порталы, Ресейдің мемлекеттік геологиялық карталарының дерекқоры.

BGS Geology Viewer – Британдық геологиялық қызмет (British Geological Survey, BGS) әзірлеген интерактивті онлайн құрал. Бұл пайдаланушыларға Ұлыбританияның геологиялық деректері мен карталарына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Тағы бір мысал ретінде Дионис Штур мемлекеттік геологиялық институтының (Sgid Geoportal) Словак Геопорталы туралы айтуға болады. Ол ЕуроОдақтың қолдауымен және INSPIRE директивасы негізінде орындалған [2]. Геопортал кең картографиялық материалдың алуан түрін ұсынады.

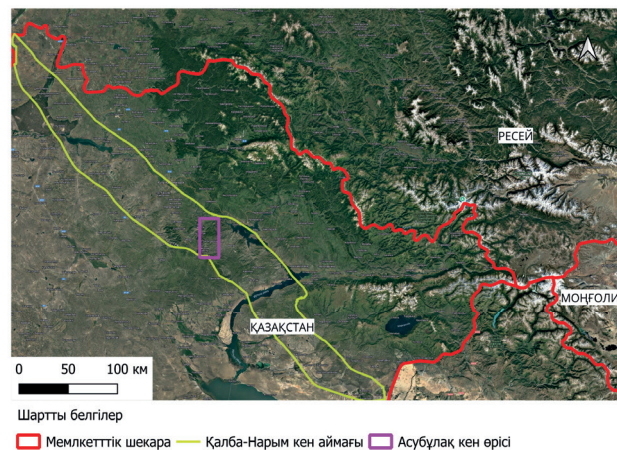
Қазақстан Республикасында геология және тау-кен ісі бойынша ауқымды шамадағы геологиялық есептер мен графикалық қосымшаларды сандық түрге айналдырып, сақтау және реттеу – ұзақ жылдардан бергі көкейтесті мәселе. «Қазақстан Республикасындағы геологиялық барлау жұмыстарының 2015–2019 жылдарға арналған бағдарламасында» елдегі геологиялық саланы дамыту проблематикасына талдау жасалады және теріс факторлардың бірі – жер қойнауы туралы деректер банкінің модульдерінің болмауы, геологиялық ақпаратпен жұмыс істеу үшін автоматтандырылған қолжетімділік, деректер базасын толтырудың төмен деңгейі деп аталды. Сондай-ақ, құжатта республикалық геологиялық қорда 53 000-нан астам геологиялық материалдар жинақталған және жыл сайын республикалық қорға 300-ден астам геологиялық есептер келіп түсетіні айтылған.

Отандық геологиялық саланың осы сұранысына сүйеніп отырып және ГАЗ-дың шетелдік аналогтарын зерттей отырып, мақала авторлары ГАЗ-дың геологиялық мәліметтер базасын құрды және жүзеге асыруды жалғастыруда. Үлгі ретінде зерттелетін аудан және эксперименттік геологиялық аймақ ретінде елдің шығысындағы Қалба-Нарым кен аймағы және оған кіретін Асубұлақ кен алаңы таңдалды. Себебі бұл аудан сирек кездесетін кен орындарының негізгі аумағының бірі болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу аймағы

Қалба-Нарым металлогендік (кен) аймағы Қазақстан Республикасының Шығыс Қазақстан облысының аумағында жайғасқан. Географиялық тұрғыда кен аймағы Алтай тауларының оңтүстік-батыс шетінде орналасқан. Кенді Алтай, Жарма-Саур және Батыс-Қалбы кен аймақтарымен

бірге Үлкен Алтайдың құрамына кіреді [3]. Металлогенді зона солтүстік-батыс бағдарда 500 км астам созылды, ені 20 мен 50 км арасында, солтүстік-батыста Ресей Федерациясы, оңтүстік-шығыста Қытай Халық Республикасымен шектеседі, солтүстік-шығыста Ертіс қиыршық тас аймағы, оңтүстік-батыста Теректі ақауы өтеді (сурет 2).



Сурет 2. Зерттеу аймағы.

Figure 2. Research area.

Рис. 2. Район исследования.

Қалба-Нарым кен аймағы кең тектоно-магмалық зонаның алдыңғы бөлігінде орналасқан және солтүстік-шығысында Кенді Алтайға қарай көлбеуленген. Тау жыныстарының балку ошақтары метаграниттелген қабатта немесе оның метадiorиттелген қабатпен шекарасында гранит балқымалары арқылы пайда болды. Сирек металдардың кенді ерітінділері терең ақаулар жүйесі арқылы көтерілді. Қалба-Нарым гранитоидты аймағы, герцин циклінде коллизиядан кейінгі (орогендік) геодинамикалық жағдайда қалыптасты [4].

Асубұлақ кен өрісі (пегматит алаңы) ол Қалба-Нарым металлогенді зона құрамына енеді. Пегматит алаңы оның Қалба-Нарымның орталық бөлігіне тиесілі. Кен алаңы үш ақаудың қиылысында, Пермь кезеңіндегі Қалба кешенінің гранитті интрузиясында орналасқан. Бүкіл аумақта аплит, аплит-пегматит, пегматит және сирек кездесетін металл пегматит орналасқан. Сирек металды пегматиттер бірінші фазалы граниттердің ішінде орналасқан [5].

ГАЗ мәліметтер базасының құрылымы

Мәліметтер базасы түрлі әдістермен жасалған және түрлі дереккөздерден алынған геологиялық карталар мен қосымша графикалық сызбалар мен сұлбалардан тұрады. Картографиялық материалдар дәстүрлі қағаз карталарынан, интернеттегі ашық веб-карталар қызметтерінен (WMS) және іздестіру барысында табылған растрлық және векторлық суреттерден тұрады. Дереккөз карталарды шартты түрде қамтитын аумақтары мен масштабтары бойынша жіктеуге болады.

1:1 000 000 масштабындағы геологиялық карталар Қалба-Нарым металлогенді зонасын қамтиды және шолу мақсатында қолданылады. Аталған карта М-44 нөмірлі картографиялық бетте орналасқан. Шолу картасын жасау үшін алғашқы дереккөз карталар OneGeology ресурсынан

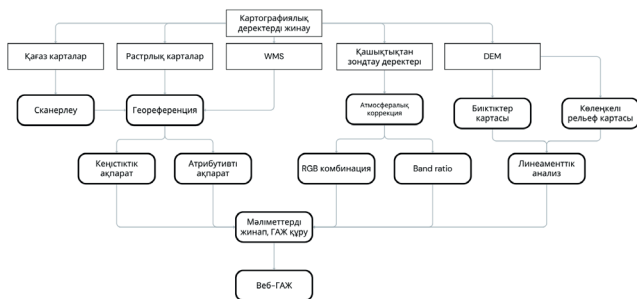
WMS түрінде импортталынды. WMS қызметін Карпинский атындағы университет ұсынған. Сонымен қатар, қосымша ақпарат Навозов О.В. құрастырған «Зайсан парақтарының геологиялық картасынан» алынды.

1:200 000 масштабтағы карталар негізінен Асубұлақ және Белогорский кен түйінін түрлі геологиялық аспектер тұрғысынан қамтиды. Осы карталар геологиялық, геофизикалық, геохимиялық мәліметтерді және пайдалы қазбалар туралы ақпаратты UTM 44 аймағында орналасқан кеңестік картаны басып шығару жүйесінің M-44-XXIX парағының бөлігі ретінде көрсетеді. Олар келесі карталардан тұрады: Геологиялық карта, Қалыптан тыс магнит өрісінің картасы (ДТ)а, ΔZ, Ауырлық күшінің қалдық ауытқуларының картасы, Пайдалы қазбалар картасы және олардың орналасу заңдылықтары.

1:100 000 және 1:50 000 масштабтарындағы карталар негізінен Асубұлақ кен алаңын, сәйкесінше, M-44-95-А және M-44-95-В картографиялық беттерін қамтиды. Картографиялық материалдар Лопатников В.В., Нечаев А.В., Николенко А.Е., Майорова Н.П., Азовский Ю.Г., Кашцев В.Ф. және Введенский Р.Р. авторлары құрастырған сызбалар мен карталардан жинақталып алынған. 1:100 000 масштабында келесі карталар қолданылды: құрылымдық-тектоникалық схема, схемалық геоморфологиялық карта. 1:50 000 масштабында келесі карталар қолданылды: Геологиялық карта, Пайдалы қазбалар картасы, Ауырлық күшінің қалдық ауытқуларының картасы, Қайталама шашырау және қалыптан тыс нүктелер картасы (*Be, Nb, W, Sn*), Қайталама шашырау және қалыптан тыс нүктелер картасы (*Li, Cs*).

Түпнұсқа ретінде қолданылған геологиялық карталар архивтік қорлардан, соның ішінде жарияланған және ішкі есептік материалдардан алынды. Бұл карталар мемлекеттік геологиялық барлау бағдарламалары аясында далалық түсірістер мен геофизикалық зерттеулер негізінде жасалғандықтан, сенімді дереккөздер болып табылады.

Сонымен қатар, геологиялық ГАЗ мәліметтер базасын құрастыру үшін, дәстүрлі геологиялық емес, қосымша материалдар ұсынылды. Олардың ішінде қашықтықтан зондтау мәліметтері, жергілікті жердің жер бедерінің сандық үлгісі және биіктіктер картасы (сурет 3).



Сурет 3. ГАЗ мәліметтер базасының құрылымы.
Figure 3. Structure of the GIS database.
Рис. 3. Структура базы данных ГИС.

Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, геологиялық картаны орындау үшін спутниктік суреттер алынды. Спутниктік суреттерді дұрыс таңдау бірнеше себептерге байланысты геологиялық картаға түсіру үшін өте маңызды: деректердің дәлдігі мен егжей-тегжейі; спектрлік сипаттамалар; маусымдық және уақытша өзгерістер; кедергілерді азайту.

Спутниктік суреттердің ажыратымдылығы (кеңістіктік, спектрлік, радиометриялық және уақытша) геологиялық объектілерді анықтау және сипаттау қабілетіне тікелей әсер етеді. Жоғары ажыратымдылық шағын құрылымдарды егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді, ал төмен ажыратымдылық маңызды ерекшеліктерді көрсетпеуі мүмкін. Өр түрлі геологиялық ерекшеліктер (мысалы, тау жыныстарының түрлері немесе минералды ассоциациялар) белгілі бір спектрлік диапазондарда жақсы өзгеруі мүмкін. Қажетті спектрлік жолақтарды түсіретін суреттерді пайдалану геологиялық объектілерді дұрыс анықтау және жіктеу ықтималдығын арттырады. Геологиялық картаға түсіру көбінесе қар, өсімдік жамылғысы немесе жауын-шашын сияқты маусымдық өзгерістерді ескеруді талап етеді. Қолайлы маусымда және қажетті уақыт кезінде түсірілген суреттерді таңдау бұрмалануды болдырмауға көмектеседі және талдаудың дәлдігін жақсартады.

Спутниктік суреттерге бірнеше критерийлер қойылды: каналдар саны, спектралдық диапазон, кеңістіктік дәлдік және қолжетімділік. Геологиялық объектілерді ғарыштық суреттер негізінде ажырату үшін спектралдық диапазон өте маңызды. Көптеген минералдар мен тау жыныстары көрінетін және жақын инфрақызыл диапазондарда ерекшеліктер көрсетілмейді. Оларды жіктеу үшін қысқа толқынды инфрақызыл сәулелері қажет. Жұмысты орындау барысында Landsat-8 және Sentinel-2 спутниктерінен алынған ғарыштық суреттер қолданылды.

Карталарды сандық түрге келтіру

Түрлі қайнар көзден алынған картографиялық материалдарды векторлы карталарға айналдыру үшін бірнеше қадамды орындау қажет: сканерлеу, геореференция (координаталық жүйеге отырғызу), геометриялық және атрибуттық ақпаратты еңгізу.

Алғашқы қадамда, дәстүрлі қағаз карталар сканерленді. Сканерлеу ешқандай қысусыз, 300 dpi дәлдікте өткізіледі. Сонымен қатар, қосымша құрылғылар арқылы муарлық іздер қалмас үшін descreening операциясы орындалды.

Келесі кезеңде сканерленген карталар координаталық жүйеге отырғызылды. Геореференция QGIS бағдарламасында, The Georeferencer Plugin модулі арқылы орындалды². Көпшілік карталар Кеңес Одағында қолданылған Пулково-1942 жаһандық географиялық координаталар негізінде жасалған. Олар, қазіргі таңда көп қолданылатын, WGS-84 координаталық жүйесіне аударылды. Геореференция полиномиалды әдіс бойынша жүргізілді және соңғы шекті қателік 1–2 пиксельге тең.

Өр түрлі масштабтағы карталарды біріктіру үшін барлық растрлық бейнелер бірыңғай координаттар жүйесіне (UTM Zone 44N, WGS84) географиялық тіркелінді. Бұл

²Georeferencer Plugin. URL: https://docs.qgis.org/2.18/en/docs/user_manual/plugins/plugins_georeferencer.html (жүзінген күні 15.07.2024)

процесс барысында бірнеше картада кездесетін бақылау нүктелері (географиялық бағдарлар) қолданылды. Әр түрлі масштабтағы деректерді біріктіру топологияны тексеру және жылжулар мен сәйкессіздіктерді қолмен түзету арқылы жүзеге асырылды.

Геометриялық ақпараттарды енгізу алдында әр геологиялық объект пен бөлімге жеке картографиялық қабат құрылды. Векторизация QGIS бағдарламасында жартылай автоматты әдіспен орындалған, яғни жасанды интеллект негізінде жұмыс істейтін арнайы плагиндер арқылы. Қабаттардың көріну қасиеттерін өзгерту үшін ережелерге негізделген символдау қолданылды. Кеңістіктік деректерді жасағаннан және өңдегеннен кейін келесі қадам ол атрибуттық ақпаратты қосу болып табылады. Атрибуттық деректер әрбір картографиялық қабат үшін реляциялық кестелер түрінде ресімделеді.

Сонымен қатар, аталып өткендей, дәстүрлі геологиялық картографиялық материалдарға қашықтықтан зондтау (КЗ) суреттерінің өңделген түрлері қосылды. Жалпы КЗ материалдары геологиялық карта құруда және пайдалы қазбаларды барлауда кеңінен қолданылады. Мысалы: алтын кен орындарын [6], колчедан [7], мыс-порфир кен орындарын [8] барлау барысында. КЗ деректерін өңдеу үшін RGB combinations және band ratio әдістері қолданылды. Жоба барысында әдебиетте белгілі комбинациялар мен арақатынастар қолданылды (кесте 1).

Кесте 1

RGB комбинациясы және каналдар қатынасы (Band ratio)

RGB combination and channel ratio (Band ratio)

Таблица 1

Комбинация RGB и соотношение каналов (Band ratio)

RGB комбинациялары		
Landsat-8	Sentinel-2	Ерекшелік
2-5-7	2-8-12	Темір оксидтері және саз минералдары
6-7-4	11-4-12	Литологиялық қарама-қайшылықтар
5-7-3	8-12-3	Гидротермиялық өзгерген жыныстар
Каналдар қатынастары (Band ratio)		
6/7	11/12	Гидротермиялық өзгерген жыныстар

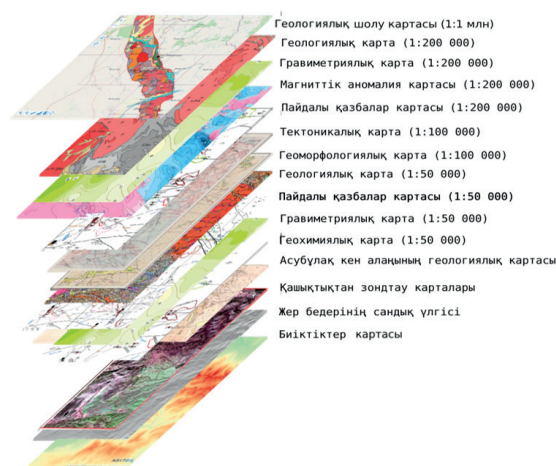
Таңдалған каналдар олардың спектралдық сипаттамаларына және геологиялық нысандарды ажыратудағы тиімділігіне байланысты негізделген. Мысалы, 2-5-7 (Landsat-8) және 2-8-12 (Sentinel-2) – бұл комбинациялар темір тотығуы мен саз минералдарына тән спектралдық белгілерді анықтауға мүмкіндік береді, себебі бұл заттар қысқа толқынды инфрақызыл диапазонда (SWIR) ерекше көрінеді. Каналдар 6, 7, 4 (Landsat-8) және 11, 4, 12 (Sentinel-2) – SWIR1, SWIR2 және қызыл (red) диапазондарды біріктіреді. Бұл каналдар жыныстар арасындағы

спектралдық контрастты анықтауға қолайлы. Каналдар қатынасы (мысалы, 6/7 – Landsat-8, 11/12 – Sentinel-2) – SWIR диапазонында орналасқан екі каналдың арасындағы айырмашылыққа негізделген және бұл әдіс әлсіз өзгерістерді күшейтеді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Көптеген қағаз және растрлық карталардың негізінде Қалба-Нарым металлогенді аймағымен, оның құрылымдық бөлігі Асубұлақ пегматиттер алаңының геологиялық ГАЗ мәліметтер базасы құрастырылды. Мәліметтер базасының кешені өзіне келесідей карталар жинағын компонент ретінде қосады: геологиялық, геофизикалық, геохимиялық, геоморфологиялық, геотектоникалық және пайдалы қазбалар карталары. Сонымен қатар, қашықтықтан зондтау мәліметтерінің негізінде құрылған суреттер мен SRTM арқылы жасалған жергілікті жердің жер бедерін көрсететін DEM суреттері бар (сурет 4). Аталған карталар жинағы түрлі масштабта орындалған: 1:1 000 000, 1:200 000, 1:100 000 және 1:50 000.

Сонымен қатар, құрылымдық бұзылулар мен жер бедеріндегі сызықтық элементтерді анықтау мақсатында линеаменттік талдау жүргізілді. Бұл үшін қашықтықтан зондтау жер бедерінің цифрлық үлгісі (DEM) пайдаланылды. DEM негізінде жер бедерінің көлеңкелі бейнелері (hillshade) түрлі жарықтандыру бұрыштарында жасалды. Мұндай тәсіл жер бедеріндегі сызықтық құрылымдарды жақсырақ көруге мүмкіндік берді. Линеаменттер көлеңкелі бейнелерді және геоморфологиялық карталарды визуалды талдау негізінде қолмен цифрландырылды. Бұл әдіс құрылымдық-геологиялық элементтердің кеңістіктік таралуын бағалап, оларды кейінгі геологиялық интерпретацияға қолдануға мүмкіндік берді.



Сурет 4. ГАЗ мәліметтер базасының құрылымы.

Figure 4. Structure of the GIS database.

Рис. 4. Структура базы данных ГИС.

QGIS-ті қолдана отырып, барлық карталар цифрланған және құрылымдалған. Растрларды сандық түрге келтіру барысында геологиялық бірліктер, тектоникалық жырықтар, минералдану контурлары және басқа элементтер

QGIS-те векторлау құралдарының көмегімен векторизацияланды. Тиісті қабаттарға кен денелерінің, литологиялық бірліктердің, геохимиялық ауытқулардың және басқа параметрлердің сипаттамаларын қамтитын атрибуттық деректер қосылды. Деректерді визуализациялау мен талдаудың ыңғайлылығын қамтамасыз ету үшін NextGIS WEB-те интерактивті карта жасалды. Бұл ресурс деректермен өзара әрекеттесу және геологиялық ақпаратты талдау үшін қуатты құралдарды ұсынды.

Барлық цифрланған деректер QGIS-тен экспортталды және NextGIS web платформасына жүктелді. Картаның функционалдық мүмкіндіктері туралы айтылатын болса, онда веб-карта пайдаланушыларға үлкен бөлшектерден (1:50 000) аймақтық шолуларға (1:1 000 000) дейін бірнеше масштабтау деңгейлерінде геологиялық сипаттамаларды көруге және талдауға мүмкіндік береді. Интерактивті геологиялық деректер базасы мен картаны құру Қалба-Нарым кен аймағы мен Асубұлақ пегматит өрісін зерттеу үшін бірқатар маңызды артықшылықтар берді: деректердің дәлдігі мен қол жетімділігін арттыру; әртүрлі деректер түрлерін біріктіру; талдау және болжау әдістерін жетілдіру. Бұл платформа пайдаланушыға ыңғайлы мүмкіндіктер береді. Веб-карта арқылы интерактивті визуализация және навигация мүмкіндігі ұсынылады. Сонымен қатар, жүйеде атрибуттық деректер бойынша сүзгілеу функциясы бар. Пайдаланушы деректерді түрлі параметрлер бойынша іздеп, тек өзіне қажет нысандарды таңдай алады.

Қорытынды

Бұл зерттеу жұмысында Шығыс Қазақстан облысында орналасқан Қалба-Нарым металлогендік зонасы негізінде географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ) мен қашықтықтан зондтау технологияларын қолдана отырып, геологиялық мәліметтер базасын құрудың техникалық шешімдері қарастырылған. Зерттеу барысында әртүрлі геологиялық, геофизикалық және геохимиялық деректер жинақталып, сандық карталар жасалды. Бұл зерттеудің нәтижелері кешенді геологиялық мәліметтер базасы мен интерактивті карталарды құру үшін ГАЗ және ЖҚЗ технологияларын қолданудың маңыздылығы мен тиімділігін көрсетеді. Бұл құралдар деректердің қол жетімділігі мен дәлдігін жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар зерттелетін аймақтардың геологиялық процестері мен ресурстарын толық және терең түсінуге ықпал етеді. Деректерді интеграциялау арқылы геологиялық ерекшеліктерді жан-жақты зерттеу мүмкіндігі пайда болды, бұл пайдалы қазбаларды барлау барысында маңызды рөл атқарады.

Алғыс

Мақала BR24992854 «Шығыс Қазақстан облысының тау-кен металлургия өнеркәсібінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін бәсекеге қабілетті ғылыми негізделген технологияларды әзірлеу және енгізу» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру (ҚР ҒжЖБМ) шеңберінде орындалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Лэкстон Дж.Л. Геологиялық картаның бірігуі: OneGeology-Europe және INSPIRE // Геологиялық қоғам, Арнайы басылымдар. 2017. № 408 (1). Б. 147–160 (ағылшын тілінде)
2. Линкевич А.С. Геологиялық материалдарды жүйелеу үшін геопорталдарды пайдалану // «Жер туралы ғылымдардағы ГАЗ технологиялары» студенттер мен жас ғалымдардың респ. ғылыми-тәжіриб. семинардың материалдары, Минск: БМУ, 2021. Б. 160–164 (орыс тілінде)
3. Дьячков В.А. және т. б. (28 ақпан 2021 ж.). Қазақстандағы алтын және сирек металдар минералдануының минералогиялық іздері. «Минералс» журналы. <https://www.mdpi.com/2075-163X/11/3/253> (ағылшын тілінде)
4. Ойцева Т.А. және т. б. (2 желтоқсан 2017 ж.). Қалба сирек кездесетін металл кен орындарының едәуір құрамы туралы жаңа мәліметтер. IOP конференция сериялары: Жер және қоршаған орта туралы ғылым. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/110/1/012018> (ағылшын тілінде)
5. Хромых С.В. және т. б. (16 қараша 2020 ж.). Қалба аймақтың сирек кездесетін металл пегматит кен орындары, Шығыс Қазақстан: Жасы, құрамы және петрогенетикалық әсері. «Минералс» журналы. <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/11/1017> (ағылшын тілінде)
6. Болуки С.М. және т. б. (27 желтоқсан 2019 ж.). Иранның солтүстік-батысындағы Ахар-Арасбаран ауданындағы алтынның эпиптермиялық потенциалын картаға түсіру үшін байес желілерін қашықтықтан зондтауға негізделген қолдану. Қашықтықтан зондтау. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/1/105> (ағылшын тілінде)
7. Али-Бик М.В., Хасан С.М., Садек М.Ф. Дариб-Абу-Джурди аймағындағы вулканогендік тальк-мыс кен орындары, Египет: Петрогенез және қашықтықтан зондтау сипаттамасы // Геологиялық журнал. 2020. № 55 (7). Б. 5330–5354 (ағылшын тілінде)
8. Порфирлі мысты барлау үшін ASTER қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, Иранның Орталық бөлігіндегі Качо-Мескаль аймағындағы өзгерістер мен құрылымдық ерекшеліктерді картаға түсіру / С. Бейги [және т. б.] // Халықаралық кескіндер мен деректерді біріктіру журналы. 2021. № 12 (2). Б. 155–175 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Laxton J.L. *Geological map fusion: OneGeology-Europe and INSPIRE* // *Geological Society, Special Publications*. 2017. No. 408 (1). 147–160 pp. (in English)
2. Linkevich A.S. *Ispol'zovanie geoportalov dlya sistematizatsii geologicheskikh materialov [The use of geoportals for the systematization of geological materials], Materialy resp. nauch.-prakt. seminarov studentov i molodykh uchenykh «GIS-tehnologii v naukakh o Zemle» [Materials of the Rep. scientific and practical seminar of students and young scientists «GIS technologies in Earth Sciences»]*. Minsk: BSU, 2021. 160–164 pp. (in Russian)
3. D'yachkov B.A. et al. (28 february 2021). *Mineralogical tracers of gold and rare-metal mineralization in eastern Kazakhstan*. «Minerals» journal. <https://www.mdpi.com/2075-163X/11/3/253> (in English)
4. Oitseva T.A. et al. (2 december 2017). *New data on the substantial composition of Kalba rare metal deposits*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/110/1/012018> (in English)
5. Khromykh S.V. et al. (16 November 2020). *Rare-metal pegmatite deposits of the Kalba region, Eastern Kazakhstan: Age, composition and petrogenetic implications*. «Minerals» journal. <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/11/1017> (in English)
6. Bolouki S.M. et al. (27 december 2019). *A remote sensing-based application of Bayesian Networks for Epithermal Gold Potential Mapping in Ahar-Arasbaran Area, NW Iran*. «Remote Sensing» journal. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/1/105> (in English)
7. Ali-Bik M.W., Hassan S.M., Sadek M.F. *Volcanogenic talc-copper deposits of Darhib-Abu Jurdi area, Egypt: Petrogenesis and remote sensing characterization* // *Geological Journal*. 2020. No. 55 (7). 5330–5354 pp. (in English)
8. *Alteration and structural features mapping in Kacho-Mesqal zone, Central Iran using ASTER remote sensing data for porphyry copper exploration / S. Beygi [et al.]* // *International Journal of Image and Data Fusion*. 2021. No. 12 (2). 155–175 pp. (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лакстон Дж.Л. *Слияние геологических карт: OneGeology-Europe и INSPIRE* // *Геологическое общество, специальные публикации*. 2017. № 408 (1). С 147–160 (на английском языке)
2. Линкевич А.С. *Использование геопорталов для систематизации геологических материалов* // *Материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых «ГИС-технологии в науках о Земле», Минск: БГУ, 2021. С. 160–164 (на русском языке)*
3. Дьячков В.А. и др. (28 февраля 2021 г.). *Минералогические индикаторы золотого и редкометалльного оруденения в Восточном Казахстане*. *Журнал «Минералс»*. <https://www.mdpi.com/2075-163X/11/3/253> (на английском языке)
4. Ойцева Т.А. и др. (2 декабря 2017 г.). *Новые данные о значительном составе редкоземельных металлов месторождения Калба*. *Серии конференции IOP: Наука о земле и окружающей среде*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/110/1/012018> (на английском языке)
5. Хромых С.В. и др. (16 ноября 2020 г.). *Месторождения редкоземельных металлов пегматита региона Калба, Восточный Казахстан: возраст, состав и петрогенетическое влияние*. *Журнал «Минералс»*. <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/11/1017> (на английском языке)
6. Болуки С.М. и др. (27 декабря 2019 г.). *Использование байесовских сетей на основе дистанционного зондирования для картирования эпitherмического потенциала золота в районе Ахар-Арасбаран на северо-западе Ирана*. *Журнал «Дистанционное зондирование»*. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/1/105> (на английском языке)
7. Али-Бик М.В., Хасан С.М., Садек М.Ф. *Вулканогенные месторождения талька и меди в районе Дариб-Абу-Джурди, Египет: Петрогенез и описание дистанционного зондирования* // *Геологический журнал*. 2020. № 55 (7). С. 5330–5354 (на английском языке)
8. *Картирование изменений и структурных особенностей в регионе Качо-Мескаль в центральном Иране с использованием данных дистанционного зондирования ASTER для разведки порфировой меди / С. Бейги [и др.]* // *Международный журнал интеграции изображений и данных*. 2021. № 12 (2). С. 155–175 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Бекишев Е.Т., докторант, 8D07201 – Геология және пайдалы қазба кен орнын барлау білім беру бағдарламасы бойынша докторант, Жер туралы ғылымдар мектебі (Өскемен қ., Қазақстан), YBekishev@edu.ektu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-6608-193X>

Рахымбердина М.Е., Ph.D докторы, Жер туралы ғылымдар мектебінің деканы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті (Өскемен қ., Қазақстан), MRahymberdina@edu.ektu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-2196-6512>

Левин Е., Ph.D докторы, Мехарри атындағы қолданбалы есептеу ғылымдары мектебі (Нэшвилл қ., Теннесси, АҚШ), elewin@mtu.edu; <https://orcid.org/0000-0002-8127-3208>

Капасов А.К., техника ғылымдар магистрі, Жер туралы ғылымдар мектебінің оқытушысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті (Өскемен қ., Қазақстан), AKapasov@edu.ektu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-7996-8804>

Information about the authors:

Bekishev Ye.T., doctoral student in the educational program 8D07201 – Geology and Exploration of Mineral Deposits at the School of Earth Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Rahymberdina M.Ye., Ph.D, Dean of School of Earth Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Levin Evgueny, Ph.D, Professor of Meharry School of Applied Computational Sciences (Nashville, Tennessee, USA)

Kapasov A.K., Master of Technical Sciences, Lecturer, School of Earth Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

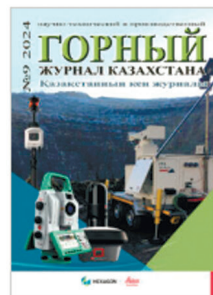
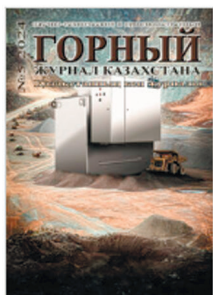
Бекишев Е.Т., докторант по образовательной программе 8D07201 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых, Школа наук о Земле, ВКТУ им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Рахымбердина М.Е., доктор Ph.D, декан школы наук о Земле, ВКТУ им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Левин Е., доктор Ph.D, профессор Школа прикладных вычислительных наук имени Мехарри (г. Нэшвилл, Теннесси, США)

Капасов А.К., магистр технических наук, преподаватель школы наук о Земле, ВКТУ им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА



ПОДПИСКА' 2026 РЕКЛАМНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОТРУДНИЧЕСТВО

POST-DTS@YANDEX.KZ / +7 747 343 15 02 / MINMAG.KZ

Код МРНТИ 38.17.17

*Д.Н. Талгарбаева¹, Э.Б. Серикбаева¹, Э.О. Орынбасарова²¹ЖШС «Ионосфера институты» (Алматы қ., Қазақстан),²Геоматика инновациялық орталығы, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

ЛИНЕАМЕНТТІК ТАЛДАУДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АҚТОҒАЙ КЕНОРНЫНДА МЫСТЫ ПОРФИР РУДАСЫНЫҢ ОРНАЛАСУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫН АНЫҚТАУ

Аннотация. Осы жұмыста із балама әдіс ретінде перспективті учаскелерді анықтауға мүмкіндік беретін, цифрлық жер бедерінің үлгісін (ЦМБ) құрылымдық талдау мен автоматтандырылған линеаменттік талдауды ұсынамыз. Зерттеу шеңберінде ALOS DEM деректері негізінде Ақтоғай кен орнының линеаменттік өрісі құрылып, ұзындығы 3 км-ден асатын 90-нан астам құрылым анықталды. Линеаменттер тығыздығының картасы мен роза-диаграммасы жасалып, Ақтоғай, Ықбас, Оңтүстік-Қолдар сияқты ірі жарылымдар болжамды түрде картаға түсірілді. Линеаменттердің жоғары тығыздығы – рудалану үшін қолайлы жоғары өткізгіштік аймақтарының көрсеткіші. Алынған нәтижелер бұрын жүргізілген өңірлік зерттеулермен жақсы сәйкеседі. Линеаменттік талдауды кешенді геологиялық барлауда қолдану геологиялық жағдайларды дәлірек бағалауға, сондай-ақ пайдалы қазбаларды іздеу мен бағалау тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: линеаменттік талдау, жер бедерінің сандық үлгісі, ALOS DEM, мысты порфир кенорны.

Application of lineament analysis to identify patterns of copper-molybdenum ore localization at the Aktogay deposit

Abstract. This study proposes an alternative method – structural analysis of a Digital Elevation Model (DEM) using automatic lineament analysis to identify promising areas for detailed investigation. Using the ALOS DEM, we analyzed the Aktogay deposit and generated a lineament field consisting of more than 90 structures with lengths exceeding 3 km. A lineament density map and rose diagram were created, revealing several major fault zones – the Aktogay, Ikbass, and South-Koldar faults. Increased lineament density indicates zones of enhanced permeability, favorable for ore formation processes. The results show good correlation with previous regional studies. The application of lineament analysis in an integrated exploration framework contributes to a more accurate and informed assessment of geological conditions, improving planning and decision-making in various fields such as geology, geophysics, and mineral resource evaluation.

Key words: lineament analysis, DEM, ALOS DEM, remote sensing in geology, Aktogay deposit, copper-molybdenum deposit.

Применение линеаментного анализа для выявления закономерностей локализации медно-порфирового оруденения на месторождении Ақтоғай

Аннотация. В данной работе предлагается альтернативный метод – структурный анализ цифровой модели рельефа (ЦМР) с использованием автоматического линеаментного анализа для выявления перспективных участков. На примере Ақтоғайского месторождения была проанализирована ЦМР ALOS DEM, на основе которой построено линеаментное поле из более чем 90 структур протяженностью свыше 3 км. Построены карта плотности и роза-диаграмма, позволившие выделить предполагаемые крупные разломы – Ақтоғайский, Ықбаский и Южно-Колдарские. Повышенная плотность линеаментов указывает на наличие зон повышенной проницаемости, способствовавших формированию рудных тел. Полученные данные хорошо согласуются с результатами предыдущих региональных исследований. Метод линеаментного анализа может быть эффективно использован в комплексной геологоразведке, улучшая понимание тектонических условий и повышая эффективность прогноза и оценки минеральных ресурсов.

Ключевые слова: линеаментный анализ, ЦМР, ALOS DEM, ДЗЗ в геологии, Ақтоғайское месторождение, медно-порфировое месторождение.

Кіріспе

Кез келген мемлекеттің геологиялық барлаудағы негізгі және өзекті міндеті ел экономикасының табысты өсу факторларының бірі болып табылатын минералдық-шикізат базасын кеңейту болып қала береді. Бұл міндетті шешу үшін, әсіресе кен өндіретін аудандарды анықтау кезінде, ең алдымен белгілі және игеріліп жатқан кен орындарының қапталдары мен терең горизонттарындағы іздеу-барлау жұмыстарының ауданын кеңейту қажет. Сондықтан кенжаралу факторлардың қалыптасу заңдылықтарын және минералдану процестерін бақылайтын геологиялық-құрылымдық жағдайларды зерттеу саласында жүргізілген ізденістердердің маңызды бөлігі болып табылады. Осыған байланысты, өңірлік және жергілікті деңгейлердегі кенбақылаушы құрылымдарды талдау олардың кенорындардың қалыптасуы мен орналасуына әсерін айқындау үшін маңызды болып табылады. Бұл іздестіру жұмыстарының ерекшеліктерін анықтауға және жаңа зерттеулер үшін болжаудың жаңа критерийлерін әзірлеуге мүмкіндік береді.

Кенбілімдерді зерттеуде қолданылатын құрылымдық талдаудың негізгі міндеті жер бетінің деформациясының кеңістікте тау жыныстарының өткізгіштігі өзгеруіне қалай әсер еткенін анықтау болып табылады. Сонымен бірге, оның мақсаты кендердің шоғырлануын болжау болып табылмайды, тиісінше пайдалы қазбалар кен орындарын айқындауға арналмаған. Алайда ықтималды минералдан-

дырылған құрылымдардың орналасуын, нысанын, дамуын және механикасын танудың арқасында құрылымдық геология пайдалы қазбаларды барлауда құнды құралға айналуда.

Құрылымдық талдау жер қыртысының әртектілігін анықтауға мүмкіндік береді, ол жаралымдар, жарықшақтар, тектоникалық бұзылулар, тегістеу жазықтықтары немесе қабатталу жазықтықтар, сақиналық құрылымдар сияқты нысандарда көрінуі мүмкін. Бұл линеамент түріндегі әртектілік жебеттік картаға түсіру жолымен ғана емес, сонымен қатар аэрофотосуреттер мен спутниктік бейнелер сияқты қашықтықтан зерделеу деректерін пайдалану да анықталуы мүмкін. Мысалы, келесі жұмыстың авторлары [1] автоматтандырылған линеаменттік талдаудың көмегімен ықтималды минералдану аймақтарын бөлу үшін құрылымдық талдауды пайдаланды. Талдауда линеаменттердің тығыздығы мен минералдық потенциал туралы ақпарат арасындағы өзара байланысқа негізделетін литий-құрылымдық тәсіл пайдаланылды. Келесі зерттеуде [2] Landsat-8 OLI және ASTER-GDEM деректерін пайдалана отырып, таулы аудандарда линеаменттерді картаға түсірудің тиімділігін көрсетілді. Жүргізілген жұмыстардың негізінде линеаменттерді автоматты түрде алу әдісі бұрынғы геологиялық деректермен салыстырғанда ақпараттылықты арттыруға және құрылымдық ерекшеліктердің картасын жасауға мүмкіндік беретіні туралы қорытындылар жасалды.

Ұсынылған әдістеменің мақсаты дәстүрлі әдістер кезінде бұрын байқалмаған заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік беретін мысты порфир рудалануының окшаулануын зерттеу үшін құрылымдық линементтік талдауды пайдалануды қамтиды. Бұл кенорындарын болжау үшін жаңа критерийлер әзірлеуге мүмкіндік береді, мұның өзі минералдық ресурстарды іздестіру және бағалау әдістерін едәуір жақсартуы мүмкін.

Зерттеу жаңалығы деректерді өңдеудің озық әдістерін, соның ішінде автоматты түрде линементтерді бөлуге арналған бағдарламаларды қолданудан тұрады, осы әдіс нәтижелердің дәлдігі мен тиімділігін едәуір арттырады.

Зерттеу аумағы

Қарастырылып отырған аумақтың географиялық орналасуы Қазақстан Республикасы Шығыс Қазақстан облысы Аягөз ауданына жатады. Қолдар интрузивті массиві Катан-Емел-Бақанас құрылымдық-формациялық аймағының буындарындағы Ақтоғай жүйесіне орайластырылған және кіші ендікті Ақтоғай терең жарылымымен бақыланады. Топографиясы биіктігі 5–30 м-ден аспайтын және абсолюттік белгілері 390–470 м-ден аспайтын (1-сурет) шағын адырлар мен Қолдар аласа тауларынан тұрады.

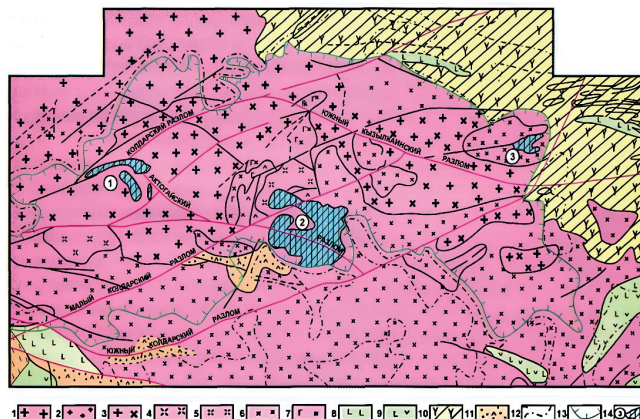


**Сурет 1. Шолу картасы.
Figure 1. Overview map.
Рис. 1. Обзорная карта.**

Геологиялық құрылысы және зерттелуі. Ақтоғай кенорны Ақтоғай рудалы алаңының бір бөлігі болып табылады, ол сондай-ақ Айдарлы және Қызылқия мысты порфир кенорындарынан тұрады. Руда алаңы орта-жоғарғы карбонның керегетас свитасының вулканииттерін жарып өтуші және жоғарғы карбон-төменгі пермнің қолдар свитасының жанартаутекті-шөгінді жыныстарымен жабылған Қолдар гранитоидты интрузиясына қатысты. Қолдар массиві лакколлит пішінінде болады, оның құрамында үш фаза бар: бірінші – габбро-диориттер, габбро-диабаздар, диориттер, гранодиориттер; екінші – биотитті граниттер; үшіншісі – порфир тәрізді граниттер, гранит-порфирлер [6]. Ақтоғай кенорны орталықта, Айдарлы батыс бөлігінде, ал Қызылқия массивтің шығыс бөлігінде орналасқан.

Тектоника. Қолдар массивінің кенді алқабы Бақанас синклинийінің оңтүстік-шығыс жағалау бөлігінде, Жоңғар-Балқаш бүктемелі жүйесінің андезитоидты интрузивті жанартаулы герцин Балқаш-Іле белдеуінің солтүстік-шығыс сегментінде орналасқан. Металлогендік тұрғыдан алғанда бұл жанартау-плутониялық құрылым Қаратас, Қоңырат, Саяқ және Ақтоғай кенорындарын, сондай-ақ бірқатар шағын кенорындар мен кенбілімдерін қамтитын Балқаш мыс кенорындарының белдеуі ретінде қаралуы мүмкін.

Осы массивтің геологиялық құрылымы мен кенденуінде негізгі сәттерді ұзақ өмір сүретін жарылымдар мен тектоникалық бұзылулар ойнайды. Олардың көбі геологиялық құрылымның бастапқы кезеңінде қалыптасып, альпілік кезеңге дейін дамуын жалғастырды. Негізгі кенбақылаушы айырылымды бұзылыстардың солтүстік-шығыс, кіші ендік және солтүстік-батыс бағыттары бар. Ең маңыздылары солтүстік-батыс бағыты бар Ықбас және Ақтоғай ірі жарықшақтары, солтүстік-шығыс жазықшасы бар Қолдар, Кіші Қолдар және Оңтүстік Қолдар жарылымдары, сондай-ақ субендік созылымы бар Қызылқия және Оңтүстік Қызылқия жарылымдары болып табылады (сурет 2). Рудалылық учаскелер перспективалылығын айқындайтын жалпы геологиялық факторларға ірі жарылымдардың қиылысу аймақтарына ұштастырылуын жатқызуға болады. Мысалы, Ақтоғай, Қолдар, Кіші Қолдар және Оңтүстік Қолдар сияқты ірі жарылымдардың қиылысу түйіндерінің аймақтары Ақтоғай және Айдарлы кенорындары үшін қолайлы жағдай қалыптастырды. Ал Қызылқия кенорнының қалыптасуына ірі Ықбас және Оңтүстік-Қолдар жарылымдарының бөлінуі тікелей әсер етті.



**1 – орташа түйіршікті граниттер; 2 – микрозернисті граниттер, гранит-порфирлер; 3 – гранодиориттер, кварцты диориттер; 4 – пегматиттік құрылымы бар ұсақ дәнді диориттер; 5 – монзониттер; 6 – құрамында кварц бар порфирлі диориттер; 7 – габбродиориттер; 8 – базальтты порфириттер; 9 – андезит-базальт порфириттері; 10 – қышқыл құрамның вулканогенді-шөгінді қалыңдықтары; 11 – дацитті порфирлер; 12 – магниттік қасиеттері бойынша бөлінген жыныстардың шекаралары; 13 – Қолдар интрузивінің жер бетіне шығуының сыртқы шекарасы; 14 – кен аймақтары:
1 – Айдарлы, 2 – Ақтоғай, 3 – Қызылқия**

Сурет 2. Қолдар интрузивті массивінің схемаланған геологиялық картасы [7].

Figure 2. Schematic geological map of the Koldar intrusive massifs [7].

Рис. 2. Схематическая геологическая карта Колдарского интрузивного массива [7].

Материалдар және әдісі

Алға қойылған міндет үшін ол ағымдағы геологиялық білімді кеңейтуге және әлеуетті орындардың басымды-

ғын айқындау арқылы барлаудың болашақ кезеңдерін басқаруға мүмкіндік беретін қашықтықтан зондау әдістері пайдаланылды. Бастапқы деректер ретінде, зерттеу аумағын бір кадрмен жабатын және кеңістіктік дәлдігі 12,5 м болатын ALOS жер бедерінің сандық үлгісі талданды.

Геологиялық линеаменттерді 2 әдіспен анықтауға болады: қолмен істелетін және автоматты түрде. Геологиялық линеаменттерді анықтау қолмен істелетін интерпретациялауға (визуалды түрде, маманның тәжірибесіне көбірек тәуелді) қарағанда, автоматты түрде тезірек және тиімдірек болып саналады. Геологиялық мағынаны білдіретін линеаменттерді дәл анықтау күрделі тапсырма болып табылады. Ол анықталған сызықтарды мұқият бақылап, оларды геологиялық емес сызықтармен шатастырмау үшін өңдеуші маманның зерттелетін аймақтың геологиялық құрылымы туралы көбірек тәжірибе мен білімнің болуын талап етеді.

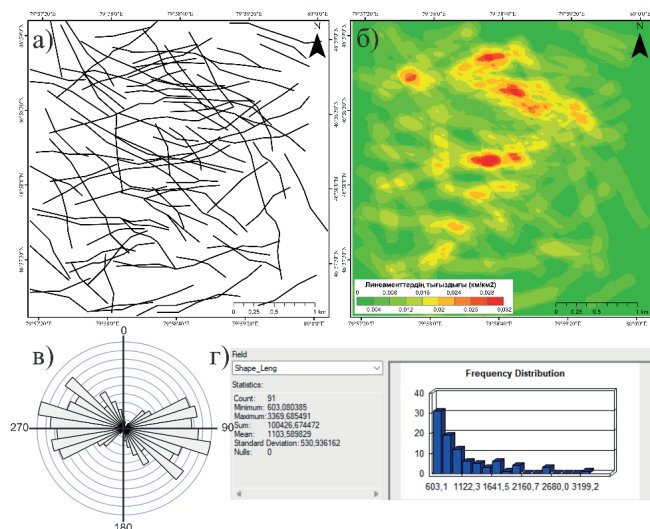
Зерттеуде PCI Geomatica бағдарламалық өнімінің LINE модулі арқылы автоматты түрде анықтау әдісі қолданылды. Бұл алгоритмдер үш кезеңмен орындалды: шекараны анықтау, шекті анықтау және қисықты алу. LINE модулі кескіннен линеаменттерді шығарып, алты параметрмен векторлық пішінге түрлендіреді. Бұл зерттеуде мүмкін болатын жарылым сызықтарын анықтау үшін ұзындығы 600 м-ден астам линеаменттер қаралды. Қалған шектер зерттеулердің ұсыныстарынан алынды. Әрбір параметрге берілген мәндер тіркелмеді, олар жергілікті жерге және оның топографиясына, талданатын бейненің түріне және дәлдігіне байланысты ерекшеленетін болады.

Автоматты өңдеу кезеңінде алынған векторлық нәтижелер «жалған» құрылымдар – жолдар, темір жолдар, ғимараттар және т.б. сияқты болуына қолмен талдау кезеңінен өтеді., сонымен қатар жоғарғы ажыратымдылықтарға ие суреттермен көзбен салыстырылып тексерулерден өтеді. Нәтижесінде RockWorks бағдарламасында линеаменттердің азимуттық бағдарының тенденциясын анықтау үшін роза-диаграммалар жасалды. Сонымен қатар, ArcGIS-тегі тығыздық құралының көмегімен линеаменттер тығыздығының картасы жасалды. Бұл құрал тығыздық шамасын ұзындықты ұяшық ауданына бөлу жолымен есептеген, өлшем бірлігі $\text{км}/\text{км}^2$ пайдаланылды.

Нәтижелер

Линеаменттер 12,5 метрлік ALOS жер бедерінің сандық үлгісін көлеңкелік кескіндеу суретіндегі үш бағытынан алынды. Линеаменттерді автоматты түрде алу және қолмен жасалатын әдіспен іріктеу нәтижесінде ұзындығы 3370 метрге дейін жететін 91 объекіден тұратын линеаменттік өріс алынды. Келесі кезең линеаменттердің тығыздығын есептеуді және роза-диаграммаларды құруды қамтитын линеаменттік өрістің сандық көрсеткіштерін есептеу болып табылды (3а-сурет). ALOS DEM бойынша линеаменттердің тығыздығын картаға түсіру зерттелетін аумақтың тектоникалық жарылымдарын анықтады, олар осы жұмыста жер қыртысының жарылымдары ретінде түсіндіріледі. Бұл жарылымдар сызықтық сипатқа және зерттелетін

аумақтың жер қыртысының құрылымдарымен байланысты барлық сипаттамаларға ие. Линеаменттердің есептік тығыздығы 0-ден $0,032 \text{ км}/\text{км}^2$ -ге диапазоны аралығында ауытқиды, бірақ $0,004$ -тен $0,032 \text{ км}/\text{км}^2$ -ге дейінгі ауқым зерттеу үшін барынша қызығушылық тудырады (3б-сурет).



Сурет 3. (а) Линеаменттік өріс, (б) линеаменттердің тығыздығы, (в) линеаменттердің роза-диаграммасы, (г) линеаменттің ұзындығына арналған гистограмма кестесі.

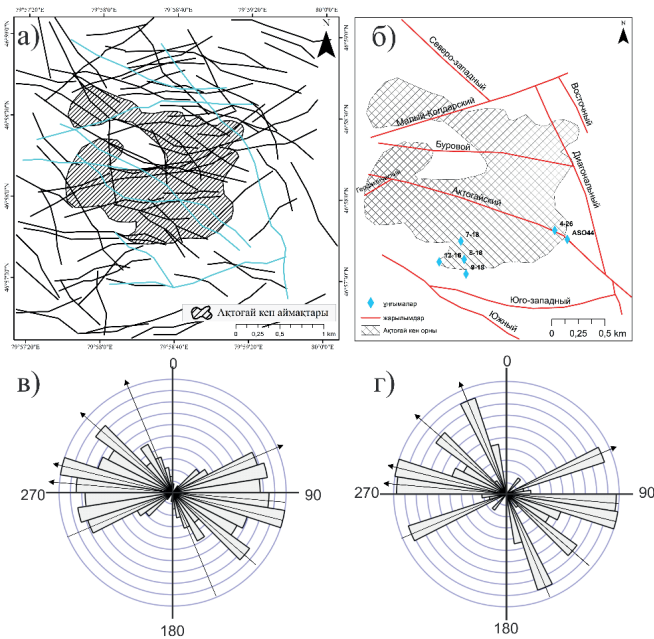
Figure 3. (a) Lineament field, (b) lineament density, (c) lineament rose diagram, (d) lineament length histogram.

Рис. 3. (а) Поле линеаментов, (б) плотность линеаментов, (в) роза-диаграмма линеаментов, (г) гистограмма длины линеаментов.

Линеаменттердің ұзындығы, жиілігі және таралуы сияқты негізгі сипаттамаларын анықтау үшін талдау жүргізілді. Осындай сипаттамалардың бірі солтүстік-батыс және солтүстік-шығыс бағыттағы жарықшақтылықтың басым екенін көрсететін линеаменттік өріс негізіндегі роза-диаграмма болып табылады (3в-сурет). Линеамент ұзындығына арналған гистограмма кестесі зерттелетін ауданда линеаменттер ұзындықтарының бөлінуін визуалды бейнелеуді білдіреді. Кестеде шыңдардың болуы 600-ден 1000 метрге дейінгі диапазондағы линеаменттер зерттелетін аумақта басым екенін көрсетеді (3г-сурет).

Валидация үшін Қолдар интрузивтік массиві мен Ақтоғай кенорнының схемаланған геологиялық картасынан алынған жарылымдарға арналған роза-диаграмма жасалды (2, 3-суреттер). Роза-диаграммада (4в-сурет) көрсетілген жарылымдар солтүстік-шығыс, субендік және солтүстік-батыс бағыттарына сәйкес келетін 4 басым бағытта жайылу үрдісіне ие.

Суреттерде белгіленген линеаменттер жарылымдардың, жарықшақтардың, мыжылу аймақтарының және басқа да геологиялық дислокациялар болуы мүмкіндігін көрсетеді, бұл минералдану процестеріне әсер етуі мүмкін негізгі аспект болып табылады. Сондықтан басқа әдістермен кешенді қолданылғанда құрылымдық талдау кенбілімдер индикаторларының бірі бола алады.



Сурет 4. (а) Линементтік өріс, (б) Ақтоғай кенорнының жарылымдары мен тарихи ұңғымаларының схемасы, линементтердің зерттелетін аумағының роза-диаграммасы ALOS DEM (в) деректері және жарылымдар схемалары (г).

Figure 4. (a) Lineament field, (b) fault diagram and historical wells of the Aktogay field, (c) rose diagrams of lineaments and fault diagrams (d).

Рис. 4. (а) Поле линементов, (б) схема разломов и исторических скважин месторождения Ақтоғай, (в) роза-диаграммы линементов и схемы разломов (г).

Нәтижелерді талқылау

Пайдалы қазбалардың жаңа кенорындарын табу мәселесін ескере отырып, атап айтқанда, жергілікті кенбақылаушы құрылымдары үшін құрылымдық ерекшеліктерге негізделген жаңа болжамды-іздістіру модельдерін әзірлеу және енгізу аса өзекті. Жарылымдардың әртүрлі аймақтарындағы металлогения геологиялық уақыт пен кеңістікте металдардың жинақталуына әсер ететін көптеген қолайлы факторлардың үйлесімімен анықталады. Жер қыртысының жарылымы жүйелері кенді ерітінділер мен органикалық қосылыстардың көші-қон жолдары болып табылады, сондай-ақ пайдалы қазбалардың кенорындарын қалыптастыруға қатысады немесе оған жағдай жасайды [9]. Бұл үзілісті құрылымдарды гидротермальды генезисті минералдануды бақылау үшін айқындаушы факторларының бірі ретінде қарауға мүмкіндік береді. Гидротермальды кен денелері мен жарылымдардың кеңістіктік-генетикалық байланысы туралы гипотеза кенорындарын болжау міндеттерін шешу үшін неғұрлым перспективалы болып қарастырылады.

Нақты аумақтың үзілісті жарылымдарының жалпы ансамблі арасында кенбақылаушы және рудалы құрылымдарды анықтау қарастырылатын аумақ үшін эталондық объектілер рөлін атқаратын игеріліп жатқан кенорындарын жан-жақты зерттеу арқылы мүмкін болады. Зерттеу

жұмыстары жағдайында эталондық объектілер ретінде Ақтоғай мысты порфир кенорны болып табылады.

Қойылған міндеттің идеясы жер бетіндегі тереңдік тектоникалық бұзылыстарды көрсететін линементтерді сәйкестендіруден тұрады. Бұл линементтер өз кезегінде вертикалды өткізгіш құрылымдар (арналар) болып табылады, олар бойынша флюидтер магмалық ошақтан тыстың үстіңгі қабаттарындағы рудалық құрылымдарға ауысқан.

Линементтер тығыздығының картасы Ақтоғай кенорнының аумағындағы жарықшақтар мен жарылымдардың саны көптігін көрсетеді (4-сурет), бұл жоғары өткізгіш аймақтардың болуын сипаттайды. Жер бедерінің сандық үлгісінің көмегімен линементтерді анықтау Ақтоғай кенорнына қатысты бағыты 305°, ал ұзындығы шамамен 2,5 км болатын рудалық денені қабаттар бойымен кесіп өтетін линементті анықтауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, бағыты 334° болатын солтүстік-батыс сызық анықталды, оның кен денесінің шығыс жағында ұзындығы 3 км-ден астам. Бұл линемент 4-суреттегі жарылымға сәйкес келеді, ол «диагональді» деп белгіленген, ал геологиялық есепте Икбас деп аталады. Кен денесі солтүстік және оңтүстік бөліктерінде солтүстік-шығыс бағыттағы бағыты 260° және ұзындығы 2 км-ден асатын линементтермен шектелген. Ақтоғай кенорнының сызбасынан көрініп тұрғандай, бұл линементтер Майлы-Қолдар және Оңтүстік-Қолдар жарылыстарын көрсетеді. Жоғарыда сипатталған линементтердің барлығы ғалымдардың диссертацияларда сипатталған жарылым тектоникасының және кенді реттейтін жарылымдардың сипаттамасымен сәйкес келеді [6, 7, 10].

Бұл бағыттар сандық көрсеткіштерде, атап айтқанда линементтер тығыздығы мен роза-диаграммада ерекшеленеді.

Агіфін және әріптестерінің (2021) зерттеуінде автоматты түрде сызықтық құрылымдарды анықтау дәлдігі RMSE арқылы бағаланып, әр түрлі сенсорларға байланысты шамамен 1,66 км ден 2,76 км ге дейінгі көрсеткіштер алынған. Ал біздің зерттеуде RMSE мөлшері 51,25 м болып, айтарлықтай аз – себебі біздің жұмысымыз локалдық масштабта, жоғары ажыратымдықтағы деректерге негізделген.

Алынған нәтиже перспективада геологиялық құрылымдарды неғұрлым толық және дәл талдау үшін қашықтықтан зерделеу, геофизика, геохимия және далалық бақылау деректерін біріктіретін кешенді болжамдық-іздістіру моделін құруда минералдану белгілерінің бірі ретінде қатысатын болады.

Далалық жұмыстар кезінде картаға түсірілетін құрылымдық элементтер неғұрлым дәл және сенімді болып табылғанымен, қашықтықтан құрылымдық талдаудың мүмкіндіктері өңірлік және жергілікті масштабта ізденістер жүргізуге мүмкіндік береді, бұл зерттеу аумағын және геологиялық барлау жұмыстарының құнын айтарлықтай тартылады.

Қорытынды

Зерттеу барысында автоматты түрде Ақтоғай кенорнының геологиялық объектілерін көрсететін линементті сызықтарды анықтау нәтижелері алынды. Бастапқы деректер ретінде ALOS жердің сандық үлгісі қолданылды. Өңдеу

барысында ұзындығы 600 метрден 3370 метрге дейінгі 91 линеамент анықталды. Анықталған линеаментті сызықтар солтүстік-батыс, солтүстік-шығыс және ендіктік бағытқа қарай айтарлықтай тенденцияны көрсетті, бұл алдыңғы геологиялық зерттеулердің нәтижелеріне сәйкес келеді.

Келесі кезеңде Ақтоғай кенорны шегінде геологиялық және тектоникалық маңызын тереңірек түсінуге мүмкіндік беретін линеаменттердің тығыздығын және бағдарын талдау болды. Рудалық дененің солтүстік және орталық бөлігінде линеаменттердің жоғарғы тығыздығы байқалды. Аталған бөліктер Ақтоғай, Кіші Қолдар және Икбас жарылымдар секілді аймақтық құрылымдарға қатысты.

Деректердің бұл жан-жақты талдануы зерттелетін аймақтағы линеамент популяциясының түбегейлі сипаттауға мүмкіндік берді, линеамент ұзындығы диапозонының кең ауқымын қамти отырып, қазіргі геологиялық ерекшеліктер туралы құнды түсінік берді.

Осы зерттеуде пысықталған әдістеме территориясы үлкен, қол жеткізу қиын өңірлерде немесе ашылымдар саны аз өңірлерде геологиялық линеаменттерді алу және талдау үшін тиімді құрал болуы мүмкін. Бұл геологиялық, тау-кен барлау жұмыстарының бірінші кезеңінде зерттелетін аумақ туралы құрылымдық ақпарат жинау барысында

уақытты оңтайландыруға және шығындарды қысқартуға мүмкіндік береді. Бұдан басқа, тектоникалық аймақтарды анықтау үшін геокеңістік деректерді талдаумен (ұзындығы, тығыздығы, бағдары) линеаменттерді жартылай автоматты алуды үйлестіретін әдісті ұсынылады. Құрылымдық талдау басқа зерттеулермен бірге зерттелетін аумақтағы құрылымдық деформациялардың индикаторлары және перспективалы аймақтарды егжей-тегжейлі барлау үшін ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Линеаменттік талдаудың дәлдігі мен нақтылығын арттыру үшін дәстүрлі далалық зерттеулермен және валидациялаумен кешенді біріктіру ұсынылады. Бұл қателіктерді азайтуға және жергілікті жердің барлық геологиялық ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді. Өрбір геологиялық өңірдің линеаменттердің қалыптасуы мен пайда болуына әсер ететін өзіндік ерекшеліктері болуы мүмкін. Өңірлік геологиялық жағдайларға алдын ала талдау жүргізу және әдістемені нақты жағдайларға бейімдеу туралы ұсыныс жасалынды.

АЛҒЫС

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен орындалды (ЖТН BR21882179).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Удхи Ч. Нугрохо, Тьяхжанингсих А. Минералды әлеуетті аймақтарды болжау үшін DEM SRTM деректерін пайдаланып сызықтық тығыздық туралы ақпаратты алу // Қашықтан зондтау және Жер туралы ғылымдардың халықаралық журналы. 2016. № 13 (1). Б. 67–74 (ағылшын тілінде)
2. Марокконың орталық жоғары атласындағы ASTER GDEM және Landsat 8 кескін деректерін біріктіру арқылы геологиялық сызықтарды алу және талдау / Абделухед Ф. [және т. б.] // Табиғи қауіптер. 2022. № 111. Б. 1907–1929 (ағылшын тілінде)
3. Бикелелейрон кен орнында (Чайоу массиві, Конго Республикасы) линияменттерді алу және палеострессерді талдау: ALOS PALSAR DEM және далалық зерттеу деректерін біріктіру / Ярсе Бродивье Мавунгу [және т. б.] // Жер жүйелері мен орталарын модельдеу. 2024. № 10. Б. 1993–2009 (ағылшын тілінде)
4. Ахмади Х., Уйгуджил Х. Қашықтан зондтау әдістерін пайдалана отырып, гидротермиялық өзгерістерді картаға түсіру арқылы Кабула блогындағы (Оңтүстік-Шығыс Ауғанстан) келешегі бар темір кен орындарын нысанаға алу // Араб геоғылымдары журналы. 2021. № 14. Б. 183 (ағылшын тілінде)
5. Темір кен орындарының геохимиялық сипаттамасы және жартылай құрғақ аймақтағы Landsat-8 деректерін өңдеу (геология, геоморфология және линиялар) және геокеңістіктік әдістерді қолдану / Лакшми Кешава Киран Кумар [және т. б.] // Үлгі. Жер жүйесі. Қоршаған орта. 2020. № 6. Б. 1245–1252 (ағылшын тілінде)
6. Калинина А.М., Сейров Ф.Е. Ұландырық және Ақсай (Таулы Алтай) мыс рудасының геологиялық-өнеркәсіптік типі туралы // Геология және жер қойнауын пайдалану мәселелері. 2023. № 1. Б. 84–85 (орыс тілінде)
7. Қалиева А.С. Ақтоғай мыс кен орнының кендері мен негізгі жыныстарының материалдық құрамын спектроскопиялық әдіспен бағалау: маг. дис., Алматы, 2021. 60 б. (орыс тілінде)
8. Элисанте Элисаймон Мишу. Цифрлық биіктік моделін (DEM) пайдаланып геологиялық құрылымдарды картаға түсіру – туынды ағын бағыты: Рунгве жанартаулық провинциясының жағдайлық зерттеуі, Танзанияның оңтүстік-батысы // Танзания ғылым журналы. 2020. № 46 (1). Б. 101–115 (ағылшын тілінде)
9. Stativa A.S., Trofimenko S.V., Grib N.N. Алдан қалқанының тектоникасы туралы бұрыннан бар ойларды талдау // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетень. 2006. Б. 171–192 (in Russian)
10. Отарбай С.О. Ақтоғай мыс порфирлі кен орны кендерінің геологиялық құрылымы мен материалдық құрамы: маг. дис., Алматы, 2020. 33 б. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Udhi C. Nugroho, Arum Tjahjaningsih. Lineament density information extraction using DEM SRTM data to predict the mineral potential zones // *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2016. No. 13 (1). 67–74 (in English)
2. Extraction and analysis of geological lineaments by combining ASTER-GDEM and Landsat 8 image data in the central high atlas of Morocco / Abdelouhed F. [et al.] // *Natural Hazards*. 2022. No. 111. 1907–1929 pp. (in English)
3. Lineament extraction and paleostress analysis in the Bikéléléiron deposit (the Chaillu Massif, Republic of Congo): integration of ALOS-PALSAR DEM and field investigation data / Yarsé Brodivier Mavoungou [et al.] // *Modeling Earth Systems and Environment*. 2024. No. 10. 1993–2009 pp. (in English)
4. Ahmadi H., Uygucgil H. Targeting iron prospective within the Kabul Block (SE Afghanistan) via hydrothermal alteration mapping using remote sensing techniques // *Arab J Geosci*. 2021. No. 14. 183 p. (in English)
5. Geochemical characteristics of iron ore deposits and processing of Landsat-8 data (geology, geomorphology and lineaments) in semi-arid region and using geospatial techniques / Lakshmi Keshava Kiran Kumar [et al.] // *Model. Earth Syst. Environ*. 2020. No. 6. 1245–1252 pp. (in English)
6. Kalinina A.M., Seyrov F.E. O geologo-promyshlennom tipe mednykh rud Ulandyryka i Aksaiskogo (Gornyi Altai) [On the geological and industrial type of copper ores of Ulandyryk and Aksay (Mountain Altai)] // *Problemy geologii i nedropol'zovaniya* [Problems of geology and subsoil use]. 2023. No. 1. 84–85 pp. (in Russian)
7. Kalieva A.S. Spektroskopicheskaya otsenka veshchestvennogo sostava rud i korennykh porod Aktogaiskogo mednogo mestorozhdeniya: dokl. dis. [Spectroscopic assessment of the material composition of ores and bedrock of the Aktogay copper deposit: report. diss.], Almaty, 2021. 60 p. (in Russian)
8. Elisante Elisaimon Mshiu. Mapping of the Geological Structures Using Digital Elevation Model (DEM)-Derived Flow Direction: A Case Study of Rungwe Volcanic Province, Southwest Tanzania // *Tanzania Journal of Science*. 2020. No. 46 (1). 101–115 pp. (in English)
9. Stativa A.S., Trofimenko S.V., Grib N.N. Analiz ranee sushchestvovavshikh predstavlenii o tektonike Aldanskogo shchita [Analysis of previously existing ideas about the tectonics of the Aldan Shield], *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining information and analytical bulletin]. 2006. 171–192 p. (in Russian)
10. Otarbay S.O. Geologicheskoe stroenie i veshchestvennyi sostav rud Aktogaiskogo medno-porfirovogo mestorozhdeniya: dokl. dis. [Geological structure and material composition of ores of the Aktogay copper-porphyry deposit: report. diss.], Almaty, 2020. 33 p. (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Udhi C. Nugroho, Arum Tjahjaningsih. Извлечение информации о плотности линеаментов с использованием данных DEM SRTM для прогнозирования зон минерального потенциала // *Международный журнал дистанционного зондирования и наук о Земле*. 2016. № 13 (1). С. 67–74 (на английском языке)
2. Извлечение и анализ геологических линеаментов путем объединения данных ASTER GDEM и изображений Landsat 8 в центральном высоком атласе Марокко / Abdelouhed F. [и др.] // *Природные опасности*. 2022. № 111. С. 1907–1929 (на английском языке)
3. Извлечение линеамента и анализ палеонапряжений на месторождении Бикелелейрон (массив Шайю, Республика Конго): интеграция данных ЦМР ALOS PALSAR и полевых исследований / Ярсе Бродивье Мавунгу [и др.] // *Моделирование земных систем и окружающей среды*. 2024. № 10. С. 1993–2009 (на английском языке)
4. Ахмади Х., Уйгуджил Х. Нацеливание перспективных месторождений железа в пределах Кабульского блока (ЮВ Афганистан) с помощью картирования гидротермальных изменений с использованием методов дистанционного зондирования // *Arab J Geosci*. 2021. № 14. С. 1833 (на английском языке)
5. Геохимические характеристики месторождений железной руды и обработка данных Landsat-8 (геология, геоморфология и линеаменты) в полусушливых регионах с использованием геопространственных методов / Лакшми Кешава Киран Кумар [и др.] // *Model. Earth Syst. Environ*. 2020. № 6. С. 1245–1252 (на английском языке)

6. Калинина А.М., Сейров Ф.Е. О геолого-промышленном типе медных руд Уландырыка и Аксайского (Горный Алтай) // Проблемы геологии и недропользования. 2023. № 1. С. 84–85 (на русском языке)
7. Калиева А.С. Спектроскопическая оценка вещественного состава руд и коренных пород Актогайского медного месторождения: докл. дис., Алматы, 2021. 60 с. (на русском языке)
8. Elisante Elisaimon Mshiu. Картографирование геологических структур с использованием направления потока, полученного с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР): исследование вулканической провинции Рунгве, юго-запад Танзании // Tanzania Journal of Science. 2020. № 46 (1). С. 101–115 (на английском языке)
9. Статива А.С., Трофименко С.В., Гриб Н.Н. Анализ ранее существовавших представлений о тектонике Алданского щита // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. С. 171–192 (на русском языке)
10. Отарбай С.О. Геологическое строение и вещественный состав руд Актогайского медно-порфирового месторождения: докл. дис., Алматы, 2020. 33 с. (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Талгарбаева Д.Н., техника ғылымдарының магистрі, ЖШС «Ионосфера институты», аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), turbekova.d.n@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5747-8978>

Серикбаева Э.Б., техника ғылымдарының магистрі, ЖШС «Ионосфера институты», аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан), elya_sb@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0001-3475-8931>

Орынбасарова Э.О., Ph.D, Satbayev University, қарасты геоматика саласындағы инновациялар орталығының жетекшісі (Алматы қ., Қазақстан), e.orynbassarova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-6421-4698>

Information about the authors:

Talgarbayeva D., Master of Technical Sciences and Senior Researcher at the Institute of Ionosphere (Almaty, Kazakhstan)

Serikbayeva E., Master of Technical Sciences and Senior Researcher at the Institute of Ionosphere LLP (Almaty, Kazakhstan)

Orynbassarova E., Ph.D, head of the Geomatics Innovation Center at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Талгарбаева Д.Н., магистр техн. наук, ст. научн. сотрудник ТОО «Институт ионосферы» (г. Алматы, Казахстан)

Серикбаева Э.Б., магистр техн. наук, ст. научн. сотрудник ТОО «Института Ионосферы» (г. Алматы, Казахстан)

Орынбасарова Э.О., Ph.D, руководитель Центра инноваций в области геоматики при Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Код МРНТИ 38.15.29

А. Жумагазиев¹, *С. Курбаниязов², Т. Шоймуротов³, М. Мамадияров⁴¹Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова (г. Атырау, Казахстан),²Международный казахско-турецкий университет им. А. Ясави (г. Туркестан, Казахстан),³Министерство горнодобывающей промышленности и геологии (г. Ташкент, Узбекистан),⁴Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова (г. Туркестан, Казахстан)

ГЛАУКОНИТОНОСНОСТЬ ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. В статье рассматриваются геолого-стратиграфические, литолого-петрографические и минералого-геохимические особенности глауконитсодержащих песков Кайнарбулакской свиты, широко распространенных в пределах юго-восточной части Большого Каратау и Сырдарьинского осадочного бассейна. По результатам рентгеноструктурного анализа установлено, что основными минералами являются кварц (до 44,36%), глауконит (до 27%), полевые шпаты и кремнистые обломки. В глауконитовых песках встречаются фосфатные компоненты, копролиты, зубы акул размером до 1 мм. Анализ гранулометрии и структуры свидетельствует о двух этапах перемыва, оказавших влияние на степень сортировки, распределение глауконита и форму зерен. Показано, что глауконитообразование происходило в условиях трансгрессивного шельфа в умеренном климате при низкой скорости седиментации, что подтверждается фациальной зональностью и структурными текстурами осадков.

Ключевые слова: глауконит, Кайнарбулакская свита, стратиграфия, морфология зерен, рентгеноструктурный анализ, палеоцен, шельфовые фаши, Южный Казахстан.

Оңтүстік Қазақстанның палеоген шөгінділеріндегі глаукониттің таралуы

Андратпа. Бұл мақалада Оңтүстік Қазақстандағы Үлкен Қаратау жотасының оңтүстік-шығыс бөлігінде және Сырдария ойпаңы аумағында кең таралған палеоценнің соңынан эоценнің басына дейінгі кезеңді қамтитын қайнарбулак шөгінділерінің глауконитті құмдарының геологиялық, литологиялық және минералогиялық ерекшеліктері зерттеледі. Рентгенқұрылымдық талдау нәтижелері бойынша негізгі минералдар – кварц (44,36%-ға дейін), глауконит (27 %-ға дейін), дала шпаты мен кремнийлі жыныс қалдықтары екені анықталды. Құмдар құрамында фосфат компоненттері – балық сүйектері, копролиттер мен ақула тістері жиі кездеседі. Гранулометриялық зерттеулер екі қайта шөгінділердің болғанын көрсетіп, глауконит дәндерінің морфологиясы мен таралуына әсер еткенін дәлелдейді. Теңіз трансгрессиясы жағдайында қалыптасқан глауконитті шөгінділер шельфтік фашиялармен, төмен шөгінді жылдамдықпен және штормдық режиммен сипатталады.

Түйінді сөздер: глауконит, Кайнарбулак свитасы, стратиграфия, дән морфологиясы, рентгенқұрылымдық талдау, палеоцен, шельфтік фашиялар, Оңтүстік Қазақстан.

Glauconite-bearing paleogene deposits of Southern Kazakhstan

Abstract. This study presents a comprehensive analysis of glauconite-bearing sands of the Kainarbulak Formation (Late Paleocene – Early Eocene), extensively developed in the southeastern Greater Karatau Mountains and Syrdarya sedimentary basin (South Kazakhstan). X-ray diffraction data show that the primary components include quartz (up to 44.36%), glauconite (up to 27%), feldspars, and siliceous rock fragments. The sands also contain phosphatized remains – bone fragments, coprolites, and shark teeth – up to 1 mm in size. Granulometric data indicate two reworking phases, influencing sediment sorting and glauconite concentration in specific fractions. The results suggest that glauconite formation occurred in a transgressive shelf environment with low sedimentation rates and storm-dominated hydrodynamics.

Key words: glauconite, Kainarbulak Formation, stratigraphy, grain morphology, X-ray diffraction, Paleocene, shelf facies, South Kazakhstan.

Введение

Глауконитовые пески имеют широкое распространение в пределах юго-восточной части гор Большого Каратау и территории Сырдарьинского осадочного бассейна. Приурочены они к нижней части кайнарбулакской свиты, отнесенной по возрасту к позднему палеоцену – раннему эоцену. Пласты глауконитовых песков выявлены на участках Бургем, Балабургем, Укаша-ата, Атабай и Урангай на территории Туркестанского района Южно-Казахстанской области. В Жанақурганском районе Кызылординской области известны проявления Кайнарбулак, Кайнар, Кыраш-тобе, Кос-Уйенки, Жанааул и др.

Представленное исследование обладает значительной научной и прикладной ценностью, так как комплексно освещает стратиграфическую позицию, литологическое строение, минералогический состав и генезис глауконитсодержащих песков Кайнарбулакской свиты в пределах юго-восточной части гор Каратау и Сырдарьинского осадочного бассейна. Впервые на обширном фактическом материале дана детальная петрологическая и минералогическая характеристика глауконитовых горизонтов, выявлены морфологические особенности зерен глауконита, их фазовая неоднородность и условия седиментации в палеошельфовой зоне.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– впервые для рассматриваемого региона систематизированы данные по морфологии глауконита, включая его кристаллические формы, агрегационные структуры и ми-

кросструктурные особенности, определенные методами рентгеноструктурного анализа;

– установлена полигенетическая природа глауконита и определена зависимость его морфологии и гранулометрического распределения от интенсивности перемывов в условиях шельфовой седиментации;

– уточнены стратиграфические и тектонические особенности распространения глауконитсодержащих отложений, показана их приуроченность к трансгрессивным базальным слоям морского палеогена (Кайнарбулакская и Акжарская свиты);

– доказано, что глауконитовые горизонты формировались в условиях шельфовых морей с преимущественно штормовым режимом, при высокой биологической продуктивности, низкой скорости седиментации и активной придонной циркуляции;

– выявлены корреляции между морфометрией глауконита и фациальными условиями осадконакопления, что позволяет использовать глауконит как индикатор палеогеографических обстановок позднего палеоцена – раннего эоцена.

Таким образом, результаты работы расширяют представления о глауконитогенезе, закономерностях размещения глауконитовых горизонтов и создают фундамент для последующих геологоразведочных, минералогических и ресурсных оценок месторождений глауконита в Южном Казахстане и сопредельных регионах. В пределах центральной части хребта Каратау отложения Кайнарбулак-

ской свиты уничтожены эрозией. Однако на обоих его склонах, а также в пределах Сардарьинского и Шу-Сарысуйского осадочного бассейнов они развиты повсеместно. На юго-западном склоне Каратау породы свиты обнажены на значительных участках, а на северо-восточном они вскрыты многочисленными скважинами. Наиболее полный и характерный разрез свиты наблюдается в северо-западной части хребта, как на юго-западном, так и на северо-восточном склоне [1, 2].

В составе Кайнарбулакской свиты отчетливо выделяются три пачки, характеризующиеся различием в литологическом составе (рис. 1, 2) [3, 4]. Нижняя отличается изменчивостью литологического состава по простиранию. В строении ее преобладают серые и темно-серые алевритистые глины с небольшим количеством органического (сапропелевого) материала и пирита, с прослоями кварц-глауконитовых песчаников и песков. На отдельных участках в ней наоборот доминируют глинистые кварц-глауконитовые песчаники, а иногда и гравелиты с желваками фосфоритов.

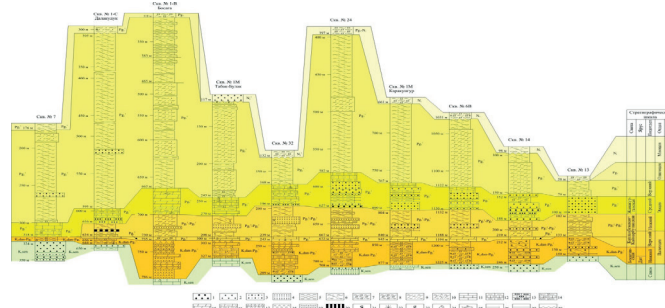
Глауконитовые пески и песчаники слагают пластообразные и линзобразные горизонты мощностью до 3 м, отличающиеся широким площадным развитием. Мощность пачки колеблется от нескольких до 25 м. Средняя пачка

Система	Отдел	Подотдел	Реггионус	Свита	Литологическая колонка	Мощность (в метрах)	Описание пород
Палеогеновая	Эоцен	Верхний	Альминский	Байгубская		200	Толща зеленых глин: зеленовато-серые глины с подчиненными прослоями алевролитов.
		Севфур-повойский	Кайнарбулакская		60	Верхняя пачка - серые и темно-серые алевритистые бескарбонатные глины. М - 10-25 м. Средняя пачка - алевритистые глины шоколадного цвета с подчиненными прослоями серых коослоистых известковистых алевролитов. М - <20 м. Нижняя пачка - серые и темно-серые алевритистые глины с прослоями кварц-глауконитовых песчаников и песков, редко гравелитов с желваками фосфоритов. М - до 25 м.	
							Нижний
		Нижний	Келди-суйский	Кайнарбулакская		25	
							Нижний
	Палеоцен	Верхний	Келди-суйский	Кайнарбулакская			
							Нижний

Рис. 1. Сводная литолого-стратиграфическая колонка отложений Кайнарбулакской свиты хребта Каратау и Сырдарьинской впадины.

Сурет 1. Қаратау жотасы мен Сырдария ойпатының Қайнарбулак свитасының шөгінділерінің жинақталған литология-стратиграфиялық колонкасы.

Figure 1. Generalized lithological-stratigraphic column of the deposits of the Kainarbulak Formation in the Karatau Ridge and the Syrdarya Depression.



Условные обозначения

Литологические типы пород: 1 – гравелиты, 2 – песчаники, 3 – пески, 4 – алевролиты, 5 – аргиллиты, 6 – глины, 7 – глины известковистые, 8 – глины доломитистые, 9 – глины песчановые, 10 – глины с прослоями ангидритов, 11 – известняки, 12 – глинистые известняки, мергели, 13 – песчановые известняки, 14 – глинистые известняки с прослоями ангидрита, 15 – доломиты, 16 – глинистые доломиты, 17 – доломиты с прослоями ангидрита, 18 – ангидриты, гипсы, 19 – ангидриты с прослоями доломитов, 20 – горючие сланцы. **Диagenетические образования:** 21 – окремнение, 22 – окислы и гидроокислы железа, 23 – глауконит.

Органические остатки: 24 – фауна, 25 – отпечатки рыб, 26 – слои пород, не вмещающиеся в масштаб колонки.

Границы слоев: 27 – согласные, 28 – разрыв.

Рис. 2. Геологический разрез Кайнарбулакской свиты по профилю скв. № 7 – скв. № 13.

Сурет 2. Қайнарбулак свитасының геологиялық қимасы № 7 – № 13 ұңғымалар бойымен.

Figure 2. Geological cross-section of the Kainarbulak Formation along the profile from Well No. 7 to Well No. 13.

представлена алевритистыми глинами шоколадного цвета с подчиненными прослоями (0,1–0,5 м) серых известковистых алевролитов с мелкой косою слоистостью. Мощность ее обычно составляет менее 20 м. Верхняя пачка сложена серыми и темно-серыми алевритистыми, бескарбонатными глинами мощностью от 10 до 25 м [5].

Таким образом, разрез Кайнарбулакской свиты обладает рядом специфических особенностей, позволяющих уверенно выделять ее в разрезах, как в обнажениях, так и в скважинах. В первую очередь это преимущественно глинистый состав, бескарбонатность, обогащенность органическим веществом и пиритом, а также серый и темно-серый цвет пород, наличие горизонта «шоколадных» глин в средней части, прослоев и линз кварц-глауконитового песка в подошве [6].

Материалы и методы

Объектом исследования являются глауконитовые пески и песчаники нижней части Кайнарбулакской свиты, отнесенной к позднему палеоцену – раннему эоцену, в пределах юго-восточной части хребта Каратау и Сырдарьинской впадины. Полевые исследования проводились в Туркестанском районе Южно-Казахстанской области

(участки Бургем, Балабургем, Укаша-ата, Атабай, Урангай) и в Жанакурганском районе Кызылординской области (Кайнарбулак, Кайнар, Кыраш-тобе, Кос-Уйенки, Жанааул и др.). Материал для анализа был отобран как из обнажений, так и из кернов буровых скважин. Литолого-стратиграфический разрез свиты изучался по методике стратиграфического и фациального расчленения, с выделением характерных литологических пачек [7, 8]. Выделенные пласты описывались по цвету, текстуре, структуре, минеральному составу, степени окатанности обломков и цементирующим компонентам. Особое внимание уделялось глауконитсодержащим интервалам, включающим кварц-глауконитовые пески, песчаники, гравелиты и прослои фосфоритов. Минералогический состав пород исследован при помощи оптической микроскопии в проходящем и отраженном свете. Основные минералы определялись количественным методом по гранулометрическим фракциям. Рентгеноструктурный анализ (XRD) проводился на отдельных фракциях с использованием дифрактометра по стандарту ASTM, что позволило идентифицировать глауконит, кварц, монтмориллонит, каолинит, гетит, кальцит, гипс и др. (таблица 1).

Морфология и микроструктура глауконита исследовались при помощи сканирующей электронной микроскопии (SEM), позволяющей детализировать форму зерен, наличие микротрещин, поверхностных структур и инкорпораций других минералов (рис. 5). Также выполнялся морфометрический анализ зерен глауконита с целью установления зависимости их формы и размера от фациальных условий. Химический состав изучен на современных спектрометрических установках методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF). Были определены массовые доли SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , что позволило судить о геохимических условиях образования глауконита и его промышленном потенциале. Гранулометрический анализ проводился методом ситового отсева и лазерной дифракции, с расчетом распределения частиц по фракциям, что позволило уточнить влияние перемылов на изменение зернового состава глауконитовых песков [9]. Палеогеографический и седиментационный анализ выполнялся на основе сопоставления фациальных данных, стратиграфических колонок (рис. 1–2), палеокарт (рис. 6) и моделей осадконакопления (рис. 7). Учитывались тектонические условия региона, трансгрессивные циклы морского палеогена, скорость седиментации, биопродуктивность среды и интенсивность придонной циркуляции. На основе совокупности методов установлены полигенетическая природа глауконита, условия его образования в шельфовых морях с преобладанием штормового режима и диагностические признаки глауконитогенеза для стратиграфической корреляции и прогноза ресурсов.

Результаты исследования

На большей части рассматриваемой территории Кайнарбулакская свита залегает с размывом на подстилающих отложениях палеоцена, однако на участках, где последние отсутствуют, она с глубоким несогласием перекрывает различные по возрасту толщи мела или домезозойские образования. Возраст Кайнарбулакской свиты определяется

по остаткам фауны моллюсков, фораминифер и палинологическим комплексам. Эти находки позволяют отнести вмещающие отложения к позднему палеоцену (качинский ярус) [10].

Приведенный комплекс фораминифер аналогичен комплексам сузакских слоев Центральной Азии и указывает на верхнепалеоценово-нижнеэоценовый возраст вмещающих отложений. Таким образом, возраст Кайнарбулакской свиты на основании содержащихся в ней органических остатков и положения в разрезе определен как поздний палеоцен – ранний эоцен. Как указывалось выше, глауконитовые пески и песчаники слагают пластообразные и линзообразные тела мощностью до 5 м и имеют значительные размеры по площади. Обычно глауконит в породах присутствует в небольших количествах от первых до 8–10%, значительно реже отмечаются более высокие его концентрации. В составе обломочного материала глауконитовых песков Кайнарбулакской свиты установлено 27 различных минералов. Псаммитовые обломки обычно имеют неправильную форму, плохо или полуокатаны. Поверхность некоторых из них покрыта пленкой, состоящей из гидроокислов железа. Основными породообразующими минералами являются кварц (от 26,49 до 44,36%), глауконит (от первых процентов до 27%), полевые шпаты (от 4,38 до 17,37%). В большинстве проб отмечено значительное содержание обломков кремнистых пород – от 3,82 до 12,43%. Обломки других пород – аргиллитов, кварцево-сланцевых сланцев встречаются значительно меньше – от долей процентов до 1,63%. Лишь в двух пробах отмечены повышенные их содержания (6,09 и 11,52% соответственно). Обломки пород обычно встречаются в крупно- и среднезернистых фракциях. Кроме минеральных компонентов встречаются фосфоритизированные обломки костей морских организмов, зубы акул, копролиты. Размер фосфатных компонентов варьирует в пределах 0,2–0,5 мм, отдельные экземпляры достигают 0,7–1,0 мм. Цвет их обычно от коричневого до бурого. Значительно реже встречаются серые, темно-серые и белесые разности. Преобладающими формами зерен копролитов являются палочковидная и округло-овальная, яйцевидная. Цемент преимущественно глинистый и глинисто-карбонатный, и значительно реже – кремнистый. Довольно часто встречаются глауконитовые пески и песчаники, содержащие в переменных количествах вулканогенный пепловый материал. Так на пл. Бургем развиты плотные равномернозернистые туфопесчаники зеленовато-серого цвета с шероховатым изломом. Породы сильно выветрелы и трещиноваты. Трещинки выполнены кальцитом. Наиболее широко распространены среднезернистые разности этих пород. Структура псаммитовая в сочетании с витрокластической. Слоистость неотчетливая тонкая горизонтальная. Терригенный материал хорошо сортирован, полу- и хорошо окатанный. Размер псаммитового материала колеблется от 0,2 до 0,5 мм.

Происхождение глауконита. Установлено, что повышенные концентрации глауконита приурочены, прежде всего, к фациям относительно грубых осадков внешнего шельфа и верхней части континентального склона, особенно в районах с высокой биологической продуктивно-

стью вод и интенсивным накоплением органического вещества. Образуется глауконит в районах с сильно замедленной седиментацией на границе раздела осадок – вода, где он ассоциирует с органическим веществом. По содержанию железа глауконитовые пласты относятся к промышленным железнякам, хотя их редко разрабатывают с целью извлечения из них данного металла. Обобщенная схема распространения диагенетических минералов железа в осадках шельфа, в том числе и глауконита, приведена на рис. 3. Геохимические и данные по химическому составу заставляют предполагать, что глауконит образуется при низких температурах в обстановке, в которой нет ни сильно окислительных, ни восстановительных условий. Оптимальные глубины глауконитообразования, по-видимому, находятся где-то между 50 и 1000 м. Другими критериями, способствующими образованию глауконита, является высокая подвижность придонных вод и довольно низких температур.

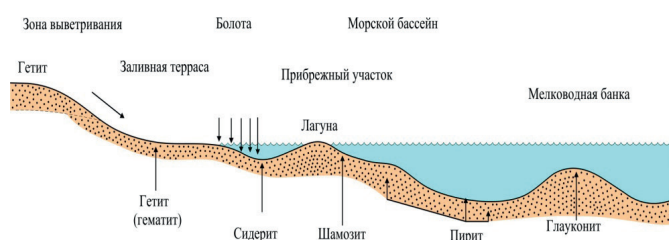
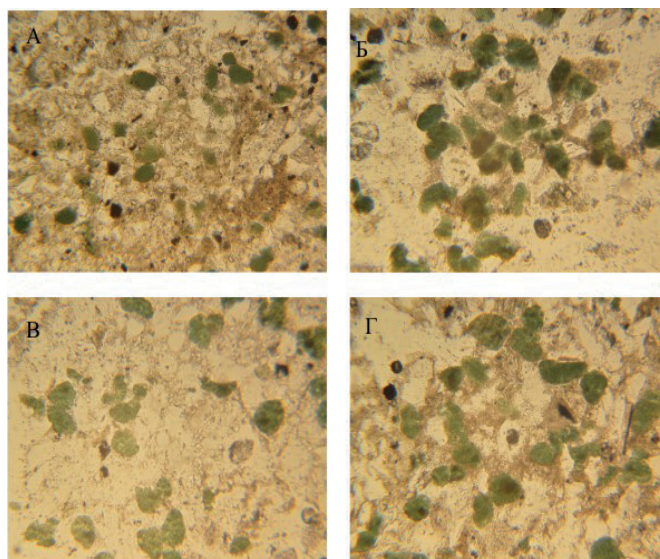


Рис. 3. Схематический разрез, показывающий различные обстановки, при которых могут образовываться диагенетические минералы железа. Сурет 3. Диагенетикалық темір минералдары түзілуі мүмкін әртүрлі жағдайларды көрсететін сызбалық қима.

Figure 3. Schematic section illustrating different environments in which diagenetic iron minerals can form.

Однако все эти параметры трудно определить точно, так как глауконит устойчив в морской воде и может подвергнуться перемещению в морской обстановке. Поэтому он встречается в рассеянном виде в морских илистых породах, в чистых хорошо сортированных косослоистых песках на мелководье, в виде небольшой примеси в турбидитовых отложениях в котловинах. Имеются большие разногласия в отношении природы химических реакций, ведущих к образованию глауконита, и в отношении параметров, контролирующих эту реакцию. Обычно принимается, что глауконит образуется путем трансформации деградированных смектитовых или иллитовых слоев в более упорядоченные смешаннослойные структуры. Однако недавние наблюдения заставляют предполагать, что глауконитовые новообразования возникают в порах. Вероятнее всего глауконит имеет полигенетическую природу.

Морфология зерен глауконита. Глауконит встречается в виде мягких (твердость 2–3) ярко-травяно-зеленых, желтовато-зеленых и зеленовато-синих зерен в песчанниках и в песчано-глинистых породах размером 0,5–0,1 мм (рис. 4). Форма их в большинстве своем неправильная, угловатая, что обусловлено растрескиванием первичных зерен и распад их на более мелкие обломки.



А – шл. № 175, скв. № 32 инт. 235 м; Б – шл. № 579, скв. № 24, инт. 653 м; В – шл. № 454, скв. № 6в, инт. 1165 м; Г – шл. № 387, скв. № 14, инт. 200 м. Увеличение 40^х, николи параллельны

Рис. 4. Зерна глауконита в мелкозернистых песчанниках Кайнарбулакской свиты.

Сурет 4. Қайнарбулак свитасының ұсақ түйіршікті құмтастарындағы глауконит дәндері.

Figure 4. Glauconite grains in fine-grained sandstones of the Kainarbulak Formation.

Идеальную – округлую или овальную форму имеют лишь единичные зерна. Довольно часто встречаются кварц-глауконитовые сростки, сцементированные гидроокислами железа. Изредка зерна глауконита нарастают на поверхность кварцевых обломков, придавая им вид «ежиков». Иногда в обломках наблюдаются пустоты, стенки которых часто покрыты лимонитом. Зерна довольно чистые, включения в них редкие и тонкие и лишь отдельные зерна содержат густую сыпь черного цвета, расположенную по краям зерен, а иногда точно по всему зерну. Изредка наблюдаются конформные и инкорпорационные структуры, связанные с внедрением в зерна глауконита обломков кварца или полевых шпатов. Структура глауконита коллоидальная. В скрещенных николях она тонкоагрегатная или чешуйчато-агрегатная, причем зеленая окраска сохраняется. Встречаются зерна с высокой интерференционной окраской, что связано с эпигенетическими процессами. Из вторичных минералов очень редко встречается гипс (единичные пробы) в виде зерен призматического габитуса. Результаты рентгеноструктурного анализа ASTM зерен глауконита и сопутствующих им минералов приведены в таблице 1.

В выяснении вопроса об образовании глауконитовых зерен не последнюю роль играет их морфология, которая определяется, с одной стороны, формой частиц, с другой – внешними особенностями их поверхности. Несомненно, что при морфологических исследованиях необходимо

Таблица 1

Основные линии глауконита и сопутствующих минералов

Кесте 1

Глауконит пен озан ілесетін минералдардың негізгі спектрлік сызықтары

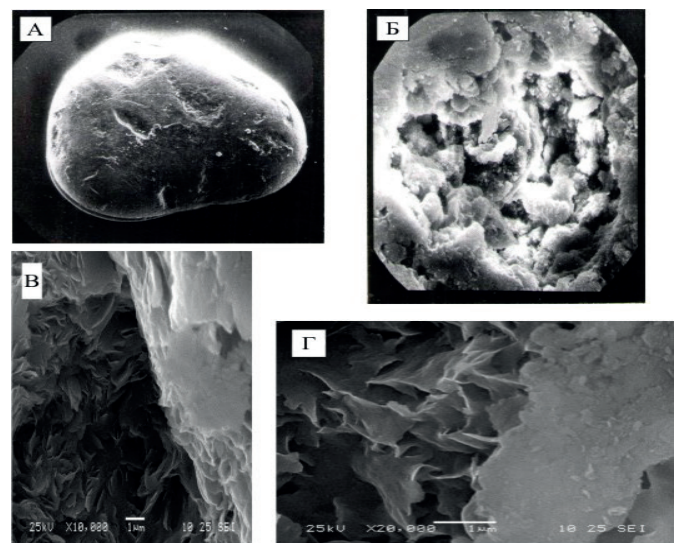
Table 1

Main spectral lines of glauconite and associated minerals

Минерал	J отн.	da/n, A	J отн.	da/n, A	J отн.	da/n, A
Глауконит	100	10,1	100	3,59	30	4,53
Монтмориллонит	100	12–15	60	5,01	80	4,50
Каолинит	100	7,18	100	3,58	100	1,488
Гетит	100	4,18	30	2,69	25	2,45
Кварц	100	3,34	35	4,25	17	1,817
Кальцит	100	3,03	34	1,872	29	3,85
Гипс	100	7,56	57	3,06	51	4,27

также учитывать цвет, наличие трещин и заполняющий их материал, прозрачность и другие типоморфные признаки, определяемые в процессе проведения минералогического анализа. Именно морфология зерен сыграла заметную роль в возникновении большого количества гипотез об образовании глауконита. Все разнообразие форм выделений этого минерала можно подразделить на следующие: а) шаровидная или микроконкреции, иногда с включениями другого минерала; б) прожилки, примазки, пятна, цемент и т. п., заполняющие и цементирующие трещины, поры, полости зерен других минералов или скелетов фауны. Основной формой, без сомнения, и наиболее изученной является первая, а вторая устанавливается лишь при наличии зернистого глауконита (рис. 5, 6).

Мнения о происхождении тонкодисперсной глауконит-содержащей массы различны. Одни исследователи считают ее аутигенной, другие полагают, что тонкодисперсный глауконит образуется в результате разрушения в процессе перемыва и пептизации зернистых осадков. Доказательством последнего могут служить экспериментальные исследования, проведенные Вермундом, показавшие, что глауконит, обладающий небольшой твердостью, равной 2, в процессе перемыва легко разрушается и истирается до размера пелитовых частиц. По-видимому, таким путем образуются глауконитовые глины. Как считает И.В. Николаева, изучение тонкодисперсного глауконита имеет большое значение для уточнения генетических особенностей его образования. Морфометрический анализ зерен глауконита позволяет во многом прояснить фациальные условия формирования минерала. Разнообразие форм зерен глауконита, отобранных с различных участков, свидетельствует об условиях образования его в самых верхних слоях морских осадков. Будучи мягким и пластичным минералом, глауконит под все возрастающим давлением, по мере накопления осадков легко деформируется, принимая самые различные формы. На морфологию зерен влияют также перемыв осадка и химические процессы. При перемыве происходит разрушение первичных зерен, и окатывание образованных обломков. Химические же процессы приводят к образованию новых минералов за счет преобразования глауконита. Доказательством этого могут слу-



А – зерно темно-зеленого глауконита с глянцевой поверхностью со следами вмятин, I группа, увеличение 180^х; Б – зерно глауконита с шероховатой матовой поверхностью, группа II, увеличение 1000^х; В, Г – таблички и лепестки мельчайших кристаллов глауконита соответственно при увеличении 2000^х и 4000^х

Рис. 5. Электронномикроскопические снимки поверхности зерен глауконита Кайнарбулакской свиты.

Сурет 5. Қайнарбұлақ свитасының глауконит дәндерінің беткі қабатының электрондық микроскопиялық суреттері.

Figure 5. Scanning electron microscope images of the surface of glauconite grains from the Kainarbulak Formation.

жить многочисленные вмятины, а также очень большое число уплощенных и угловатых обломков, а также небольшое количество округлых окатанных зерен. Глауконит возникает путем послойного роста кристаллов. Поэтому преобладающей формой кристалла глауконита должна бы

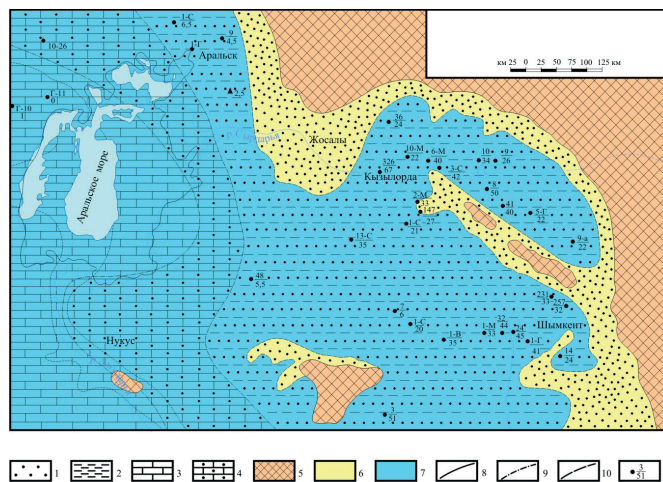
являться шаровидная. По форме кристаллов выделяются две основные формы (рис. 5 В, Г):

1. Таблички или лепестки, тонкие, плоские, чаще изометричные и продолговатые. Края их большей частью неровные, сильно извилистые, и значительно реже встречаются ровные, прямолинейные. Эта форма кристаллов в большей степени присуща I группе глауконитовых зерен, т. е. зернам, имеющим меньшее число разбухающих межслоев и обладающих более упорядоченной структурой.

2. Мелкие изометричные и удлиненные чешуйки и их агрегаты. Размер в основном составляет 0,1 мкм, самые крупные достигают размера 0,5 мкм. Эта форма кристаллов минерала больше присуща II и III группам зерен глауконита, т. е. более измененным, монтмориллонитизированным разностям.

Из вышеизложенного вытекает вывод, что глауконитам Кайнарбулакской свиты присуща гетерогенная неупорядоченная структура, определяемая наличием в ней разбухающих межслоевых промежутков. Следует отметить, что палеогеографические условия накопления глауконитовых песков Кайнарбулакской свиты ($Pg_{l,2}kn$) характеризует новый этап седиментации, обусловленный новой трансгрессией океана Неотетис с юго-запада в конце палеоцена. Трансгрессия происходила довольно быстро и уже к середине эоцена морские бассейны достигли размеров морей в маастрихте. Неотетис имел ограниченную связь с мировым океаном, поэтому основными процессами, контролирующими осадконакопление, были волны, т. е. бассейн седиментации по классификации относится к «мелководным морям с преимущественно волновым и штормовым режимом». Наиболее интенсивно перенос и аккумуляция осадков на них происходит во время штормовых сезонов. В современных морях такого типа умеренные штормы воздействуют на осадок до глубины 100 м, тогда как сильные «зимние» – до 200 м. Причем большие волны вызывают возникновение процесса даунвеллинг – опускание вод с поверхности на глубину. Возникающие при этом однонаправленные донные течения текут немного косо в сторону моря или параллельно береговой линии.

Большая часть прилегающей суши в конце палеоцена и начале эоцена представляла пенеппенизированные слабо возвышенные равнины с интенсивными процессами выветривания и отдельными озерно-аллювиальными пресноводными или слабо засоленными бассейнами. Поэтому привнос кластического материала был не сильно высоким. В разрезе Кайнарбулакской свиты преобладают глины и алевриты с подчиненным количеством песков и песчаников. Вблизи устьев рек, наоборот, отлагался преимущественно песчаный материал. Осадки Кайнарбулакской свиты накапливались в пределах довольно мелководной шельфовой зоны. Причем на внешнем шельфе накапливались глинисто-карбонатные отложения с прослоями песков, а на внутреннем – кварцевые и кварц-глауконитовые пески, алевриты и глины (рис. 6). На значительном удалении от берега, доля терригенных фаций постепенно сменялась терригенно-карбонатными материалами в составе осадков. Далее, постепенно фация сокращалась, вплоть до полного исчезновения. Вследствие этого процесса в направлении моря замещалась карбонатными. Климат в данный период был довольно теплый.



Условные обозначения

Литологические типы пород: 1 – песчаники, гравелиты, конгломераты, 2 – алевриты, аргиллиты, глины с подчиненными прослоями песчаников, 3 – известняки, 4 – песчанистые и глинистые известняки.

Палеогеографические обстановки: 5 – области сноса (суша), 6 – прибрежно-морские равнины, 7 – море мелкое (шельфовая зона).

Границы: 8 – палеогеографических обстановок, 9 – фациальных комплексов, 10 – последующих размывов, 11 – скважины (числитель – номер скважины, знаменатель – мощность отложений)

Рис. 6. Палеогеографическая карта для конца палеоцена – начала эоцена хребта Каратау, Сырдарьинской впадины и Восточно-Аральского бассейна.

Сурет 6. Палеоценнің соңы – эоценнің басындағы Қаратау жотасы, Сырдария ойпаты және Шығыс Арал бассейнінің палеогеографиялық картасы.

Figure 6. Paleogeographic map for the Late Paleocene – Early Eocene of the Karatau Ridge, Syrdarya Depression, and Eastern Aral Basin.

В фациальном отношении в объеме Кайнарбулакской свиты выделяются осадки песчаной, смешанной песчаной-иловой и иловой шельфовых фаций. Блок-диаграмма, показывающая фациальные обстановки шельфа с преобладанием штормового режима, приведена на рис. 7.

Осадки песчаной фации внешней зоны представлены кварцевыми и кварц-глауконитовыми песчаниками и, значительно реже, гравелитами. В них наиболее широко распространены текстуры знаков ряби симметричных и асимметричных волн, а также бугорчатая слоистость. Морфология аккумулятивных песчаных тел самая разнообразная, но преобладают продольные гряды и различные бары. Размер их также варьирует в широких пределах от первых метров до нескольких десятков километров в длину, при мощности от 1 до 15–20 м. Анализ изменения содержания основных минералов и гранулометрического состава показывает, что в процессе формирования пласты глауконита испытали два перемиыва. Причем первый из них был менее сильным, чем последующий. При перемиыве

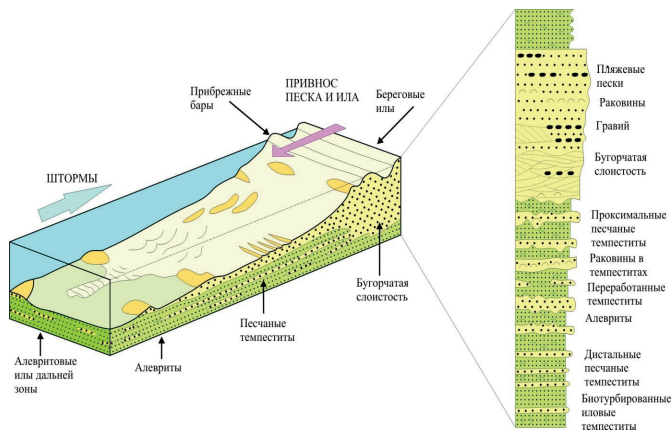


Рис. 7. Седиментационная модель и типичный разрез шельфа с преобладанием штормового режима.

Сурет 7. Негізінен дауылды режим басым шельфтің шөгінді түзілу моделі және типтік қимасы.

Figure 7. Sedimentation model and typical shelf cross-section under predominant storm conditions.

вах происходило увеличение крупно- и среднеспесчаной фракций при уменьшении мелкопесчаной, алевритовой и глинистой. При этом происходили дробление и механическая сортировка зерен. Результатом стало уменьшение содержания глауконита во фракции 0,5–0,1 мм, и резкое увеличение во фракции 0,05–0,01 мм. Наиболее интенсивно эти процессы происходили при втором, более сильном и продолжительном перемыве. Видимо пласты глауконита при перемывах временами выходили из-под зеркала воды, так как в отдельных пробах отсутствуют минералы тяжелой фракции за исключением группы лимонита – гематита. При этом отмечается и повышение содержания глауконита. Как известно, лимонит образуется в зоне окисления в поверхностных или близ поверхностных условиях.

Обсуждение

Полученные результаты комплексного исследования глауконитсодержащих песков Кайнарбулакской свиты позволяют существенно углубить представления о седиментационных и диагенетических процессах, характерных для палеогена юга Казахстана. Стратиграфическая приуроченность глауконитовых горизонтов к трансгрессивным базальным слоям палеоцен-эоценовых отложений подтверждает закономерность их формирования в условиях начала крупномасштабной трансгрессии океана Неотетис, охватившей территорию Сырдарьинской впадины и хребта Каратау в конце палеоцена. Фациальный анализ разрезов и палеогеографические реконструкции (рис. 6, 7) свидетельствуют о преимущественно шельфовой, мелководно-морской обстановке с высокими волновыми и штормовыми режимами, что согласуется с условиями глауконитобразования. Такие условия обеспечивали медленную скорость осадконакопления, высокую биопродуктивность, интенсивную циркуляцию придонных вод и поступление териогенного материала со слабо расчлененной суши. Эти факторы создавали благоприятную среду для

роста глауконитовых зерен непосредственно на поверхности осадка, либо в его верхних слоях. Гранулометрический и морфометрический анализ подтвердил неоднородность глауконитового материала, высокую степень перемыва и переотложение зерен, что прослеживается по фракционному распределению глауконита. Доказано, что повторные перемывы приводили к измельчению зерен, снижению их округлости, увеличению содержания тонкодисперсных частиц и локальному накоплению глауконитовых глин.

Сканирующая электронная микроскопия выявила широкий морфологический спектр глауконитовых зерен – от первично шаровидных микроконкреций до таблично-чешуйчатых форм, характерных для более зрелых, трансформированных фаз минерала. Значительная часть зерен демонстрирует признаки механического повреждения, вмятины, шероховатости и следы вторичных эпигенетических процессов, что подтверждает гипотезу о полигенетической природе глауконита. Рентгеноструктурный анализ выявил смешаннослоистую структуру глауконита, наличие монтмориллонита и иллита, а также гетита, каолинита и других сопровождающих минералов (таблица 1), что указывает на диагенетический характер минералообразования и сложность кристаллохимического строения глауконита. Особенно важным является установление его устойчивости в морской воде и способности к перемещению и переотложению, что объясняет наличие глауконита в различных литотипах осадков – от глинистых до песчаных.

Заключение

Следует отметить, что перспективы района далеко не ограничиваются выявленными месторождениями глауконита. Проведение дальнейших поисковых работ позволит выявить новые более крупные и богатые по содержанию залежи этого минерального сырья. Анализируя материалы по стратиграфической и тектонической приуроченности горизонтов глауконитов, следует подчеркнуть важнейшую закономерность их размещения в разрезах и по площади, а именно, приуроченность к трансгрессивным базальным слоям морской палеогеновой толщи, которая в одних случаях представлена палеоцен-нижнеэоценовой Кайнарбулакской свитой, а в другом – верхнепалеоценовой Акжарской свитой. Мощность глауконитового горизонта, представленного песками и песчаниками и содержащего то или иное количество желваковых фосфоритов, составляет в различных разрезах от первых метров до 10–12 м. При этом, мощности возрастают от южных районов распространения глауконитов (район Туркестана – Кентау) в северном направлении, в сторону крыльев Нижнесырдарьинского свода. Мощности горизонтов также изменяются и на локальных участках в зависимости от сложного рельефа допалеогеновой эрозионной поверхности. Следовательно, для выбора участка, наиболее благоприятного для разведки и дальнейшей разработки глауконитов, необходимы достаточно детальные геологические исследования в полосе их распространения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николаева И.В. Глауконит как индикатор осадочной среды и диагенетических процессов // Литология и полезные ископаемые. 2022. Т. 57. № 4. С. 301–313 (на русском языке)
2. Вермунд К., Бродерсен Т. Геохимия глауконитовых формаций и их палеоэкологическое значение // Морская геология. 2017. Т. 392. С. 101–115 (на английском языке)
3. Сырчина Н.В., Козвонин В.А., Сазанов А.В. Глауконитовые пески Вятско-Камского месторождения и перспективы их практического использования в сельском хозяйстве // Почвы России: вчера, сегодня, завтра: сб. статей по материалам Всеросс. с междунар. участием науч. конф., посвященной году экологии. 2017. С. 108–113 (на русском языке)
4. Ли С., Чжао Х., Жэнь Ю. Распределение РЗЭ в глауконите и их значение для оценки условий осадконакопления // Chemical Geology. 2019. Т. 510. С. 56–67 (на английском языке)
5. Сантос Ж.О., Васконселос П., Маккаллох М. Эволюция и возраст глауконитсодержащих отложений в Южно-Центральной Азии // Gondwana Research. 2020. Т. 85. С. 23–38 (на английском языке)
6. Козлов С., Темірбеков А., Назарова Р. Петрография и минералогия глауконитовых песчаников Центральной Азии // Вестник геологического общества Казахстана. 2023. № 1. С. 55–68 (на русском языке)
7. Мурдмаа И.О. Глауконитовые пески на террасе континентального склона Патагонии (юго-западная Атлантика) // Литология и полезные ископаемые. 2018. № 6. С. 501–506 (на английском языке)
8. Айжарикова М.Ш., Шаутинов М.Р. Исследование обогатимости глауконитовых песков // Вестник науки. 2025. Т. 3. № 4 (85). С. 1133–1138 (на русском языке)
9. Перегудов В.В., Шаутинов М.Р. Крупное Селетитенизское месторождение глауконита // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. 2018. № 1. С. 187–192 (на русском языке)
10. Рудник Р.Л., Гао С. Геохимия микроэлементов в глауконите: данные из современных и древних осадков // Earth-Science Reviews. 2019. Т. 195. С. 1–22 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Николаева И.В. Глауконит шөгінді ортаның және диагенетикалық үдерістердің көрсеткіші ретінде // Литология және пайдалы қазбалар. 2022. Т. 57. № 4. Б. 301–313 (орыс тілінде)
2. Вермунд К., Бродерсен Т. Глауконитті түзілімдердің геохимиясы және олардың палеоорталық маңызы // Теңіз геологиясы. 2017. Т. 392. Б. 101–115 (ағылшын тілінде)
3. Сырчина Н.В., Козвонин В.А., Сазанов А.В. Вятка-Кама кен орнының глауконитті құмдары және оларды ауыл шаруашылығында практикалық қолдану перспективалары // Ресей топырақтары: кеше, бүгін, ертең: Бүкіл ресейлік бірге халықаралық. қатысуымен ғылыми. конф., арнау. экология жылы. 2017. Б. 108–113 (орыс тілінде)
4. Ли С., Чжао Х., Жэнь Ю. Глаукониттегі сирек жер элементтерінің таралуы: пайда болу көзі мен шөгуге жағдайларына әсері // Химиялық геология. 2019. Т. 510. Б. 56–67 (ағылшын тілінде)
5. Сантос Ж.О., Васконселос П., Маккуллох М. Оңтүстік Орталық Азиядағы глауконитті қабаттардың эволюциясы мен жастық шектеулері // Гондвана зерттеулері. 2020. Т. 85. Б. 23–38 (ағылшын тілінде)
6. Козлов С., Темірбеков А., Назарова Р. Орталық Азия глауконитті құмтастарының петрографиялық және минералогиялық сипаттамасы // Қазақстан геология қоғамының хабаршысы. 2023. № 1. Б. 55–68 (орыс тілінде)
7. Мурдмаа М.А. Патагонияның континентальды беткейіндегі глауконит құмдары (Оңтүстік-Батыс Атлантика) // Литология және минералдар. 2018. № 6. Б. 501–506 (ағылшын тілінде)
8. Айжарикова М.Ш., Шаутинов М.Р. Глауконит құмдарының байытылуын зерттеу // Ғылым жаршысы. 2025. Т. 3. № 4 (85). Б. 1133–1138 (орыс тілінде)
9. Перегудов В.В., Шаутинов М.Р. Глаукониттің ірі Селетитениз кен орны // Кендер мен техногендік шикізатты өңдеудің ғылыми негіздері мен практикасы. 2018. № 1. Б. 187–192 (орыс тілінде)
10. Рудник Р.Л., Гао С. Глаукониттегі микроэлементтердің таралуы: қазіргі және көне ортадан алынған геохимиялық дәлелдер // Жер туралы ғылымға шолу. 2019. Т. 195. Б. 1–22 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Nikolaeva I.V. Denisova Osobnosti mineralo-geokhimicheskogo sostava glaukonita razlichnykh stratigraficheskikh uroveney [Mineral and geochemical composition features of glauconite from

- different stratigraphic levels], *Trudy Vserossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva [Proceedings of the All-Russian Mineralogical Society]*. 2021. V. 150. No. 2. 88–101 pp. (in Russian)
2. Vermund E. Radiologicheskie aspekty ispol'zovaniya prirodnogo glaukonita v zemledelii i stroitel'stve [Radiological aspects of the use of natural glauconite in agriculture and construction], *Geokhimiya i okruzhayushchaya sreda [Geochemistry and Environment]*. 2017. No. 3. 48–55 pp. (in Russian)
 3. Syrchina N.V., Kozvonin V.A., Sazanov A.V. Glaukonitovye peski Vyatsko-Kamskogo mestorozhdeniya i perspektivy ikh prakticheskogo ispol'zovaniya v sel'skom khozyaistve [Glauconite sands of the Vyatsko-Kama deposit and prospects for their practical use in agriculture], *Pochvy Rossii: vchera, segodnya, zavtra: sb. statei po materialam Vseross. s mezhdunar. uchastiem nauch. konf., posvyashchennoi godu ekologii [The soils of Russia: yesterday, today, tomorrow: collection of articles based on the materials of the All-Russian from the international with the participation of a scientific conference dedicated to the Year of Ecology]*. 2017. 108–113 pp. (in Russian)
 4. Li X., Zhao H., Ren Y. Rare earth element distribution in glauconite: implications for provenance and depositional conditions // *Chemical Geology*. 2019. V. 510. 56–67 pp. (in English)
 5. Santos J.O., Vasconcelos P., McCulloch M. Evolution and age constraints of glauconite-bearing strata in South-Central Asia // *Gondwana Research*. 2020. V. 85. 23–38 pp. (in English)
 6. Kozlov S., Temirbekov A., Nazarova R. Petrographic and mineralogical characteristics of glauconitic sandstones from Central Asia // *Bulletin of the Geological Society of Kazakhstan*. 2023. No. 1. 55–68 pp. (in Russian)
 7. Murdmaa I.O. Glauconite sands on the terrace of the continental slope of Patagonia (southwestern Atlantic) // *Lithology and minerals*. 2018. No. 6. 501–506 pp. (in English)
 8. Aizharikova M.Sh., Shautenov M.R. Study of enrichment of glauconite sands // *Bulletin of Science*. 2025. V. 3. No. 4 (85). 1133–1138 pp. (in Russian)
 9. Peregudov V.V., Shautenov M.R. Large Seletenizskoye glauconite deposit // *Scientific foundations and practice of processing ores and man-made raw materials*. 2018. No. 1. 187–192 pp. (in Russian)
 10. Rudnick R.L., Gao S. Distribution of trace elements in glauconite: geochemical evidence from modern and ancient settings // *Earth-Science Reviews*. 2019. V. 195. 1–22 pp. (in English)

Сведения об авторах:

Жумагази́ев А., ст. преподаватель кафедры географии и туризма Атырауского государственного университета им. Х. Досмухамедова (г. Атырау, Казахстан), arman_sebek@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8198-2661>

Құрбаниязов С., канд. геогр. наук, исп. обязанности доцента кафедры экологии и химии Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмета Ясави (г. Туркестан, Казахстан), saken.kurbaniyazov@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-0875-2771>

Шоймуротов Т.Х., д-р геол.-минерал. наук, гл. научный советник, Государственное учреждение «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений» Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан (г. Ташкент, Узбекистан), igirnigm@ing.uz; <https://orcid.org/0009-0007-4639-2969>

Мамадияров М., канд. геогр. наук, доцент, Университет дружбы народов им. акад. А. Куатбекова (г. Туркестан, Казахстан), mmd_64@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-1373-6235>

Авторлар туралы мәліметтер:

Жұмағазиев А., Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің География және туризм кафедрасының аға оқытушысы (Атырау қ., Қазақстан)

Құрбаниязов С., г.ғ.к., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің Экология және химия кафедрасының міндетін атқарушы доценті (Түркістан қ., Қазақстан)

Шоймуротов Т.Х., геология-минералогия ғылымдарының докторы, Өзбекстан Республикасының Тау-кен өнеркәсібі және геология министрлігіне қарасты «Мұнай және газ кен орындарын барлау геологиясы институты» мемлекеттік мекемесінің бас ғылыми кеңесшісі (Ташкент қ., Өзбекстан)

Мамадияров М., география ғымдарының кандидаты, доцент, академик Ә. Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті (Түркістан қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Zhumagaziev A., Senior Lecturer, Department of Geography and Tourism, K. Dosmukhamedov Atyrau State University (Atyrau, Kazakhstan)

Kurbaniyazov S., c.g.-m.s., acting associate professor of the Department of Ecology and Chemistry, Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan)

Shoimurotov T. Kh., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Scientific Advisor of the State Institution «Institute of Geology and Exploration of Oil and Gas Fields» of the Ministry of Mining and Geology of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan)

Mamadiyarov M., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, People's friendship University named after academic Kuatbekov A. (Turkistan, Kazakhstan)

Код МРНТИ 52.13.15

А.М. Суимбаева¹, *А.Қ. Матаев¹, А.Ж. Ауелбекова¹, Ж. Шлатаев²¹Карагандинский технический университет имени Абылхаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан),²ТОО «Корпорация Казахмыс» (г. Караганда, Казахстан)

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЮ РУД ПРИ РАЗРАБОТКЕ МАЛОМОЩНЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Аннотация. В условиях активного развития подземной добычи, особенно при отработке маломощных рудных тел, важной задачей является снижение потерь и разубоживания руды. В статье на основе опыта Канады, Австралии, Китая и России рассмотрены подходы к повышению извлечения и качества руды. Проанализированы геомеханические условия, системы разработки, технические средства и цифровые решения. Описаны инновационные методы бурения, цифровое управление производством и системы сухой закладки. Выделены преимущества подэтажной скважинной отбойки для селективности и безопасности горных работ. Результаты могут быть адаптированы для отечественной практики.

Ключевые слова: потери руды, разубоживание руды, маломощные рудные тела, численное моделирование, системы разработки, подэтажная скважинная отбойка, сухая закладка.

Қуаты аз кен шоғырларын өндіру кезінде жоғалымдар мен кеннің құнарсыздануын азайту бойынша халықаралық тәжірибені талдау

Андатпа. Жерасты пайдалы қазбаларды өндірудің қарқынды дамуы жағдайында, әсіресе қуаттылығы аз кен денелерін игеруде, кеннің шығынын және келділуін азайту өзекті мәселе болып табылады. Мақалада Канада, Аустралия, Қытай және Ресей тәжірибелері негізінде кен шығынын арттыру және сапасын жақсарту тәсілдері талданды. Геомеханикалық жағдайлар, қазу жүйелері, техникалық құралдар мен цифрлық шешімдер қарастырылды. Инновациялық бұрғылау әдістері, өндірісті басқарудың цифрлық технологиялары және құрғақ толтыру жүйелері сипатталды. Подэтаждық ұңғымалық қопару жүйесінің селективтілігі мен тау-кен жұмыстары қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі артықшылықтары айқындалды. Зерттеу нәтижелері отандық тәжірибеге бейімдеуге ұсынылады.

Түйінді сөздер: кен жоғалымдары, кеннің құнарсыздануы, қуаты аз кен денелері, сандық модельдеу, кен өндіру жүйелері, қабатара-лық ұңғымалық қопару, құрғақ толтырмалар.

Analysis of international experience in reducing ore loss and dilution in the mining of narrow ore bodies

Abstract. In the context of intensive underground mining development, particularly in the extraction of thin ore bodies, reducing ore losses and dilution remains a critical challenge. This article, based on the experience of Canada, Australia, China, and Russia, examines methods to enhance ore recovery and quality. It analyzes geo-mechanical conditions, mining systems, technical equipment, and digital solutions. Innovative drilling techniques, digital production management tools, and dry backfill systems are described. The advantages of sublevel open stoping with long-hole drilling for selective mining and operational safety are highlighted. The findings can be adapted to improve domestic practices in thin ore body mining.

Key words: ore losses, ore dilution, narrow ore bodies, numerical modeling, mining systems, sublevel longhole stoping, dry backfill.

Введение

Современное развитие горнодобывающей промышленности характеризуется возрастающей сложностью условий разработки месторождений, в частности маломощных рудных залежей, которые требуют применения высокотехнологичных и научно обоснованных методов ведения горных работ. Несмотря на внедрение прогрессивных технологических решений, уровень потерь и разубоживания руды при подземной отработке по-прежнему остается высоким, что существенно снижает эффективность добычи и увеличивает себестоимость. Проблема потерь и разубоживания руд является одним из ключевых показателей в условиях подземной отработки маломощных рудных тел и имеет особую актуальность в условиях истощения запасов. В мировой практике накоплен значительный опыт и разработано множество способов, позволяющих повысить полноту извлечения руд, особенно в странах с развитой горнодобывающей промышленностью, таких как Канада, Австралия и Китай. Однако, эффективность их применения существенно зависит от конкретных горно-геологических условий месторождений и горно-технологических условий разработки.

В последние годы акцент делается на применение высокоточных методов геологоразведки, селективной отработки, а также цифровых технологий и систем управления качеством добычи руды [1–3]. Использование цифровых геомеханических моделей, автоматизированных буровых комплексов, селективной выемки и современных систем

закладки выработанного пространства позволяет достигать высокой экономической и технологической эффективности [1, 2].

Цель данной работы – проанализировать международный опыт снижения потерь и разубоживания руд при подземной разработке маломощных залежей и обосновать целесообразность применения системы подэтажной скважинной отбойки руды с сухой закладкой как эффективного технического решения, обеспечивающего полноту извлечения руд, устойчивость горного массива, повышение качества добычи и экологическую безопасность.

Обзорный анализ международного опыта

Канадская горнодобывающая промышленность обладает богатым опытом отработки маломощных рудных тел. Одной из основных задач при отработке таких залежей является минимизация потерь и разубоживания руды, что достигается благодаря применению прогрессивных технологий и методов планирования. Широко применяются системы *cut and fill* и *sublevel stoping*, особенно на месторождениях золота и медно-никелевых руд в провинциях Онтарио и Британская Колумбия [3]. Этот метод обеспечивает высокую селективность и минимальное разубоживание, особенно в условиях слабых вмещающих пород. Он позволяет адаптироваться к изменяющейся геометрии рудного тела и обеспечивает высокий уровень контроля над процессом добычи [4].

Также Канада является одним из мировых лидеров в отработке узких рудных тел с применением систем подэтажной скважинной отбойки (*Sublevel Stopping*) в сочетании с закладкой выработанного пространства. На руднике Mouska (Quebec), ранее эксплуатируемом компанией Cambiog Inc., применялась высокоселективная система отработки жил мощностью 10–30 см с шириной очистных выработок до 1,5–1,8 м. Использование буровзрывных работ с цифровыми детонаторами (*i-kon™*) позволило повысить точность формирования контуров и свести переотбойку к минимуму [5]. Закладка велась сухим способом с применением пустой породы, поступающей из капитальных выработок. Уровень уплотнения достигался за счет естественного самоуплотнения и дополнительной послойной подсыпки. Такой подход обеспечивал устойчивую кровлю выработки и минимальные деформации приконтурной части массива.

Канадские горнодобывающие предприятия успешно применяют разнообразные методы для отработки маломощных рудных тел, адаптируя выбор метода к геометрии рудного тела, геомеханическим условиям и экономическим факторам. Применение инновационных технологий, таких как термическое фрагментирование, а также тщательное планирование и контроль за процессами добычи позволяют минимизировать потери и разубоживание руды, повышая эффективность и устойчивость горнодобывающих операций.

В Австралии подход к снижению потерь и разубоживания руды базируется на интеграции геоинформационных систем, 3D-моделирования и инструментов автоматизированного бурения [4, 5]. Успешно применяется технология LIDAR-сканирования выработок и использование буровых станков с системами GPS-навигации и телеметрии, что обеспечивает высокую точность бурения и снижает разброс буровых скважин [6]. На руднике Cragow (Квинсленд) внедрение системы *Minnovare Production Optimiser* позволило сократить отклонения буровых скважин и снизить среднее разубоживание на 62%. Это обеспечило экономически эффективную отработку узких жил шириной менее 1,5 м, ранее считавшихся нерентабельными [6]. Исследования компании AMC Consultants показали, что уменьшение размеров выработок, применение специализированных схем бурения и использование низкоплотных эмульсионных взрывчатых веществ позволяют существенно снизить разубоживание при отработке тонких рудных залежей.

Также на рудниках Австралии (MMG Limited Dugald River) и Новой Зеландии (OceanaGold Waihi) [7] в целях снижения сверхпланового разубоживания руды широко применяется тросовое крепление (*cable bolts*) для поддержания висячего и лежащего боков.

Китайская горнодобывающая промышленность активно внедряет современные методы и технологии для эффективной отработки маломощных рудных тел, стремясь минимизировать потери и разубоживание руды. В этой стране значительные усилия направлены на развитие концепции «умной шахты». Китайские горнодобывающие предприятия активно внедряют искусственный интеллект для прогнозирования потерь руды и управления процес-

сом бурения. Применение алгоритмов на основе базы данных позволяет формировать адаптивные схемы бурения, минимизирующие отклонения от проектных контуров [8]. Кроме того, использование георадиолокационных сканеров в сопряжении с BIM-моделями позволяет выявлять границы рудных тел и оптимизировать отбойку руды.

Традиционно в Китае на месторождениях с крутопадающими маломощными жилами широко применялась камерная система разработки. Однако этот метод характеризуется высоким уровнем потерь и разубоживания, достигающим 40% и более. Для решения этих проблем многие предприятия начали переход к системе разработки с закладкой. К примеру, на золотодобывающем руднике Суйчан (провинция Чжэцзян) до модернизации использовалась *shrinkage stopping* система разработки с ручным бурением и выемкой руды, что приводило к высокой степени разубоживания (до 40%) и низкой производительности (30 т/сутки). Внедрение механизированной технологии горизонтально-слоистой системы с сухой закладкой с использованием буровых установок и погрузочно-доставочных машин (LHD) позволило снизить разубоживание до 10%, увеличить производительность до 110 т/сутки и повысить коэффициент извлечения руды с 95% до 98%. Закладка сопровождается применением GPR-сканеров, BIM-моделей и алгоритмов ИИ для точной локализации контуров рудных тел. Экономический эффект от модернизации составил более 18 миллионов юаней [9].

В России маломощные рудные тела традиционно отрабатываются с применением узкозахватной технологии очистных работ. Примером являются месторождения Чукотского и Забайкальского регионов. Разрабатываются технологии интеграции геомеханических моделей с данными бурения для управления устойчивостью массива и выбора оптимальных параметров отбойки.

Также в горнодобывающей промышленности России для повышения эффективности добычи, управления геомеханическим состоянием массива, снижения себестоимости добычи и утилизации максимально возможного объема отходов горнодобывающего производства в пустотах недр в специфических условиях, когда обособленно ни одна из систем подземной разработки не обеспечивает необходимого эффекта, применяют комбинированные системы разработки (КСР).

Примером комбинированной системы разработки является технология, при которой В.В. Готовым предлагается разрабатывать жилы с изменчивой мощностью путем комбинации системы с магазинированием руды для участков выдержанной мощности и системы с отдельной выемкой в местах пережима жилы. При уменьшении мощности жилы ниже допустимой ширины очистного пространства переходят на технологию очистных работ с отдельной выемкой руды и породы. На замагазинированную руду укладывают перекрытие, на которое первоначально отбивают руду и выпускают ее на откаточный горизонт по рудодоспускам блоковых восстающих. Затем отбивают породу и оставляют ее в очистном пространстве, что позволяет снизить разубоживание на 30–50%.

Еще одним примером внедрения технологии, направленной на повышение полноты извлечения руды, является

рудник Карнасурт, которая ведет добычу редкоземельных элементов, и где рудная залежь представлена маломощными рудными телами (0,6–2,4 м) с углом падения 12–18°. За время существования рудника применялись различные варианты сплошной камерной и камерно-столбовой систем разработки. Недостатками при этом являлись высокие значения потерь, использование низкопроизводительного стационарного оборудования и ручного труда, обусловленных ограниченной высотой рабочего пространства. При переходе на комплексы самоходного оборудования производительность труда значительно повысилась, однако то же самое произошло с показателями разубоживания вследствие увеличения высоты очистного пространства и примешивания пустых пород кровли [10]. В 70-х годах XX века с целью сохранения и последующей отработки вышележащих пластов забалансовых руд и улучшения показателей извлечения И.И. Бессоновым была предложена КСР, основанная на сочетании сплошной системы разработки и системы с закладкой. Суть системы заключается в опережающей отработке пород кровли с целью получения закладочного материала и последующей выемки рудного тела с закладкой выработанного пространства ранее извлеченными пустыми породами. На всех процессах выемки применяется самоходное оборудование. Такая система позволила в 2–3 раза снизить потери руды в целиках и разубоживание от налегающих пород, исключить вредное влияние больших объемов образовавшихся пустот на подработанную толщу пород. Однако широкого распространения данная система не получила [11].

Также на данном руднике введена технология очистной выемки парными заходками, которая позволяет вслед за продвижением забоя крепить кровлю во вторых заходках. А выемку первых заходок можно вести без крепления, так как в них не присутствуют горнорабочие в течение всего времени отработки блока. Установлено, что очистная выемка балансовых запасов в блоке парными заходками позволит применить анкерное крепление для поддержания пород кровли. Использование анкерного крепления в очистном пространстве ограниченной высоты вместо внутриблоковых целиков и технологии селективной выемки на основе взрыворазделения руды и пород лежащего бока во второй заходке сокращают потери и разубоживание добытой руды на 9–11 и 22–27%, соответственно.

При разработке «Тасеевского» золоторудного месторождения применялась комбинация систем разработки с магазинированием и закладкой. Сущность этого варианта КСР заключается в том, что перед отработкой камерных запасов на их границе проходят щели, в которых формируются бетонные барьерные целики, позволяющие отработать запасы камер в проектных контурах. Щели создавали мелкошпуровым способом с магазинированием руды. После выпуска руды данные камеры закладывались твердеющей смесью с добавлением породы из проходческих забоев. Внедрение КСР позволило добиться снижения себестоимости добычи 1 м³ руды на 19% по сравнению с ранее применявшейся системой горизонтальных слоев с закладкой [12].

Разработка маломощных крутопадающих рудных тел сопряжено с высокими технико-экономическими трудно-

стями. При использовании традиционных систем разработки потери полезного компонента и степени разубоживания часто выходят за пределы проектных норм. В таких условиях ключевое значение приобретает обоснованный выбор горнотехнических решений, обеспечивающих высокую точность вскрытия и отработки, устойчивость горного массива и минимизацию эксплуатационных потерь. В мировой практике эксплуатации маломощных и тонких крутопадающих жильных месторождений находят все большее распространение системы разработки с закладкой выработанного пространства. Для повышения полноты извлечения одним из эффективных решений является применение системы подэтажной скважинной отбойки с последующей сухой закладкой выработанного пространства. На рис. 1 показан пример системы подэтажной скважинной отбойки руды с сухой закладкой. Данная технология применяется на рудниках El Peñón (Чили), Ken Snyder (Невада, США), Mt. Isa lead mine (Австралия), Stillwater (Монтана, США).

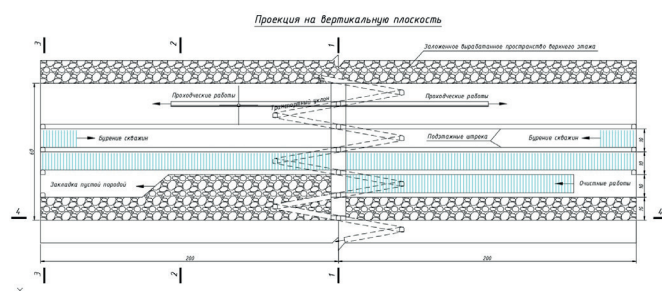


Рис. 1. Система подэтажной скважинной отбойки руды с сухой закладкой (Bench and fill).
Сурет 1. Құрғақ толтырумен подэтаждық ұңғымалық қопару жүйесі (Bench and fill).
Figure 1. Sublevel long-hole stopping system with dry backfill (Bench and fill).

При данной системе разработки вскрытие осуществляется на всю глубину этажа проведением транспортного съезда, вентиляционных штреков и сбоек, а также вентиляционно-ходовых восстающих. Далее ведутся подготовительные работы с помощью проходки заездов на подэтажи и подэтажных штреков, отрезных восстающих на флангах снизу-вверх. После проведения двух подэтажных штреков начинается процесс бурения скважин от флангов к центру. После обурирования нижних двух подэтажей начинаются очистные работы в отступающем порядке. После окончания очистных работ на подэтаже начинается закладка выработанного пространства сухой закладкой в наступающем порядке. В качестве сухой закладки используется пустая порода с проходки горно-капитальных и подготовительных выработок фракцией 5÷300 мм. Разгрузка автосамосвалов, транспортирующих породную закладку, осуществляется непосредственно на подэтажном штреке, для чего кузова самосвалов переоснащаются на эжекторные (*Ejector style dump box*), либо с помощью ковшовых ПДМ, выполняющих роль бульдозера с соблюдением мер безопасности. Для разгрузки автосамосвала на почву выработки в таком случае предусматривается

разгрузочный пункт. Порода распространяется по камере самотеком под действием силы тяжести. При этом в выработанном пространстве в районе места подачи закладка отсыпается в виде конуса с углом естественного откоса 30–40°. По истечении времени за счет воздействия на них веса передвигающейся по породной закладке ПДМ происходит уплотнение закладочного массива. Соответственно образовывается усадка закладочного материала и уровень закладки понижается. Для ликвидации появляющихся недозакладов за счет усадки закладочного массива периодически, а также перед началом отработки вышележащего выемочного подэтажа производится подсыпка породы и восстановление уровня закладочного массива до кровли отработанных камер.

Применение систем разработки с восходящей выемкой и сухой закладкой обеспечивает высокую безопасность ведения горных работ, возможность складирования всего объема пустых пород в выработанном пространстве рудника, обеспечивается устойчивость приконтурной части массива, за счет чего достигаются показатели планового разубоживания руды. Сухая закладка, выполняемая с контролем уплотнения и состава материала, позволяет избежать развития неустойчивости кровли и боков, а также снизить риск вывалов и сдвижек. Данная система разработки обеспечивает: применение современного самоходного оборудования на всех процессах очистной выемки; высокие показатели извлечения; высокую производительность труда; низкий объем подготовительно-нарезных работ; низкую себестоимость добычи руды.

По мнению авторов, перспективным направлением является использование системы подэтажной скважинной отбойки руды с сухой закладкой (рис.1) на месторождении Акбакай в Жамбылской области Казахстана вместо применяемой на данный момент подэтажно-камерной системы с торцевым выпуском руды (рис. 2) позволило бы более эффективно управлять состоянием массива вмещающих пород, тем самым уменьшить сверхнормативные потери и разубоживание. Переход к предлагаемой системе разработки не только повысит экономическую эффективность, но и будет способствовать улучшению экологической обстановки.

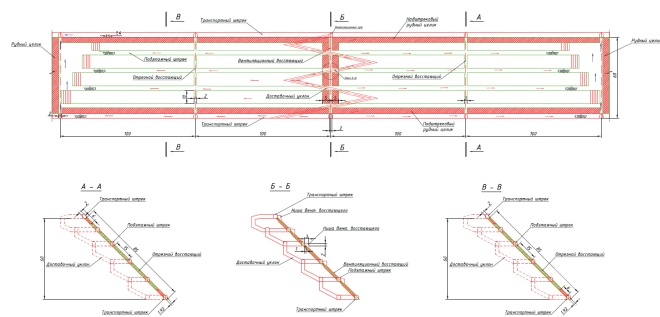


Рис. 2. Подэтажно-камерная система разработки с торцевым выпуском руды, применяемая на руднике Акбакай.

Сурет 2. Ақбақай кенішінде қолданылатын торцтық түсірумен подэтаждық-камералық қазу жүйесі.
Figure 2. Sublevel stopping with end ore draw system used at the Akbakai mine.

Обсуждение результатов

Обзор мировой практики разработки маломощных рудных залежей показывает, что снижение потерь и разубоживания руд возможно при реализации комплекса взаимосвязанных мер:

- оптимизация систем разработки (*cut and fill, sublevel stopping, room and pillar*);
- внедрение цифровых и навигационных систем контроля бурения и отбойки;
- использование высокоточных средств разведки и мониторинга границ рудных тел;
- интеграция геомеханических моделей и геостатистического анализа.

Эффективность данных подходов особенно высока в условиях крутопадающих рудных тел малой мощности, где точность работ определяет технико-экономические показатели предприятия. При этом наибольшие сложности могут быть связаны с интеграцией информационных систем и адаптацией технологий к местным горно-геологическим условиям.

Проведенный анализ международного опыта свидетельствует о высоком уровне развития технологий снижения потерь и разубоживания руд при отработке маломощных залежей в различных странах. В Канаде приоритет отдается селективным системам *cut and fill* и *shrinkage stopping*, позволяющим достигать высокой точности и минимального разубоживания, в том числе благодаря цифровому управлению взрывными работами. В Австралии наблюдается активная интеграция цифровых геомоделей и автоматизированного бурения, что позволяет достигать высокой точности выемки даже в жилах малой мощности, ранее считавшихся нерентабельными. Китай демонстрирует комплексный подход за счет применения искусственного интеллекта, GPR-сканеров и BIM-моделей для прогнозирования границ рудных тел и управления буровзрывными работами. Российская практика характеризуется внедрением комбинированных систем разработки и широким применением самоходного оборудования. Примеры рудников Карнасурт и Тасеевское демонстрируют значительное снижение потерь и разубоживания благодаря интеграции закладочных технологий и селективной выемки. Наиболее перспективной технологией, по мнению авторов данной работы, является подэтажная скважинная отбойка руды с последующей сухой закладкой. Преимущества данной системы заключаются в повышении устойчивости массива, возможности утилизации пустой породы и снижении экологических рисков. Внедрение этой технологии при разработке глубоких горизонтов маломощных месторождений способно привести к значительному снижению эксплуатационных потерь и улучшению технико-экономических показателей. Таким образом, результаты проведенного анализа подчеркивают актуальность адаптации проверенных международных решений в отечественные горнотехнические условия.

Выводы

В результате проведенного анализа установлено, что снижение потерь и разубоживания руд при разработке маломощных рудных тел требует комплексного подхода,

включающего современные технологии бурения, селективную отработку, цифровое моделирование и применение закладочных материалов.

Международная практика показывает, что наибольшей эффективностью обладают системы разработки, основанные на подэтажной скважинной отбойке руды с последующей сухой закладкой. Такие технологии успешно применяются в Канаде, Австралии, Китае и обеспечивают высокие технико-экономические показатели, надежность и безопасность горных работ. Российский опыт демонстрирует перспективы перехода к комбинированным системам разработки и внедрению современных методов управления качеством руд.

Подэтажная скважинная отбойка с сухой закладкой представляет собой эффективное решение при разработке маломощных крутопадающих рудных тел на глубоких горизонтах. Применение данной технологии позволяет достичь существенного снижения потерь, повысить устойчивость массива и обеспечить высокую технико-экономическую эффективность работ. Внедрение данной системы разработки позволяет сократить расходы на строительство искусственных опор и повысить производительность труда, использовать хвосты обогащения для закладки пустот, при которой снижаются объемы отходов и уменьшается нагрузка на хвостохранилища. Использование пустых пород от проходческих работ позволит существенно сократить затраты не только на закладочные работы, но и на содержание различного рода отвалов и хвостохранилищ, соответственно уменьшив площади земель для горных отвалов. Применение предлагаемой технологии на месторождениях, ведущих разработку маломощных рудных залежей, способно обеспечить значительное улучшение

результатов добычи, снижение затрат, минимизацию экологических воздействий и повышение устойчивости эксплуатационных участков. Таким образом, применение международного опыта в отечественной практике открывает новые возможности для оптимизации разработки сложных геологических объектов и повышения рентабельности подземной добычи.

Дальнейшее направление исследований заключается в обосновании возможности применения системы подэтажной скважинной отбойки руды с сухой закладкой в восходящем порядке при разработке маломощных месторождений на глубоких горизонтах. Для этого планируется изучение геомеханического состояния массива вокруг глубокозалегающих руд во взаимодействии с закладкой, размещенной в выработанном пространстве методом численного моделирования; определение зависимости коэффициента устойчивости от различных условий, определение прогнозных показателей потерь и разубоживания; выполнение технико-экономического обоснования с учетом прогнозных показателей потерь и разубоживания; проведение опытно-промышленных испытаний применения данной системы подэтажной скважинной отбойки руды с сухой закладкой на месторождении Акбакай.

Благодарность

Статья опубликована в рамках конкурса на грантовое финансирование молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2025–2027 годы (ИРН – АР27511129), при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гапонов Ю.С. Геомеханическое обоснование устойчивости породных отвалов с учетом влияния характеристик разрушенной горной массы: дис. ... канд. техн. наук, М., 2015. С. 25–26 (на русском языке)
2. Влияние на устойчивость отвалов гидроизоляции основания с применением геомембран / Кутепова Н.А. [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 1. С. 47–65 (на русском языке)
3. Немова Н.А., Бельш Т.А. Геомеханическая оценка устойчивости откосов и уступов месторождения «Олений Ручей» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 11. С. 109–120 (на русском языке)
4. Ковров О.С., Бабий Е.В., Бубнова Е.А. Геомеханическая оценка устойчивости внутреннего отвала на подработанном основании борта карьера // Научный вестник НГУ. Серия: Геология и горное дело. 2022. № 3. С. 55–67 (на русском языке)
5. Skagway J., Miller D., Thompson R. Характеристика опасности камнепадов с использованием интегрированного кинематического анализа // EGUSphere. 2025. С. 2–3 (на английском языке)
6. Liu Y., Zhang L., Chen J. Геотехническая оценка устойчивости склонов с использованием кинематического анализа: пример с автодорогой в провинции Аньхой // Water. 2023. Т. 15 (10). № 1924. С. 22–24 (на английском языке)
7. Kumar S., Sharma V., Singh R. Применение различных расширений рейтинга массива склонов и кинематического анализа для оценки устойчивости склонов вдоль трассы NH-9, Индия // Geoenvironmental Disasters. 2025. Т. 12. № 36. С. 15–18 (на английском языке)
8. Singh A., Verma P., Elmo D. Влияние геометрических параметров на клиновидное разрушение склонов // Journal of Rock Mechanics. 2025. Т. 50 (2). С. 145–160 (на английском языке)

9. *Определение устойчивого состояния техногенных обнажений при отработке наклонных рудных залежей камерно-столбовой системой разработки / Мусин А.А. [и др.] // Горный журнал Казахстана. 2024. № 10. С. 6–12 (на русском языке)*
10. *Снижение разубоживания руды при отработке тонких рудных тел путем искусственного поддержания выработанного пространства / Мусин А. [и др.] // Mining of Mineral Deposits. 2023. Т. 17. № 1. С. 35–42 (на английском языке)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гапонов Ю.С. Жарықшақтанған тау жыныстарының сипаттамаларын ескере отырып, жыныс үйінділерінің тұрақтылығын геомеханикалық негіздеу: техникалық ғылымдар кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін диссертация, М., 2015. Б. 25–26 (орыс тілінде)
2. Геомембраналарды қолдану арқылы үйінділердің негізін гидроқшаулау тұрақтылыққа әсері / Кутепова Н.А. [және т. б.] // Тау-кен ақпараттық-талдамалық бюллетені. 2025. № 1. Б. 47–65 (орыс тілінде)
3. Немова Н.А., Бельш Т.А. «Олений Ручей» кен орнының қиялары мен сатыларының тұрақтылығын геомеханикалық бағалау // Томск политехникалық университетінің хабаршысы. Георесурстар инжинирингі. 2019. Т. 330. № 11. Б. 109–120 (орыс тілінде)
4. Ковров О.С., Бабий Е.В., Бубнова Е.А. Карьер жиегінің өңделген негізіндегі ішкі үйіндінің тұрақтылығын геомеханикалық бағалау // НГУ ғылыми хабаршысы. Геология және тау-кен ісі сериясы. 2022. № 3. Б. 55–67 (орыс тілінде)
5. Skagway J., Miller D., Thompson R. Интеграцияланған кинематикалық талдау арқылы тас құлауы қаупінің сипаттамасы // EGU sphere. 2025. Б. 2–3 (ағылшын тілінде)
6. Liu Y., Zhang L., Chen J. Кинематикалық талдау қолдана отырып, еңістердің тұрақтылығын геотехникалық бағалау: Аньхой автожолы мысалында // Water. 2023. Т. 15 (10). № 1924. Б. 22–24 (ағылшын тілінде)
7. Kumar S., Sharma V., Singh R. NH-9 бойындағы еңістердің тұрақтылығын бағалау үшін еңіс массасының рейтингін және кинематикалық талдау кеңейтулерін қолдану, Үндістан // Geoenvironmental Disasters. 2025. Т. 12. № 36. Б. 15–18 (ағылшын тілінде)
8. Singh A., Verma P., Elmo D. Тау жыныстарының қияларындағы сына тәрізді қирауларға геометриялық параметрлердің әсері // Journal of Rock Mechanics. 2025. Т. 50 (2). Б. 145–160 (ағылшын тілінде)
9. Камералық-бағаналық жүйемен еңіс рудалы денелерді өндіру кезінде техногендік ашылымдардың тұрақты жағдайын анықтау / Мусин А.А. [және т. б.] // Қазақстанның тау-кен журналы. 2024. № 10. Б. 6–12 (орыс тілінде)
10. Жұмыс істелген кеңістікті жасанды түрде ұстап тұру арқылы жұқа рудалы денелерді өндіру кезінде руданың кедейленуін азайту / Mussin A. [және т. б.] // Mining of Mineral Deposits. 2023. Т. 7. № 1. Б. 35–42 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Gaponov Yu.S. Geomekhanicheskoe obosnovanie ustoichivosti porodnykh otvalov s uchetom vliyaniya kharakteristik razrushennoi gornoi massy: dis. ... kand. tekhn. nauk [Geomechanical justification of the stability of rock waste dumps considering the influence of fractured rock mass characteristics: dissertation ... candidate of technical sciences], Moscow, 2015. 25–26 pp. (in Russian)
2. Vliyanie na ustoichivost' otvalov gidroizolyatsii osnovaniya s primeneniem geomembran [Influence of base waterproofing using geomembranes on dump stability], Kutepova N.A. [et al.], Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. 2025. No. 1. 47–65 pp. (in Russian)
3. Nemova N.A., Belsh T.A. Geomekhanicheskaya otsenka ustoichivosti otkosov i ustupov mestorozhdeniya «Olenii Ruchei» [Geomechanical assessment of slope and bench stability at the Oleniy Ruchey deposit], Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource Engineering]. 2019. V. 330. No. 11. 109–120 pp. (in Russian)
4. Kovrov O.S., Babiy E.V., Bubnova E.A. Geomekhanicheskaya otsenka ustoichivosti vnutrennego otvala na podrabotannom osnovanii borta kar'era [Geomechanical assessment of the stability of an internal dump on a mined-out pit wall foundation], Nauchnyi vestnik NGU. Seriya: Geologiya i gornoe delo [Scientific Bulletin of NSU. Series: Geology and Mining]. 2022. No. 3. 55–67 pp. (in Russian)

5. Skagway J., Miller D., Thompson R. *Characterizing rockfall hazard with an integrated kinematic analysis // EGU sphere*. 2025. 2–3 pp. (in English)
6. Liu Y., Zhang L., Chen J. *Geotechnical assessment of rock slope stability using kinematic analysis: A case study along Anhui Highway // Water*. 2023. V. 15 (10). No. 1924. 22–24 pp. (in English)
7. Kumar S., Sharma V., Singh R. *Application of various extensions of slope mass rating and kinematic analysis for slope stability assessment along NH-9, India // Geoenvironmental Disasters*. 2025. V. 12. No. 36. 15–18 pp. (in English)
8. Singh A., Verma P., Elmo D. *The effect of geometrical parameters on wedge failure of rock slopes // Journal of Rock Mechanics*. 2025. V. 50 (2). 145–160 pp. (in English)
9. *Opređenje ustoichivogo sostoyaniya tekhnogennykh obnazhenii pri otrabotke naklonnykh rudnykh zalezhei kamerno-stolbovoi sistemoi razrabotki [Determination of the stable state of man-made exposures during mining of inclined ore bodies by the chamber-and-pillar method], Mussin A.A. [et al.], Gornyi zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]*. 2024. No. 10. 6–12 pp. (in Russian)
10. *Reduction of ore dilution when mining low-thickness ore bodies by means of artificial maintenance of the mined-out area / Mussin A. [et al.] // Mining of Mineral Deposits*. 2023. V. 17. Issue 1. 35–42 pp. (in English)

Сведения об авторах:

Суимбаева А.М., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), a.suimbaeva@ktu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-6582-9977>
Матаев А.Қ., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), a.mataev@ktu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-9033-8002>
Ауелбекова А.Ж., ст. преподаватель кафедры «Рудничная аэрология и охрана труда», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), a.uelbekova@ktu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-8340-6177>
Шлатаев Ж., ведущий инженер по проектированию технического отдела рудника «Нурказган» ТОО «Корпорация Казахмыс» (г. Караганда, Казахстан), Zhenis.Shlataev@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-2785-7851>

Авторлар туралы мәліметтер:

Суимбаева А.М., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру» кафедрасының доцент м.а., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)
Матаев А.Қ., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру» кафедрасының доцент м.а., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)
Ауелбекова А.Ж., «Кеніштік аэрология және еңбек қорғау» кафедрасының аға оқытушысы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)
Шлатаев Ж., «Нұрқазган» кенішінің техникалық бөлімінің жобалау бойынша жетекші инженері, «Қазақмыс корпорациясы» жауапкершілігі шектеулі серіктестігі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Introduction about the authors:

Suimbayeva A., Ph.D, acting associate professor of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)
Mataev A., Ph.D, acting Associate Professor of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)
Auelbekova A., Senior lecturer of the Department «Mine aerology and labor protection» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)
Shlataev Zh., Senior Design Engineer of the Technical department of the «Nurkazgan» mine, «Kazakhmys Corporation LLP» Limited liability partnership (Karaganda, Kazakhstan)

Код МРНТИ 53.37.31

*Ж.К. Саулебек¹, А.М. Абдирашит², Р.Т. Толеукадыр¹, Н.Ю. Лу¹¹Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева (г. Караганда, Казахстан),
²Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актюбе, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛИБДЕН-И ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИХ ТУГОПЛАВКИХ ЛИГАТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРРОАЛЮМОСИЛИКОКАЛЬЦИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментов по разработке технологии получения молибден- и вольфрамсодержащих лигатур методом восстановления оксидов тугоплавких металлов в условиях индукционной плавки. В качестве сырья использованы молибденовый концентрат и оксид вольфрама, восстановителем выступал высокоактивный ферроалюмосиликокальций (ФАСК). Температурный контроль осуществлялся с использованием вольфрам-ренийевой термопары, зафиксированы экзотермические пики, отражающие стадии восстановления. Получены опытные образцы лигатур и шлака, проведен химический анализ. В лигатурах зафиксировано содержание до 56% *Mo* и *W*. Результаты подтверждают высокую эффективность восстановительного процесса и технологическую перспективность подхода. Отмечена возможность оптимизации параметров плавки и состава шихты с целью увеличения выхода целевого продукта и снижения энергозатрат.

Ключевые слова: молибден, вольфрам, ферроалюмосиликокальций, индукционная плавка, экзотермия, тугоплавкий металл, кремнеалюминиевые восстановители.

Ферроалюмосиликокальцийді қолдана отырып, құрамында молибден және вольфрамы бар отқа төзімді лигатураларды алу үрдістерін зерттеу

Аннотация. Мақалада индукциялық балқыту жағдайында отқа төзімді металл оксидтерін тотықсыздандыру әдісімен молибден және вольфрамы бар лигатураларды алу технологиясын әзірлеу бойынша эксперименттердің нәтижелері келтірілген. Шикізат ретінде Молибден концентраты мен вольфрам оксиді пайдаланылды, тотықсыздандырығыш жоғары белсенді ферроалюмосиликокальций (ФАСК) болды. Температураны бақылау вольфрам-рений термопарасын қолдану арқылы жүзеге асырылды, қалпына келтіру кезеңдерін көрсететін экзотермиялық шыңдар тіркелді. Лигатуралар мен кождардың тәжірибелік үлгілері алынды, химиялық талдау жүргізілді. Нәтижелер қалпына келтіру процесінің жоғары тиімділігін және тәсілдің технологиялық перспективасын растайды. Мақсатты өнімнің шығымдылығын арттыру және энергия шығынын азайту мақсатында балқыту параметрлері мен шихта құрамын оңтайландыру мүмкіндігі атап өтілді.

Түйінді сөздер: молибден, вольфрам, ферроалюмосиликокальций, индукциялық балқыту, экзотермия, отқа төзімді металл, кремнийалюминий тотықсыздандырығыш.

Research of processes for producing molybdenum- and tungsten-containing refractory alloys using ferroalumosilocalcia

Abstract. The article presents the results of experiments on the development of a technology for producing molybdenum- and tungsten-containing ligatures by reducing refractory metal oxides under induction melting conditions. Molybdenum concentrate and tungsten oxide were used as raw materials, and highly active ferroalumosilocalcium (FASC) was used as a reducing agent. Temperature control was carried out using a tungsten-rhenium thermocouple, exothermic peaks reflecting the stages of reduction were recorded. Pilot samples of ligatures and slag were obtained, and chemical analysis was carried out. The content of up to 56% Mo and W was recorded in the ligatures. The results confirm the high efficiency of the reduction process and the technological prospects of the approach. The possibility of optimizing the melting parameters and the composition of the charge in order to increase the yield of the target product and reduce energy costs is noted.

Key words: molybdenum, tungsten, ferroalumosilocalcium, induction melting, exothermy, refractory metal, silicon-aluminum reducing agents.

Введение

На основе физико-химических исследований шихтовых материалов и термодинамического моделирования процесса выплавки вольфрам- и молибденсодержащих лигатур установлена принципиальная возможность получения целевого сплава. В связи с этим, с целью установления оптимального технологического режима и технических параметров выплавки, а также получения опытных образцов, приближенных к реальным условиям протекания восстановительных реакций, была проведена серия лабораторных испытаний с использованием кремнеалюминиевого восстановителя – ферроалюмосиликокальция (ФАСК). Опытные плавки проводились в индукционной печи, оснащенной трансформатором мощностью 16 кВА. Кремнеалюминиевые восстановители, получаемые из высокозольных углей Казахстана, представляют собой ферросплавы нового поколения, разрабатываемые Химико-металлургическим институтом им. Ж. Абишева.

Согласно данным [1–3], источникам вольфрама и молибдена в мировом производстве служат природные руды, преимущественно шеелит ($CaWO_4$) с содержанием WO_3 до 65% и вольфрамит ($(Fe, Mn)WO_4$) с содержанием WO_3 до 76% для вольфрама, а также молибденит (MoS_2)

с содержанием *Mo* до 60% для молибдена. В условиях Казахстана вольфрам встречается в скарновых и жильных месторождениях, среди которых наиболее известны Коктенколь, Бакенское, Сарыжон и Актасское, расположенные в Жамбылской, Восточно-Казахстанской и Алматинской областях [4–6].

Казахстан входит в число ведущих стран по запасам вольфрама (более 2 млн тонн WO_3), однако большая часть месторождений в настоящее время не разрабатывается. Молибден представлен в основном как попутный компонент в медно-порфировых месторождениях (Акшо, Жезды, Коксу, Бозшаколь), где извлекается преимущественно методом флотации с последующим обжигом концентратов [6–8].

Методы исследования

В ходе данной научно-исследовательской работы в качестве источников вольфрама и молибдена были использованы чистый оксид вольфрама и молибденовый концентрат. Целью проведенных исследований являлось установление оптимального технологического режима и технических параметров выплавки с получением опытных образцов вольфрам- и молибденсодержащих лигатур.

Для проведения работ по выплавке вольфрам- и молибденсодержащих лигатур в качестве плавильного агрегата использовалась лабораторная индукционная печь с трансформатором мощностью 16 кВА. Индукционная печь представляет собой исследовательскую установку, предназначенную для получения высоких температур и моделирования металлургических процессов. Установка оснащена индукционным нагревателем; в качестве рабочего пространства используется графитовый тигель, размещенный внутри индукторной катушки, а также силовой высокочастотный генератор. Температурное регулирование осуществляется плавно с помощью тиристорного преобразователя, управляющего подачей мощности на индуктор. Это позволяет генерировать в тигле интенсивные вихревые токи, обеспечивающие равномерный нагрев материала при частоте от 1 до 100 кГц. Контроль температуры осуществлялся с использованием вольфрам-рениевой термопары типа ВР-5/20. Горячий спай термопары, помещенный в армированный корундовый чехол, устанавливался в непосредственной близости к исследуемому материалу. Нагрев производился линейно со скоростью 10 °С в минуту. Температура выдержки превышала расчетную (теоретическую) на 50–60 °С, что обусловлено особенностями теплообмена при электромагнитной индукции (рис. 1).



Рис. 1. Индукционная печь.
Сурет 1. Индукциялық пеш.
Figure 1. Induction furnace.

Шихтовые материалы использовались с фракционным составом менее 0,5 мм. Перемешанную шихтовую смесь загружали в алундовый тигель, который затем помещался в рабочую зону индукционной печи.

Результаты исследования

Первую опытную плавку начали с использованием молибденового концентрата. Состав шихтовой смеси %: концентрат молибдена – 37,5; ФАСК – 25,00; известь – 37,5.

Резкий первый экзотермический пик при температуре 1000 °С согласно термодинамическому анализу, проведенному ранее, является следствием восстановления молибдена алюминием и кальцием. Второй экзотермический пик является следствием восстановления молибдена предположительно силицидами железа и свободным кремнием, содержащимися в сплавах ФАСК. Результаты температурного режима процесса выплавки молибденсодержащей лигатуры приведены на рис. 2.

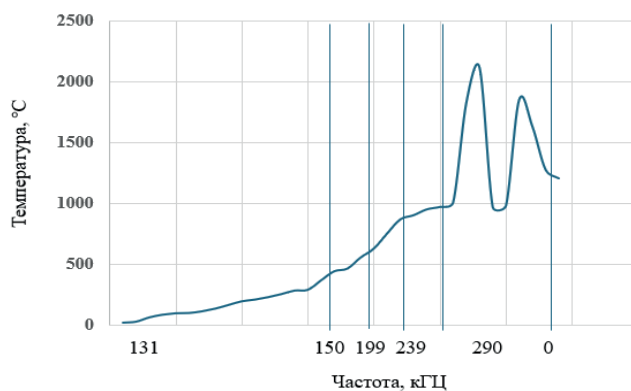


Рис. 2. Динамика изменения температуры в смеси при выплавке молибденсодержащей лигатуры.

Сурет 2. Құрамында молибден бар лигатураны балқыту кезіндегі қоспадағы температураның өзгеру динамикасы.

Figure 2. Dynamics of temperature change in the mixture during smelting of molybdenum-containing ligature.

Опытные образцы молибденсодержащей лигатуры и шлака, полученные с использованием ФАСК, показаны на рис. 3.

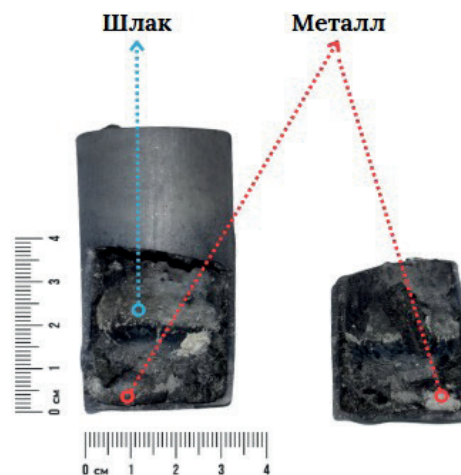


Рис. 3. Типичный вид образцов выплавки молибденсодержащей лигатуры и шлака.
Сурет 3. Құрамында молибден бар лигатура мен кожды балқыту үлгілерінің типтік түрі.
Figure 3. Typical view of samples of smelting of molybdenum-containing ligature and slag.

Вторую опытную плавку начали с использованием оксида вольфрама. Состав шихтовой смеси %: оксид вольфрама – 37,5; ФАСК – 15–25; известь – 37,5.

Результаты температурного режима процесса выплавки вольфрамсодержащей лигатуры приведены на рис. 4. На графике прослеживается последовательное повышение температуры с увеличением частоты индукционного нагрева, что отражает характерный процесс энергообмена в систему. При достижении диапазона частот около 290–300

кГц наблюдается резкий экзотермический пик температуры в интервале 1010 °С. Согласно термодинамическому анализу, проведенному ранее, данный температурный всплеск обусловлен активным восстановлением оксида вольфрама металлическим алюминием и кальцием, входящими в состав комплексного восстановителя – ферроалюмосиликокальция (ФАСК). В последующем температурном диапазоне, при дальнейших скачках температуры до более 2000 °С, можно предположить развитие реакции восстановления вольфрама также силицидами железа и свободным кремнием, содержащимися в структуре восстановителя. Эти процессы сопровождаются интенсивным тепловыделением, что отражается на повторяющихся пиках температуры.

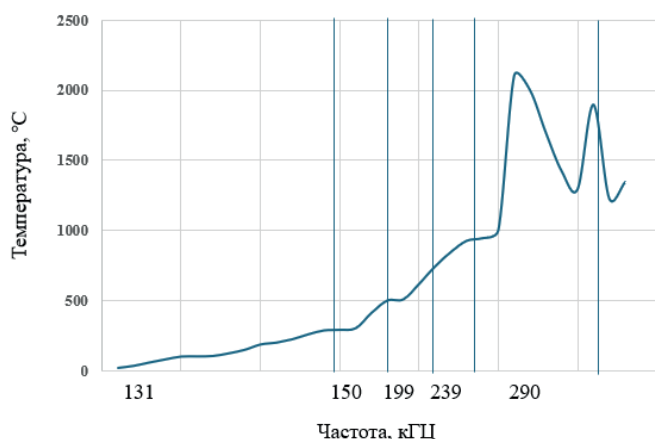


Рис. 4. Динамика изменения температуры в смеси при выплавке молибденсодержащей лигатуры.

Сурет 4. Құрамында молибден бар лигатураны балқыту кезіндегі қоспадағы температураның өзгеру динамикасы.

Figure 4. Dynamics of temperature change in the mixture during smelting of molybdenum-containing ligature.

Опытные образцы вольфрамсодержащей лигатуры и шлака, полученные с использованием ФАСК, показаны на рис. 5.

Методом «кислотного анализа» были определены состав образцов опытных плавок (таблицы 1 и 2).

Таблица 1

Химический состав опытных образцов лигатуры

Кесте 1

Лигатура үлгілерінің химиялық құрамы

Table 1

Chemical composition of experimental samples of ligature

№ металла	Mo	Si	Al	Fe	W
1	45,66	5,13	4,24	36,96	-
2	50,24	11,42	5,04	31,75	-
3	-	5,88	1,26	38,69	54,15
4	-	4,39	2,06	37,55	56,00

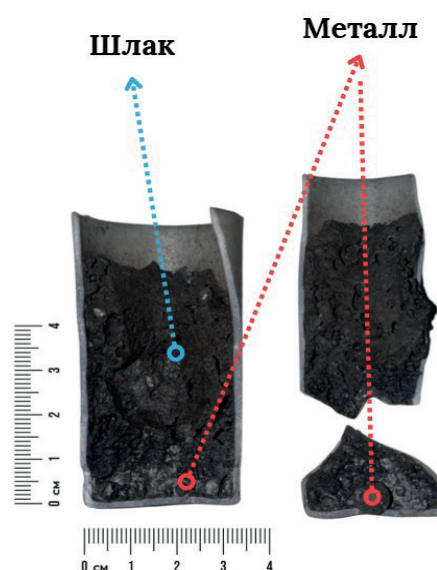


Рис. 5. Типичный вид образцов выплавки вольфрамсодержащей лигатуры и шлака.

Сурет 5. Құрамында вольфрамы бар лигатура мен қожды

балқыту үлгілерінің типтік түрі.

Figure 5. Typical view of samples of smelting of tungsten-containing ligature and slag.

Таблица 2

Химический состав шлака

Кесте 2

Қождың химиялық құрамы

Table 2

Chemical composition of slag

№ шлака	MoO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	W _{общ.}
1	1,23	23,60	14,50	41,50	-
2	0,48	19,60	12,18	45,85	-
3	-	23,45	28,06	44,45	1,5
4	-	24,65	25,14	46,20	0,6

Обсуждение результатов

Полученные результаты опытных плавок демонстрируют эффективность применения комплексного восстановителя ФАСК (ферроалюмосиликокальция) при восстановлении тугоплавких металлов из их оксидов в условиях индукционного нагрева. Использование лабораторной индукционной печи позволило достичь необходимых температурных условий и обеспечить равномерный нагрев шихтовых материалов, что важно для контролируемого протекания восстановительных реакций.

В случае выплавки молибденсодержащей лигатуры на основе молибденового концентрата (с содержанием молибдена около 37,5%) были зафиксированы два выраженных экзотермических пика: первый при ~1000 °С, что соответствует активному восстановлению Mo оксидов алюминием и кальцием, и второй – на более высоких

температурах, обусловленный возможным участием в восстановлении силицидов железа и свободного кремния из состава ФАСК. Морфология и плотность образцов свидетельствуют о сформировавшейся металлической фазе с хорошей текучестью и разделением со шлаком. Результаты химического анализа лигатур (таблица 1) подтверждают высокое содержание *Mo* (до 50,24%) и наличие легирующих элементов *Fe*, *Si* и *Al*, характерных для применения ФАСК. Содержание *Si* и *Al* в пределах 4–11% может быть оптимизировано в зависимости от требований к конечному продукту [9–10].

При выплавке вольфрамсодержащей лигатуры из чистого оксида вольфрама аналогично наблюдаются температурные скачки, характерные для экзотермических восстановительных реакций. Первый интенсивный пик зафиксирован при температуре около 1010 °С и, по аналогии с системой *Mo–Al/Са*, соответствует восстановлению *WO₃* с участием алюминия и кальция. Повторные пики при температурах выше 2000 °С указывают на продолжение восстановления, в том числе при участии силицидных фаз и свободного кремния. Химический состав готовых вольфрамсодержащих лигатур демонстрирует содержание *W* до 56% при умеренном уровне примесей *Fe*, *Si* и *Al*. Сравнительно высокая концентрация железа объясняется ферросплавной природой восстановителя ФАСК [11–12].

Шлаковые фазы после плавки обеих систем показывают эффективное связывание оксидов алюминия, кальция и кремния. Остаточное содержание *MoO₃* в шлаках составляет менее 1,3 %, а *WO₃* – не более 1,5%, что свидетельствует о высокой степени восстановления целевых компонентов. Низкое содержание остаточного металла в шлаке подтверждает эффективность выбранного температурного режима и достаточную активность восстановительных процессов.

Заключение

В ходе проведенного исследования была реализована экспериментальная методика выплавки молибден- и воль-

фрамсодержащих лигатур с применением лабораторной индукционной установки, обеспечивающей точное управление температурным режимом. В качестве исходных компонентов использовались молибденовый концентрат и оксид вольфрама, а восстановителем служил ферроалюмосиликокальций (ФАСК), что позволило обеспечить восстановление тугоплавких оксидов при сравнительно невысоких температурах.

Анализ температурных кривых выявил наличие характерных экзотермических эффектов, ассоциированных с последовательными стадиями восстановления оксидов металлическими компонентами ФАСК. Полученные продукты выплавки продемонстрировали четкое разделение металлической и шлаковой фаз, что подтверждено визуальными наблюдениями и химическим анализом. Концентрации целевых элементов в лигатурах достигали высоких значений, свидетельствуя об эффективности выбранного восстановительного механизма и подобранного состава шихты.

Комплексная оценка состава шлаков и металлических образцов позволила установить наличие остаточных соединений, подтверждающих неполную инертность отдельных компонентов, а также проследить особенности перераспределения элементов в системе при высокотемпературной обработке. В совокупности, полученные результаты указывают на технологическую целесообразность применения предложенного подхода для получения металлических лигатур тугоплавких металлов и могут служить основой для последующей оптимизации параметров процесса в условиях опытно-промышленного уровня.

Благодарность

Данные исследования были проведены в рамках программно-целевого финансирования Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (BR23991563).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Суруп Г.Р., Трубецкая А., Тангстад М. (9 ноября 2020 г.). Древесный уголь как альтернативный восстановитель в производстве ферросплавов: обзор. <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/11/1432> (на английском языке)
2. Йи Г., Элой М., Джефф В. Д. (2 августа 2021 г.). Недавний прогресс в исследовании флотации молибденита: обзор. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000186862100107X?via%3DiHub> (на английском языке)
3. Линсмайер К., Рит М., Актаа Ж. (9 июня 2017 г.). Разработка перспективных материалов с высоким тепловым потоком и плазменным покрытием. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/aabf71> (на английском языке)
4. Современное состояние мирового и отечественного производства ферросплавов / Рожихина И.Д. [и др.] // Известия горно-металлургического отделения РАЕН. Отделение металлургии. 2020. № 43. С. 47–62 (на английском языке)
5. Исследования по обжигу низкокачественного молибденового продукта с карбонатом натрия / Тусупбекова Т. [и др.] // Труды университета. 2025. № 1 (98). С. 25–32 (на русском языке)
6. Фрибе П., Томас С., Пауел М.Н. (8 июня 2025 г.). Устойчивое извлечение редкоземельных элементов из жестких дисков: шлифование магнитов NdFeB и финансовый и экологический анализ. <https://www.mdpi.com/1996-1944/18/12/2697> (на английском языке)
7. Получение комплексных кальцийсодержащих ферросплавов из отвальных металлургических шлаков и высокозольных углей / Махамбетов Е.Н. [и др.] // Сталь. 2019. № 10. С. 18–21 (на русском языке)

8. Получение комплексного алюмосиликохромового сплава бесшлаковым способом / Шабанов Е.Ж. [и др.] // *Металлургия России*. 2014. № 5. С. 11–14 (на английском языке)
9. Бартенев А., Иссагулов А., Байсанов А. Исследование микроструктуры и фазового состава нового комплексного кальцийсодержащего сплава // *Металлургия*. 2016. Т. 55. № 4. С. 727–729 (на английском языке)
10. Разработка технологии сложного сплава алюминий-кремний-хром с использованием некондиционного сырья / Мехтиева А. [и др.] // *Металлургия*. Загреб. 2015. Т. 54. № 1. С. 157–160 (на английском языке)
11. Махамбетов Е.Н., Байсанов А.С., Оспанов Н.И., Омаров М.Ш. Исследование электрофизических свойств шихтовых материалов для выплавки кальцийсодержащих сплавов // *Материалы VIII Межд. науч.- практ. конф. «Научно-технич. прогресс в металлургии»*, Темиртау, 2015. С. 152–156 (на русском языке)
12. Махамбетов Е.Н., Байсанов А.С., Набиев А.М. и др. Переработка и использование твердых техногенных отходов отвалных металлургических шлаков для получения кальцийсодержащих ферросплавов // *Труды конгресса «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований» «ТЕХНОГЕН – 2017»*, Екатеринбург, 2017. С. 144–147 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Суруп Г.Р., Трубецкая А., Тангстад М. (9 қараша 2020 ж.). Ферроқорытпа өндірісіндегі балама тотықсыздандырғыш ретінде көмір қолдану: шолу. <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/11/1432> (ағылшын тілінде)
2. Ыи Г., Элой М., Джефф В.Д. (2 тамыз 2021 ж.). Молибденит флотациясын зерттеудегі соңғы прогресс: шолу. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000186862100107X?via%3Dihub> (ағылшын тілінде)
3. Линсмайер К., Рит М., Актаа Ж. (9 маусым 2017 ж.). Жоғары жылу ағыны бар перспективалы материалдарды және плазмалық өңдеу материалдарын әзірлеу. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/aabf71> (ағылшын тілінде)
4. Әлемдік және отандық ферроқорытпа өндірісінің қазіргі жағдайы / Рожихина И.Д. [және т. б.] // *РАЕН тау-кен металлургия бөлімінің жаңалықтары*. Металлургия бөлімшесі. 2020. № 43. Б. 47–62 (ағылшын тілінде)
5. Натрий карбонаты бар төмен сапалы молибден өнімін күйдіру бойынша зерттеулер / Тусупбекова Т. [және т. б.] // *Университет еңбектері*. 2025. № 1 (98). Б. 25–32 (орыс тілінде)
6. Фрибе П., Томас С., Пауел М.Н. (8 маусым 2025 ж.). Қатты дискілерден сирек элементтерді тұрақты алу: NdFeB магниттерін тегістеу және қаржылық және экологиялық талдау. <https://www.mdpi.com/1996-1944/18/12/2697> (ағылшын тілінде)
7. Үйінді металлургиялық қождардан және күлі жоғары көмірден құрамында кальций бар кешенді ферроқорытпаларды алу / Махамбетов Е.Н. [және т. б.] // *«Болат»*. 2019. № 10. Б. 18–21 (орыс тілінде)
8. Қожсыз тәсілмен кешенді алюмосиликохром қорытпасын алу / Шабанов Е.Ж. [және т. б.] // *Ресей Металлургиясы*. 2014. № 5. Б. 11–14 (ағылшын тілінде)
9. Бартенев А., Иссагулов А., Байсанов А. Құрамында кальций бар жаңа күрделі қорытпаның микроқұрылымы мен фазалық құрамын зерттеу // *Металлургия*. 2016. Т. 55. № 4. Б. 727–729 (ағылшын тілінде)
10. Алюминий-кремний-хром күрделі қорытпасы технологиясын кондициялық емес шикізатты пайдалана отырып әзірлеу / Мехтиева А. [және т. б.] // *Металлургия*. Загреб. 2015. Т. 54. № 1. Б. 157–160 (ағылшын тілінде)
11. Махамбетов Е.Н., Байсанов А.С., Оспанов Н.И., Омаров М.Ш. Құрамында кальций бар қорытпаларды балқытуға арналған шихта материалдарының электрофизикалық қасиеттерін зерттеу // *«Металлургиядағы ғылыми-техникалық прогресс» VIII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары*, Темиртау, 2015. Б. 152–156 (орыс тілінде)
12. Махамбетов Е.Н., Байсанов А.С., Набиев А.М. и др. Құрамында кальций бар ферроқорытпаларды алу үшін үйінді металлургиялық қождардың қатты техногендік қалдықтарын өңдеу және пайдалану // *«Техногендік түзілімдерді қайта өңдеу және кәдеге жарату процестерінің іргелі зерттеулері және қолданбалы әзірлемелері» «ТЕХНОГЕН – 2017» конгресінің еңбектері*, Екатеринбург, 2017. Б. 144–147 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Surup G.R., Trubetskaya A., Tangstad M. (November 9, 2020). Charcoal as an Alternative Reductant in Ferroalloy Production: A Review. <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/11/1432> (in English)

2. Gaosong Yi, Eloy Macha, Jeff Van Dyke. (August 2, 2021). Recent progress on research of molybdenite flotation: A review. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000186862100107X?via%3Dihub> (in English)
3. Linsmeier C., M. Rieth, J. Aktaa. (June 9, 2017). Development of advanced high heat flux and plasma-facing materials. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/aa6f71> (in English)
4. Modern state of the world and domestic production of ferroalloys [Current state of global and domestic production of ferroalloys], Rozhikhina I.D. [et. al.], Bulletin of the mining and metallurgical section of the Russian Academy of Natural Sciences. Department of metallurgy. 2020. No. 43. 47–62 pp. (in English)
5. Issledovaniya po obzhigu nizkokachestvennogo molibdenovogo produkta s karbonatom natriya [Research on roasting low-grade molybdenum product with sodium carbonate], Tusupbekova T. et al., Trudy universiteta [Proceedings of the University]. 2025. No. 1 (98). 25–32 pp. (in Russian)
6. Friebe P., Tomasz S., Paweł M.N. (June 8, 2025). Sustainable recovery of rare earth elements from hard disks: grinding NdFeB magnets and financial and environmental analysis. <https://www.mdpi.com/1996-1944/18/12/2697> (in English)
7. Poluchenie kompleksnykh kal'cijsoderzhashchih ferrosplavov iz otval'nykh metallurgicheskikh shlakov i vysokozol'nykh uglej [Production of complex calcium-containing ferroalloys from waste metallurgical slags and high-ash coals], Mahambetov E.N. [et al.], Stal [Steel]. 2019. No. 10. 18–21 pp. (in Russian)
8. Fabrication of a complex aluminosilicochrome alloy by a slag-free method / Shabanov Ye. Zh. [et al.] // Russian metallurgy (Metally). 2014. No. 5. 11–14 pp. (in English)
9. Bartenev A., Issagulov A., Baisanov A. Studying microstructure and phase composition of a new complex calcium containing alloy // Metallurgy. 2016. V. 55. No. 4. 727–729 p. (in English)
10. Development of technology of complex aluminum-silicon-chrome alloy with utilization of off grade raw materials / Mekhtiev A. [et al.] // Metallurgy. Zagreb, 2015. V. 54. No. 1. 157–160 pp. (in English)
11. Mahambetov E.N., Bajsanov A.S., Ospanov N.I., Omarov M.Sh. Issledovanie jelectrofizicheskikh svoystv shihtovykh materialov dlja vyplavki kal'cijsoderzhashchih splavov [Study of electrophysical properties of charge materials for smelting calcium-containing alloys], Materialy VIII Mezhd. nauch.-prakt. konf. «Nauchno-tehnich. progress v metallurgii» [Proceedings of the VIII Int. scientific-practical. conf. «Scientific and technical progress in metallurgy»], Temirtau, 2015. 152–156 pp. (in Russian)
12. Mahambetov E.N., Bajsanov A.S., Nabiev A.M. Pererabotka i ispol'zovanie tverdykh tehnogennykh othodov otval'nykh metallurgicheskikh shlakov dlja poluchenija kal'cijsoderzhashchih ferrosplavov [Processing and use of solid technogenic waste of metallurgical slags for the production of calcium-containing ferroalloys], Trudy kongressa «Fundamental'nye issledovaniya i prikladnye razrabotki processov pererabotki i utilizacii tehnogennykh obrazovaniy» «TEHNOGEN – 2017» [Proceedings of the congress «Fundamental research and applied development of processes for processing and utilization of man-made formations» «TEHNOGEN – 2017»], Ekaterinburg, 2017. 144–147 pp. (in Russian)

Сведения об авторах:

Саулебек Ж.К., докторант Ph.D по образовательной программе 8D07203 – «Металлургия», мл. научн. сотрудник, Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева (г. Караганда, Казахстан), zhalgas.saulebek@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3852-7513>

Абдирашит А.М., Ph.D, ст. преподаватель, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актөбе, Казахстан), asik_942017@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0718-3041>

Толукадыр Р.Т., докторант Ph.D по образовательной программе 8D07201 – «Металлургия», научн. сотрудник, Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева (г. Караганда, Казахстан), ruslan-94kz@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7191-8893>

Лу Н.Ю., (к.х.н., зам. директора по научной части, Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева (г. Караганда, Казахстан), hmi2009@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3624-0984>

Авторлар туралы мәліметтер:

Саулебек Ж.Қ., 8D07201 – «Металлургия» білім беру бағдарламасы бойынша Ph.D докторанты, кіші ғылыми қызметкер, Ж. Әбішев ат. Химия-металлургия институты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Әбдирашит А.М., Ph.D, аға оқытушы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Толукадыр Р.Т., 8D07201 – «Металлургия» білім беру бағдарламасы бойынша Ph.D докторанты, ғылыми қызметкер, Ж. Әбішев ат. Химия-металлургия институты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Лу Н.Ю., х.ғ.к., директордың ғылыми бөлім бойынша орынбасары, Ж. Әбішев ат. Химия-металлургия институты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Saulebek Zh.K., Ph.D student in the educational program 8D07203 – «Metallurgy», junior research fellow, Chemical-Metallurgical Institute named after Zh. Abishev (Karaganda, Kazakhstan)

Abdirashit A.M., Ph.D, Senior Lecturer, K. Zhubanov Aktobe regional university (Aktobe, Kazakhstan)

Toleukadyr R.T., Ph.D student in the educational program 8D07203 – «Metallurgy», junior research fellow, Chemical-Metallurgical Institute named after Zh. Abishev (Karaganda, Kazakhstan)

Lu N.Yu., Ph.D., Deputy Director for Research, Chemical and Metallurgical Institute named after Zh. Abishev (Karaganda, Kazakhstan)

Код МРНТИ 52.13.37

А.В. Садчиков, Д.Р. Ахматнуров, *Н.М. Замалиев, Н.Е. Исина

НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ И МЕТОДЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Аннотация. Эндеогенные пожары остаются серьезной проблемой угледобычи Казахстана, возникая из-за самовозгорания угольных пластов. В статье рассматриваются их основные причины, включая окисление, влажность и тектонические особенности, а также методы борьбы: вентиляция, закачка инертных газов, изоляция зон, применение аэрозольных составов и автоматизированный мониторинг. Уделяется внимание профилактике самонагревания угля, трудностям ликвидации глубоких очагов возгорания и техническим ограничениям существующих методов. Несмотря на принятые меры, полностью решить проблему не удастся, что требует совершенствования технологий раннего обнаружения, эффективных методов тушения, разработки новых изоляционных материалов и усиленного контроля за опасными участками.

Ключевые слова: эндеогенные пожары, пенополистирол, угледобыча, самовозгорание угля, изоляционный барьер, подача горячего воздуха, предотвращение горения, шахтные технологии.

Эндеогендік өрт мәселелерін олармен күресу тұрғысынан зерттеу

Аңдатпа. Эндеогенді өрттер көмір өндіру саласындағы маңызды мәселе болып қалып отыр, олар көмір қабаттарының өздігінен тұтануы нәтижесінде пайда болады. Мақалада олардың негізгі себептері, соның ішінде тотығу, ығалдылық және тектоникалық ерекшеліктер, сондай-ақ күресу әдістері: желдету, инертті газдарды айдау, қауіпті аймақтарды оқшаулау, аэрозольді құрамдарды қолдану және автоматтандырылған мониторинг қарастырылады. Көмірдің өздігінен кызуын алдын алу шараларына, терең өрт ошақтарын жоюдағы қиындықтарға және қолданыстағы әдістердің техникалық шектеулеріне назар аударылады. Қабылданған шараларға қарамастан, бұл мәселені толық шешу мүмкін болмай отыр, сондықтан ерте анықтау технологияларын жетілдіру, тиімді сөндіру әдістерін дамыту, жаңа оқшаулағыш материалдарды әзірлеу және қауіпті аймақтарды бақылауды күшейту қажет.

Түйінді сөздер: эндеогенді өрттер, пенополистирол, көмір өндіру, көмірдің өздігінен тұтануы, оқшаулағыш тосқауыл, ыстық ауа беру, жанудың алдын алу, шахта технологиялары.

Research of endogenous fires and methods of their prevention

Abstract. Endogenous fires remain a serious problem in Kazakhstan's coal mining industry, occurring due to the self-ignition of coal seams. The article examines their main causes, including oxidation, moisture, and tectonic features, as well as firefighting methods such as ventilation, inert gas injection, zone isolation, aerosol compositions, and automated monitoring. Attention is given to measures for preventing coal self-heating, challenges in extinguishing deep fire sources, and technical limitations of existing methods. Despite the measures taken, the problem remains unresolved, requiring improvements in early detection technologies, more effective extinguishing methods, the development of new insulating materials, and enhanced monitoring of hazardous areas.

Key words: endogenous fires, foam plastic, coal mining, coal self-ignition, insulating barrier, hot air supply, fire prevention, mine technologies.

Введение

Эндеогенные пожары представляют одну из самых сложных и опасных проблем угледобывающей промышленности, возникая вследствие самовозгорания угольных пластов под воздействием окислительных процессов, влажности, тектонических нарушений и других факторов. Эти пожары трудно поддаются обнаружению на ранних стадиях, а их ликвидация требует значительных ресурсов и применения сложных технологий. В Казахстане, где угледобывающая отрасль играет важную роль в экономике, эндеогенные пожары приводят к серьезным производственным и экологическим проблемам, снижая рентабельность добычи и создавая угрозу для безопасности шахтеров [1].

На сегодняшний день в стране используются различные методы борьбы с эндеогенными пожарами, включая вентиляционные системы, закачку инертных газов, изоляцию опасных зон и термоконтрольные системы [2]. Однако многие из этих технологий обладают ограниченной эффективностью, особенно при длительном тлеющем горении в глубинных слоях угольных пластов. В связи с этим возникает необходимость в поиске новых решений, способных повысить эффективность локализации и тушения эндеогенных пожаров.

В данной статье предлагается инновационный подход к борьбе с самовозгоранием угля с использованием пенополистирола. Идея заключается в том, что закачка специальных полистироловых гранул составов в зоны потенциального возгорания может создать изоляционный барьер, препятствующий доступу кислорода и снижению теплопередачи. Ожидается, что такой метод позволит не только предотвращать самовозгорание, но и эффективно

блокировать уже начавшиеся эндеогенные процессы. Для проверки эффективности данного подхода планируется проведение эксперимента, результаты которого могут способствовать разработке новых технологий тушения и профилактики эндеогенных пожаров в Казахстане [3].

Методы исследования

Использование полистирола в сочетании с высокотемпературным паром может стать инновационным методом уплотнения выработанного пространства или герметизации отдельных участков. При воздействии горячего пара температурой 100–150 °С пенополистирол начинает расширяться, заполняя пустоты, а после насыщения паром и охлаждения затвердевает, образуя плотную и устойчивую структуру. В результате создается жесткий, теплоизоляционный и газонепроницаемый барьер из пенополистирола, который может использоваться для предотвращения пожаров в горных выработках.

Одним из ключевых применений данного метода является создание перемычек, способствующих предотвращению попадания кислорода в окисленную зону угля. После добычи угля в лаве остается выработанное пространство, которое тоже в определенных случаях потребует его изоляции [4]. Также применение полистирола с последующей обработкой его паром позволит создать уплотняющий барьер, что уменьшит риск выделения газа. Кроме того, данный метод может использоваться для локальной герметизации опасных зон с целью предотвращения выделения метана, что особенно актуально для угольных шахт Карагандинского бассейна, известных своей высокой газоносностью. Образование жесткого пенополистиролового барьера поможет изолировать потенциально опасные

участки, ограничивая утечки метана и снижая концентрацию газа в рабочей зоне [5, 6].

Для внедрения данной технологии требуется соответствующее оборудование. Основным элементом является парогенератор, который должен обеспечивать стабильную подачу пара через гибкие термостойкие шланги. Температура пара должна регулироваться в пределах 100–150 °С, чтобы обеспечить равномерное расширение и затвердевание полистирола. После подачи материала осуществляется контроль процесса с помощью датчиков температуры и давления, а также системы автоматического отключения подачи пара после завершения процесса. Важным аспектом является использование термостойких материалов и обеспечение безопасности рабочих в зоне применения технологии.

Основными преимуществами данного метода являются снижение затрат по сравнению с традиционными способами изоляции, быстрое заполнение пустот, возможность герметизации газоносных зон, увеличение безопасности шахтеров и дешевизна работ. Дополнительным плюсом является возможность добавления огнестойких компонентов в состав пенополистирола, что делает его безопасным для шахтных условий. Однако перед полноценным внедрением технологии необходимо провести полевой тест на небольшом участке лавы, оценить эффективность расширения и затвердевания полистирола, а также разработать регламент внедрения технологии в условиях шахты.

Результаты

В ходе эксперимента в лабораторных условиях, в макет выработки (рис. 1а), сделанный из плексигласа, который на 10% от объема макета был заполнен гранулами полистирола, были введены трубки, соединенные с парогенератором. После начала подачи горячего пара (рис. 1а), в течении 30–40 секунд полистирол начал активно расширяться, заполняя собой все больше пространства внутри контейнера. Визуально наблюдалось значительное увеличение объема материала, при этом гранулы полистирола постепенно сливались в единую монолитную массу. Эксперимент продолжался до тех пор, пока пенополистирол полностью не заполнил контейнер (рис. 1б), что заняло приблизительно 1,5 минуты (рис. 2). После отключения подачи пара и остывания материала, расширенный пенополистирол был извлечен из контейнера. Полученный материал обладал меньшей плотностью и большей эластичностью по сравнению с исходным полистиролом. Его структура стала более однородной. Результаты эксперимента наглядно демонстрируют способность полистирола к значительному расширению под воздействием горячего пара, что открывает широкие возможности для его применения в горнодобывающей отрасли.

Обсуждение результатов

В ходе лабораторного эксперимента было установлено, что процесс расширения пенополистирола способствует созданию плотного барьера, ограничивающего доступ кислорода и замедляющего развитие окислительных реакций.

Кроме того, пенополистирол формирует защитный слой, который снижает теплопередачу и предотвращает

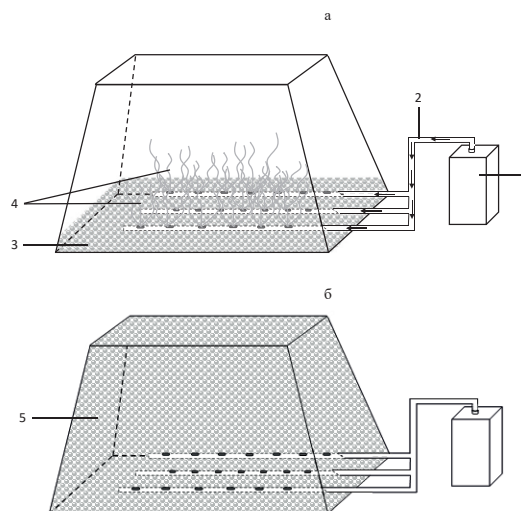


Рис. 1. Макет выработки. 1 – парогенератор, 2 – соединительные трубки с перфорацией, 3 – полистирол, 4 – пар, 5 – пенополистирол.

Сурет 1. Өндіріс макеті.

1 – бу генераторы, 2 – перфорациясы бар байланыстырушы түтіктер, 3 – полистирол, 4 – бу, 5 – полистирол көбік.

Figure 1. Production layout.

1 – steam generator, 2 – connecting tubes with perforation, 3 – polystyrene, 4 – steam, 5 – expanded polystyrene.

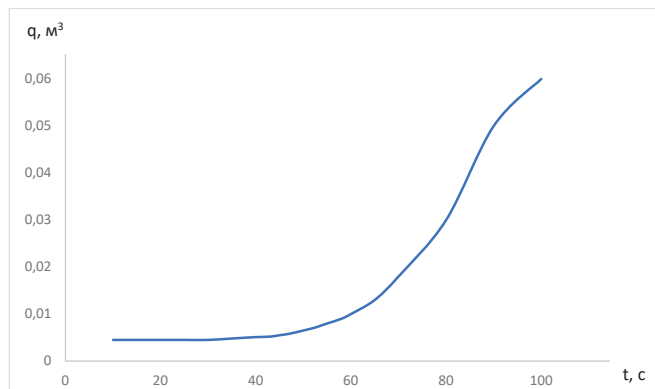


Рис. 2. Зависимость расширения полистирола во времени.

Сурет 2. Полистиролдың уақыт бойынша кеңеюіне тәуелділігі.

Figure 2. Time dependence of polystyrene expansion.

распространение эндогенного горения. Благодаря своей структуре материал способен проникать в труднодоступные зоны, где традиционные методы, такие как закачка инертных газов или водных суспензий, могут быть менее эффективными. Это делает пенополистирол перспективным средством для тушения пожара и предотвращения самовозгорания угля в шахтах и карьерах [7].

Однако одной из ключевых сложностей, выявленных в ходе исследования, является необходимость подачи горячего воздуха в шахту для обеспечения процесса расширения пенополистирола. В лабораторных условиях этот про-

цесс происходил в стабильной среде, но в реальных шахтных выработках доставка горячего воздуха на значительные глубины и расстояния может быть затруднена. Потери температуры при транспортировке, шахтной вентиляции на воздействие пенополистироловой массы и сложность создания равномерного прогрета требуют разработки эффективных технических решений для внедрения метода в промышленную эксплуатацию.

Таким образом, эксперимент подтвердил перспективность использования пенополистирола для борьбы с эндогенными пожарами. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку оптимальных способов подачи горячего воздуха в шахтные условия или применение химических технологий, что позволит адаптировать технологию к реальной угледобыче и повысить ее практическую эффективность [8].

Заключение

В ходе исследования были изучены причины возникновения эндогенных пожаров, методы их предотвращения и борьбы, а также предложен инновационный подход с использованием пенополистирола. Анализ существующих технологий показал, что традиционные методы, такие как закачка инертных газов или водных суспензий, имеют ограничения в эффективности, особенно в труднодоступных зонах шахт. В связи с этим было рассмотрено применение пенополистирола, обладающего способностью расширяться и заполнять пустоты, что создает изоляционный барьер, препятствующий доступу кислорода и снижению теплопередачи.

Лабораторный эксперимент подтвердил, что пенополистирол способен замедлять процессы самовозгорания за

счет формирования плотного защитного слоя. Полученные результаты показывают, что данный материал может использоваться как превентивная мера для локализации потенциально опасных зон в угольных пластах. Особый интерес представляет его способность проникать в мелкие трещины и полости, что делает его перспективным средством для борьбы с эндогенными пожарами в угледобывающей отрасли [9].

Несмотря на положительные результаты, внедрение метода в промышленных масштабах требует дополнительных исследований. Основная сложность связана с необходимостью подачи горячего воздуха в шахту для активации процесса расширения пенополистирола. Это требует разработки эффективных инженерных решений, которые позволят поддерживать стабильную температуру на необходимой глубине. Для решения задачи удержания пенополистироловых гранул под воздействием вентиляционной струи, необходимо их заключать в сетчатый материал. Дальнейшие работы должны быть направлены на адаптацию технологии к условиям реальных шахт, проведение промышленных испытаний и оптимизацию процесса подачи горячего воздуха [10]. Решение этих задач позволит повысить эффективность борьбы с эндогенными пожарами и сделать метод пригодным для практического применения в угледобывающей промышленности.

Благодарность

Исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках программно-целевого финансирования для реализации научной и научно-технической программы IRN №BR24993009.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новоселов С.В., Попов В.Б., Голик А.С. Оценка риска возникновения эндогенных пожаров в угольных шахтах // Уголь. 2020. № 5. С. 21–25 (на русском языке)
2. Федоткин И.О., Федоткин Д.В. Проблемы пожаров в угольных шахтах и обзор современных подходов к их моделированию // Уголь. 2024. № 2. С. 69–73 (на русском языке)
3. Цибаев С.С., Кравченко И.А., Зорков Д.В. Совершенствование методов прогноза эндогенной пожароопасности на угольных шахтах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 2. С. 67–74 (на русском языке)
4. Применение температурной и газовых съемок для обнаружения и локализации очагов эндогенных пожаров на выходах пластов ликвидированной шахты / Портола В.А. [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 3 (157). С. 79–90 (на русском языке)
5. Портола В.А., Овчинников А.Е., Жданов А.Н. Оценка мер по предупреждению эндогенных пожаров в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 12. С. 205–214 (на русском языке)
6. О результатах расследования аварии и ликвидации эндогенного пожара на шахте «Талдинская-Южная» / Шлапаков П.А. [и др.] // Вестник научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2020. № 1. С. 42–47 (на русском языке)
7. Выбор средства пожаротушения угольных шахт на основе автокорреляционного анализа аварий / Косьянова Е.Н. [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2022. № 2. С. 27–34 (на русском языке)
8. Дребенштедт К. Коркинский буроугольный карьер как пример эндогенного пожара // Международный инженерный журнал. 2021. № 1. С. 293–304 (на английском языке)

9. Аварии, вызванные самовозгоранием газа и угля в забоях крутопадающих сверхмощных угольных пластов / Чжан Цимин [и др.] // Журнал механики горных пород и геотехники. 2024. № 10. С. 4141–4153 (на английском языке)
10. Ши-Лэй Ю., Синь Лю. Исследование методов количественной оценки рисков по нескольким показателям для различных периодов самовозгорания угля в угольных шахтах // Наука и технология сжигания топлива. 2024. № 11. С. 1628–1641 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Новоселов С.В., Попов В.Б., Голик А.С. Көмір шахталарында эндогендік өрттердің пайда болу қаупін бағалау // Көмір. 2020. № 5. Б. 21–25 (орыс тілінде)
2. Федоткин И.О., Федоткин Д.В. Көмір шахталарындағы өрттердің проблемалары және оларды модельдеудің заманауи тәсілдеріне шолу // Көмір. 2024. № 2. Б. 69–73 (орыс тілінде)
3. Цибаев С.С., Кравченко И. А., Зорков Д.В. Көмір шахталарында эндогендік өрт қаупін болжау әдістерін жетілдіру // Кузбасс мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. 2020. № 2. Б. 67–74 (орыс тілінде)
4. Жойылған шахтаның шетіндегі эндогендік өрттерді анықтау және анықтау үшін температура мен газды зерттеуді қолдану / Портола В.А. [және т. б.] // Кузбасс мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. 2023. № 3 (157). Б. 79–90 (орыс тілінде)
5. Портола В.А., Овчинников А.Е., Жданов А.Н. Көмір шахталарында эндогендік өрттердің алдын алу шараларын бағалау // Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетені. 2019. № 12. Б. 205–214 (орыс тілінде)
6. Апатты тергеу және Талдинская-Южная кенішіндегі эндогендік өртті жою нәтижелері туралы / Шлапаков П.А. [және т. б.] // Шығыс өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздік ғылыми орталығының хабаршысы. 2020. № 1. Б. 42–47 (орыс тілінде)
7. Жазатайым оқиғалардың автокорреляциялық талдауы негізінде көмір шахталары үшін өрт сөндіргішті таңдау / Косьянова Е.Н. [және т. б.] // Өрттер мен төтенше жағдайлар: алдын алу, жою. 2022. № 2. Б. 27–34 (орыс тілінде)
8. Дребенштедт К. Коркинский қоңыр көмір карьері эндогендік өрттің мысалы ретінде // Халықаралық инженерлік журнал. 2021. № 1. Б. 293–304 (ағылшын тілінде)
9. Апаттары ауыр көмір қабаттарының тік құлауы жағдайында газ бен көмірдің өздігінен жануынан туындаған / Чжан Цимин [және т. б.] // Тау жыныстарының механикасы және геотехникасы журналы. 2024. № 10. Б. 4141–4153 (ағылшын тілінде)
10. Ши-Лэй Ю., Синь Лю. Көмір шахталарында көмірдің өздігінен жануының әр түрлі кезеңдеріндегі тәуекелдерді бірнеше көрсеткіштер бойынша сандық бағалау әдістерін зерттеу // Отынның жану ғылымы мен технологиясы. 2024. № 11. Б. 1628–1641 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Novoselov S.V., Popov V.B., Golik A.S. Otsenka riska vozniknoveniya endogennykh pozharov v ugol'nykh shakhtakh [Assessment of the risk of endogenous fires in coal mines], Ugol' [Coal]. 2020. No. 5. 21–25 (in Russian)
2. Fedotkin I.O., Fedotkin D.V. Problemy pozharov v ugol'nykh shakhtakh i obzor sovremennykh podkhodov k ikh modelirovaniyu [Problems of fires in coal mines and a review of modern approaches to their modeling], Ugol' [Coal]. 2024. No. 2. 69–73 pp. (in Russian)
3. Tsibaev S.S., Kravchenko I.A., Zorkov D.V. Sovershenstvovanie metodov prognoza endogennoi pozharoopasnosti na ugol'nykh shakhtakh [Improving methods for predicting endogenous fire hazards in coal mines], Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass State Technical University]. 2020. No. 2. 67–74 pp. (in Russian)
4. Primeneniye temperaturnoi i gazovykh s'emok dlya obnaruzheniya i lokatsii ochagov endogennykh pozharov na vykhodakh plastov likvidirovannoi shakhty [The use of temperature and gas surveys to detect and locate endogenous fires at the outcrops of the liquidated mine], Portola V.A. [et al.], Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universitet [Bulletin of the Kuzbass State Technical University]. 2023. No. 3 (157). 79–90 pp. (in Russian)
5. Portola V.A., Ovchinnikov A.E., Zhdanov A.N. Otsenka mer po preduprezhdeniyu endogennykh pozharov v ugol'nykh shakhtakh [Assessment of measures to prevent endogenous fires in coal mines], Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining information and analytical bulletin]. 2019. No. 12. 205–214 pp. (in Russian)

6. *O rezul'tatakh rassledovaniya avarii i likvidatsii endogenogo pozhara na shakhte «Taldinskaya-Yuzhnaya» [On the results of the investigation of the accident and the elimination of an endogenous fire at the Taldinskaya-Yuzhnaya mine], Shlapakov P.A. [et al.], Vestnik nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti [Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety]. 2020. No. 1. 42–47 pp. (in Russian)*
7. *Vybor sredstva pozharotusheniya ugol'nykh shakht na osnove avtokorrelyatsionnogo analiza avarii [Choosing a fire extinguishing agent for coal mines based on autocorrelation analysis of accidents], Kosyanova E.N. [et al.], Pozhary i chrezvychainye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya [Fires and emergencies: prevention, elimination]. 2022. No. 2. 27–34 pp. (in Russian)*
8. *Drebenstedt K. Korkinsky brown coal quarry as an example of an endogenous fire // International Engineering Journal. 2021. No. 1. 293–304 pp. (in English)*
9. *Accidents caused by spontaneous combustion of gas and coal in the faces of steep-falling heavy-duty coal seams / Zhang Ziming [et al.] // Journal of Rock Mechanics and Geotechnics. 2024. No. 10. 4141–4153 pp. (in English)*
10. *Shi-Lei Yu, Xin Liu. A study of methods for quantifying risks by several indicators for different periods of spontaneous combustion of coal in coal mines // Science and technology of fuel combustion. 2024. No. 11. 1628–1641 pp. (in English)*

Информация об авторах:

Садчиков А.В., к.т.н., старший преподаватель, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), a.sadchikov@kstu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-6022-2073>

Ахматнуров Д.Р., доктор Ph.D, руководитель лаборатории, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), d.akhmatnurov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9485-3669>

Замалиев Н.М., доктор Ph.D, и.о. доцента, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), nailzamaliev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0628-2654>

Исина Н.Е., бакалавр, магистрант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), nazym.issina@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-5914-6671>

Авторлар туралы мәліметтер:

Садчиков А.В., т.ғ.к., оқытушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ахматнуров Д.Р., Ph.D докторы, зертхана басшысы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Замалиев Н.М., Ph.D докторы, доцент м.а., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Исина Н.Е., «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының бакалавры, магистранты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Sadchikov A.V., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Akhmatnurov D.R., Ph.D, Head of Laboratory, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Zamaliev N.M., Ph.D, Acting Associate Professor, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov (Karaganda, Kazakhstan)

Issina N.E., Bachelor's degree, Master's student of the Department of Mining (Karaganda, Kazakhstan)

Код МРНТИ 86.40.00

*Т.С. Каппарова¹, Л.И. Раматуллаева¹, Б.Т. Уахитова², І.А. Аманжол³
¹Әуезов университеті (Шымкент қ., Қазақстан),
²ZHUBANOV UNIVERSITY (Ақтөбе қ., Қазақстан),
³Қарағанды индустриялық университеті (Теміртау қ., Қазақстан)

КЕН БАЙЫТУ САЛАСЫНДА ӨНДІРІСТІК ҮРДІСТЕРДЕГІ КӘСІБИ ҚАУІП МӘСЕЛЕСІНІҢ ӨЗЕКТІЛІГІ

Аннотация. Бұл мақалада кен байыту өндірісі саласындағы кәсіптік қауіптерді бағалау және басқару мәселелері қарастырылады. Зерттеу объектісі ретінде «Nova Zinc» ЖШС байыту фабрикасының өндірістік ортасы алынған. Кәсіптік қауіптерді анықтау мен бағалаудың құрылымдық әдістемесі ұсынылып, олардың жұмысшылар денсаулығына әсер ету деңгейі мен рұқсат етілген еңбек өтілін есептеу жолдары талданады. Өндірістік факторлардың – шу, діріл, зиянды химиялық заттар, шаң, микроклиматтың жағымсыз көрсеткіштері мен жарықтың жеткіліксіздігі – кешенді әсері зерттеледі. Зерттеу нәтижелері кәсіби қауіптерді тиімді басқару үшін өндірістік ортада экспозициялық талдауды, «доза – эффект» байланысын және қауіптің сипаттамасын интеграциялау қажеттігін дәлелдейді. Ұсынылған тәсілдер жұмыс орындарындағы еңбек жағдайларын оңтайландыруға, кәсіби сырқаттанушылықты азайтуға және өндірістік процестердің қауіпсіздігін арттыруға бағытталған.

Түйінді сөздер: кәсіби қауіп, зиянды өндірістік факторлар, экспозициялық және дозалық жүктеме, қауіпсіз еңбек өтілі, кен байыту өндірісі, кәсіби қауіпті басқару.

The relevance of the problem of occupational risk in production processes in the enrichment industry

Abstract. This article addresses the assessment and management of occupational hazards in the mineral processing industry. The study focuses on the working environment of the enrichment plant at «Nova Zinc» LLP. A structured methodology for identifying and evaluating occupational risks is proposed, with emphasis on assessing their impact on workers' health and calculating the permissible length of employment under harmful conditions. The research analyzes the combined effect of industrial factors such as noise, vibration, harmful chemicals, dust, unfavorable microclimate, and insufficient lighting. The findings highlight the importance of integrating exposure analysis, dose – effect relationships, and risk characterization for effective occupational risk management. The proposed approaches aim to optimize working conditions, reduce occupational morbidity, and enhance the safety of industrial processes.

Key words: occupational risk, harmful production factors, exposure and dose load, safe work experience, enrichment production, occupational risk management.

Актуальность проблемы профессионального риска в производственных процессах в обогащательной отрасли

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оценки и управления профессиональными рисками в отрасли обогащения руд. Объектом исследования выбрана производственная среда обогащательной фабрики ТОО «Nova Zinc». Предложена структурированная методика идентификации и оценки профессиональных рисков с анализом уровня их воздействия на здоровье работников и расчетом допустимого трудового стажа. Исследовано комплексное воздействие таких производственных факторов, как шум, вибрация, вредные химические вещества, пыль, неблагоприятный микроклимат и недостаточная освещенность. Полученные результаты подтверждают необходимость интеграции экспозиционного анализа, связи «доза – эффект» и характеристик риска для эффективного управления профессиональными угрозами. Предложенные подходы направлены на оптимизацию условий труда, снижение профессиональной заболеваемости и повышение безопасности производственных процессов.

Ключевые слова: профессиональный риск, вредные производственные факторы, экспозиционная и дозовая нагрузка, безопасный стаж работы, обогащательное производство, управление профессиональными рисками.

Кіріспе

Қазіргі заманғы өндіріс барысында кәсіби қауіпті бағалау және басқару мәселелері менеджменттің жалпы жүйесінің құрамдас бөлігі болып табылады және өндірістік кәсіпорындардың осы жүйені жетілдіруге ұмтылыстарына байланысты үлкен қызығушылық тудырады [1, 2].

Кен байыту өндірісі саласының кәсіпорындарының кәсіби-өндірістік іс – әрекеттері жоғары қауіптер аймағы және жоғары дәрежелі өнеркәсіптік қауіптілік нысандары саналады, себебі ондағы үрдістер техногенді апаттардың, әр түрлі авариялардың, яғни, адамдар мен қоршаған ортаға қауіп-қатерлердің туындауының үлкен ықтималдылықтағы мүмкіншіліктерімен жүреді.

Кәсіпорынның өндірістік іс-әрекеттерінің қауіптілігі деңгейі коммуникациялар жүйесі жеткіліксіз дәрежеде дамыған болса арта түседі, өйткені ол басқарушылық шешімдердің әзірленуіне және қабылдануына негіз болатын, ескірген немесе шындыққа жанаспайтын ақпараттың жинақталуына ұрындырады. Қабылданатын басқарушылық шешімдердің бұрыстылығын төмендету үшін біріншілік те, екіншілік те қолжетімді барлық ақпаратты жинақтау қажет.

Зерттеу мақсаты мен нысаны

Мақалада «Nova Zinc» ЖШС байыту фабрикасы жағдайында кәсіби қауіптерді анықтау, бағалау және оларды тиімді басқару жолдары қарастырылады. Зерттеудің негізгі

мақсаты – зиянды өндірістік факторлардың жұмысшыларға әсер ету дәрежесін бағалау арқылы рұқсат етілген (қауіпсіз) еңбек өтілін есептеу әдістемесін ұсыну.

Материалдар мен әдістер

Кәсіби қауіптерді бағалау үдерісі төрт кезеңнен тұрады:

1. Қауіп түрлерін идентификациялау – ықтимал зиянды және қауіпті өндірістік факторларды анықтау;
2. Экспозицияны бағалау – зиянды факторлардың әсер ету ұзақтығы мен қарқындылығын өлшеу;
3. «Доза – эффект» арақатынасын саралау – жұмыс ортасының зиянды факторларының денсаулыққа әсерін талдау;
4. Қауіп сипаттамасы – еңбек жағдайларын гигиеналық критерийлер бойынша жіктеу.

Сонымен қатар, еңбек жағдайларын талдауда санитарлық-гигиеналық нормативтер, жұмыс орындарын аттестаттау деректері және өндірістік ортаның доза-тәуелді ықпалдары негізге алынды.

Мәселенің өзектілігі

Өнеркәсіп жұмысшыларының денсаулығын және еңбекті қорғау мәселелері Еуроодақ елдерінің стратегиялық іс-шараларының бөлінбес бөлшегі болып табылады. Өнеркәсібі саласы қарқынды дамыған Қазақстан Республикасы үшін жұмыс істеуші тұрғындардың денсаулығын сақтау, еңбекке ұзақ жарамдылығын және өмір сүру ұзақтығын зерделеу өзекті мәселе.

Кен байыту өндірісінде кәсіби қауіптерді бағалау мен басқару мәселесі бүгінгі күннің маңызды ғылыми және өндірістік міндеттерінің бірі болып табылады. Қазақстандағы өнеркәсіп өндірістерінің, соның ішінде байыту фабрикаларының технологиялық күрделілігі мен зиянды өндірістік факторлардың алуан түрлілігі жұмысшылар денсаулығына төнетін қауіп-қатер деңгейін арттыра түседі. Бұл жағдай, әсіресе, жұмыс уақытының ұзақтығы, зиянды заттармен байланыс жиілігі және жұмыс орнының физикалық-психологиялық жүктемесімен тікелей байланысты.

Осы зерттеу нәтижелері еңбек жағдайларын жақсартуға, кәсіби аурулардың алдын алуға және еңбек өнімділігін арттыруға бағытталған басқару шешімдерін қабылдау үшін нақты ғылыми негіз болып табылады. Практикалық тұрғыдан алғанда, мақалада ұсынылған әдістеме кәсіпорындарда кәсіби қауіптерді құрылымдық түрде бағалауға, қауіпті факторлар әсерінің деңгейін нақты есептеуге және рұқсат етілген еңбек өтілін анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ұсынылған тәсілдер жұмыс орындарын аттестаттау, еңбек гигиенасы талаптарын сақтау, персоналды оқыту және профилактикалық шараларды тиімді ұйымдастыру сынды практикалық міндеттерді кешенді түрде шешуге жол ашады.

Мақалада қарастырылған тәсілдерді «Nova Zinc» ЖШС байыту фабрикасы мысалында қолдану нәтижелері олардың өндірістік ортадағы шынайы қауіптерді ескере отырып, кәсіпорын деңгейінде кәсіби тәуекелдерді тиімді басқаруға жарамды екенін көрсетті. Бұл тәсіл басқа да тау-кен және өңдеу өнеркәсібі кәсіпорындарына бейімделіп қолдануға болады. Осылайша, зерттеу нәтижелері кәсіби қауіптерді басқару жүйесін жетілдіруге нақты үлес қосады және өндірістегі еңбек қауіпсіздігі деңгейін арттыруға бағытталған ұлттық және халықаралық стандарттарды жүзеге асыруда маңызы зор.

Кәсіби қауіптерді басқару жүйесі анықталатын қауіптерді бағалау және идентификациялау, сонымен қатар, оларды минимизациялау бойынша механизмдерді әзірлеу болып саналатын негізгі міндетті шешуі тиіс. Кәсіптерді басқару кәсіпорындардың, оның ішінде байыту фабрикаларының, басқарудың жалпы ұйымдастырушылық процестерінің құрамына кіруі керек. Әрбір кәсіпорын кәсіби қауіптерді тиімді басқарудың өзіндік стратегиясы мен тактикасын құрастыруы керек. Сонымен бірге, кәсіби қауіпті басқаруды жүзеге асырып қана қоймай, мұндай басқарудың іс-шаралары мен құралдарын кезеңмен қайта қарастырып отыру қажет.

ДДҰ мен ХЕҰ принциптеріне сәйкес, «әрбір индивид, дені сау, мүгедек немесе созылмалы науқас өзіне немесе өзінің денсаулығы мен еңбекке қабілеттілігіне зиян келтірмейтін қауіпсіз жұмыстарды атқаруға белсенді қатысуға мүмкіндігі болуы керек. Мұндай адамдар тиесілі заңды және басқа да қорғау шараларын қабылдау арқылы жұмыс барысындағы кемсітушіліктен тиімді қорғалулары тиіс». ДДҰ мен ХЕҰ қазіргі кездегі концепциясы аясында соңғы уақытта кәсіби қауіпті және оның критерийлерін бағалаудың принципті тәсілдері құрастырылған. ДДҰ мен ХЕҰ мамандарының бағалауы бойынша қазіргі кезде анықталған 150-ден астам кәсіби қауіп түрлерінің 100-ге жуығы

әр түрлі 2000 мамандықтар жұмысшылары үшін қауіп көзі болып саналады [3–5, 11].

Еліміздің және шетел ғалымдарының еңбектеріне әдебиеттер талдау нәтижелері, тау-кен өндіру және байыту саласы кәсіпорындары атқаратын өндірістік-технологиялық үрдістер тұрғысынан кәсіби қауіптер деңгейі жоғары және еңбек ету қауіптілігі басым болатындығын куәландырады.

Көптеген зерттеуші ғалымдардың пікірінше өндіріс жағдайындағы еңбек ету процесінде қауіп тудыратын жағдайлардан бүгінгі таңда мүлдем құтылу мүмкін емес, өйткені заманауи әлеуметтік-экологиялық жағдайда еліміздің өнеркәсіптік шаруашылықты жүргізудің жаңа формалары мен технологияларына көшіруі жұмыс істеуші тұрғындардың барлық кәсіби – жас аралық топтарының еңбектік іс-әрекеттерінің құрылымы мен ынталандырылуын өзгертті.

Еңбек медицинасы тұрғысынан зиянды өндірістік жағдайларда еңбек етудің ұзақтығын бағалаудың негізі ретінде еліміздегі қолданыстағы еңбек жағдайын бағалау принциптері мен гигиеналық нормалау критерийлері қолданылады.

Сондықтан да, кен байыту үрдісіндегі өндірістік ортаның көп компоненттілігі кәсіби қауіпті бағалауда кешенді тәсілдердің қажеттілігін, жұмысшылардың денсаулығы мен жұмысқа қабілеттілігі жағдайына доза-тәуелді өндірістік факторлардың әсер етуінің кәсіби қауіппен байланыстылығыны себептері мен салдарын іздестіру керектігін көрсетеді [6].

Кәсіби қауіпті анықтау әдістемесін қолдану арқылы өндіріс жағдайында жағымсыз факторлар әсерінде жұмыс атқарудың қауіпсіз мерзімін анықтауға болады, нақты өндірістік бағыт бойынша (біздің зерттеулерімізде «Nova Zinc» ЖШС кәсіпорыны). Қолданыстағы профилактикалық іс-шаралар, оның ішінде уақытпен қорғау (еңбек және демалыс режимі, қысқартылған жұмыс күні, еңбек демалысына қосымша күндер) шаралары қауіпсіз жұмыс өтілін ұзартады. Осыған байланысты жағымсыз еңбек жағдайларында жұмысқа ұзақ жарамды болуы мүмкіндігін бағалау үшін зиянды еңбек жағдайларында рұқсат етілген (қауіпсіз) еңбек өтілін есептеу қажет. Кәсіби қауіпті тиімді бағалау мақсатында тиімділіктің байқалуы, зардаптардың ауырлығы, тиімділіктің қайтымдылығы мүмкіндігін ескеру керек. «Nova Zinc» ЖШС кәсіпорынының байыту фабрикасында негізгі кәсіп түрлерінің еңбек процестері барысында анықталған зиянды өндірістік факторлар деңгейі рұқсат етілген еңбек өтілін есептеу қажеттілігін көрсетті. Кәсіпорындағы еңбек жағдайын бағалау нәтижелеріне сәйкес, өндіріске қуаттылығы жоғары қазіргі заманғы құрал-жабдықтар мен мырыш кенін өндіру мен байытудың негізгі технологиялық процестерін механикаландыруға қарамастан зиянды еңбек жағдайларында жұмыс істейтіндердің үлес салмағы жоғары болып отыр, жер асты мамандықтарында 50 %-ға жетеді. Мырыш кенін өндіру мен байытудың негізгі технологиялық процестерінде барлық кәсіби топтар жұмысшыларының организмне технологиялық құрал-жабдықтардан қарқынды бөлінетін шу, қуатты механизмдерден түзілетін өндірістік діріл, жұмыс аймағы ауасына көптеп бөлінетін мырыш кені шаңы, зиянды химиялық заттар, жағымсыз микроклимат, жарықтың жетіспеушілігі, және де еңбектің ауырлығы мен кернеулігі

жағымсыз әсер етеді. Технологиялық үрдістерде қолданылатын қуатты қазіргі заманғы құрал-жабдықтар кен өндіру өнімділігін арттырумен қатар жұмысшы персонал организміне виброакустикалық фактордың жағымсыз әсерін ұлғайтады.

Кәсіби қауіпті анықтау және бағалау [7, 8] процесі кезектесіп жүргізілетін төрт сатыдан тұрады. Бірінші сатысында – қауіп түрлерін идентификациялау: нақты жұмыс орынында анықталатын және болуы мүмкін барлық ықтимал зиянды және қауіпті өндірістік факторларды анықтау; одан әрі тереңдетіп зерттеу жүргізу үшін басым факторларды таңдай отырып, зиянды әсер етуші тиімділіктерді анықтау. Екінші сатысы – экспозициясын бағалау: жұмыс ортасы факторларының әсер ету қарқындылығы мен ұзақтығының сандық сипаттамаларын бекіту. Бұл саты кәсіби қауіпті бағалау үшін де, басқару үшін де интегралды үрдіс болып табылады. Әсер етуі деңгейін негізінде әсерлесуші факторлардың экспозициясы мағыналары міндетті түрде олардың ұзақтығын ескере отырып (осы жұмыс орынындағы еңбек өтілі, жұмыс ауысымының ұзақтығы және басқа) нормативтік мәндермен салыстыра есептеледі. Үшінші сатысында – «доза – эффект» өзара қатынасын бағалау: жұмыс ортасының нақты зиянды факторы әсер етуіндегі денсаулық үшін зиянды тиімділігінің дамуы себептерін анықтау; байқалатын әсердің дамуын туындататын ең төменгі дозаны анықтау, және дозаны арттырғанда әсердің жоғарылауы қарқындылығын анықтау; еңбек өтілі барысында ұзақ әсер еткенде денсаулықтың бұзылуын тудырмайтын қауіпті жою немесе оны минимальды рұқсат етілген деңгейге дейін төмендеті мүмкіндігін бағалау. Төртінші сатысында – қауіптің сипаттамасы: зерттеудің алдыңғы сатыларында алынған мәліметтерді интеграциялау; гигиеналық критерийлер (оңтайлы, рұқсат етілген, зиянды, қауіпті) бойынша жұмыс орындарындағы еңбек жағдайлары класстарын бекіту.

Кәсіби қауіпті бағалау мәселелері бойынша 89 391 ЕЕС құжатының 6-ншы және 9-ншы баптарын тәжірибеде жүзеге асыру мақсатында «Жұмыс барысындағы қауіпті бағалау бойынша Басшылық» әдістемесі негізгі құжат болып саналады [9].

Кәсіби қауіпті бағалау әдістемесі екі негізгі принциптерге міндетті түрде жүгіну қажеттігін көрсетеді: кәсіби қауіпті бағалауды жүргізу барлық мүмкін болар өндірістік қауіптіліктер мен кәсіби қауіп түрлерін есепке алу үшін құрастырылуы керек; кәсіби қауіп түрлерін идентификациялағаннан кейін оны жою мүмкіншілігі жайлы мәселені шешу қажет [10].

Әдістемелік нұсқаулыққа сәйкес кәсіби қауіпті бағалауды құрылымдау кәсіби қауіпті бағалауды жүргізгеннен кейін, жұмыс беруші мынадай мақсаттарға қол жеткізгендігіне көзі жетуі керектігін білдіреді:

- жұмыс барысында жұмысшылардың денсаулығы мен қауіпсіздігін қорғауға бағытталған заңнамалық шараларды ескере отырып, кәсіби қауіпті бағалау және өндірістік қауіптілікті идентификациялау;

- өндірістік құрал-жабдықтар мен материалдарды таңдағанда, жұмыс орындарын орналастырғанда және жұмыстарды ұйымдастыру процессінде кәсіби қауіпті бағалау;

- жұмыс орындарында қабылданатын іс-шаралардың сәйкестілігін бақылау;

- кәсіби қауіпті бағалау нәтижелерінен туындаған іс-әрекеттердің басымдығын анықтау;

- кәсіби қауіпті бағалау нәтижелері мен денсаулықты сақтау және қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін қажетті іс-шаралар бойынша жасалынған қорытындылар жайлы жұмысшының өзіне, құзырлы органдарға, қызметкерлерге және олардың ресми өкілдеріне ақпараттың жеткізілгені туралы, жұмысқа байланысты барлық факторлардың қарастырылғаны туралы сенімді мәліметтерді алу;

- кәсіби қауіпті бағалау нәтижелері көрсеткен жұмыс әдістері мен өндірістік процестерге қатысты жүргізілген профилактикалық іс-шаралар жұмысшылардың денсаулығын қорғауға және қауіпсіздік деңгейін арттыруға кепілдік беретіндігіне.

Кен байыту саласында өндірістік үрдістердегі кәсіби қауіп мәселесінің өзектілігі жұмысшылардың еңбекке жарамдылығы ұзақтығын анықтаудың маңыздылығын, осы бағытта ізденіс жұмыстарының атқарылуы қажеттілігін көрсетеді.

Ғылыми жаңашылдығы

Ұсынылып отырған мақалада алғаш рет «Nova Zinc» ЖШС байыту фабрикасы мысалында кәсіби қауіптерді құрылымдық бағалау мен басқарудың жүйелі әдістемесі жасақталып, нақты өндірістік ортада қолданысқа енгізілді. Зерттеу кәсіби қауіптердің кешенді сипатын, олардың доза-тәуелді әсерін және жұмысшылардың еңбекке жарамдылық мерзіміне ықпалын бағалауға бағытталған интегративті тәсілмен ерекшеленеді. Авторлар өндірістік факторлардың сандық сипаттамаларын, сондай-ақ олардың ұзақмерзімді экспозициялық жүктемелерін ескеретін жаңа бағалау моделін ұсынады. Бұл тәсіл кәсіби қауіптерді тек сапалық тұрғыдан емес, сандық-гигиеналық бағалау тұрғысынан да жүйелеуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелерінің ғылыми және практикалық маңыздылығы

Мақалада ұсынылған әдістемелік тәсілдер еңбек қауіпсіздігі және кәсіби аурулардың алдын алу саласында ғылыми негізделген басқарушылық шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. «Доза – эффект» принципіне негізделген бағалау моделі арқылы өндірістік зиянды факторлардың жұмысшылар организміне әсер ету шегі мен қауіпсіз еңбек өтілі нақты есептеліп, кәсіби тәуекелді басқарудың жаңа тиімді құралы ретінде қарастырылады. Зерттеу нәтижелері өндірістік ортаны санитарлық-гигиеналық аттестаттауда, жұмыс орындарын қайта құрылымдауда, кадрлық жоспарлауда, профилактикалық іс-шараларды ұйымдастыруда, сондай-ақ еңбек гигиенасы бойынша оқыту бағдарламаларын жетілдіруде қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, ұсынылған тәсілдер ұлттық деңгейде еңбек қауіпсіздігін нормативтік-құқықтық тұрғыдан реттеуде де қолдануға негіз бола алады.

Осылайша, зерттеу кәсіби қауіптерді басқару жүйесін жетілдірумен қатар, еліміздің тау-кен металлургия өнеркәсібіндегі тұрақты және қауіпсіз еңбек практикасын қалыптастыруға елеулі үлес қосады [12].

Нәтижелер мен талқылау

«Nova Zinc» ЖШС байыту фабрикасында жүргізілген бағалау нәтижелері көрсеткендей, жұмысшылардың 50%-ға жуығы зиянды еңбек жағдайларында еңбек етеді. Өндірістік үдерістер барысында келесі факторлардың жоғары деңгейде әсер ететіні анықталды:

- қуатты жабдықтардан таралатын шу мен діріл;
- мырыш кенінің шаңы мен зиянды химиялық заттар;
- микроклиматтың жағымсыз параметрлері;
- жарық жетіспеушілігі;
- еңбектің жоғары ауырлығы мен кернеулігі.

Аталған факторлар жиынтығы жұмысшылардың кәсіби сырқаттануына және еңбекке қабілеттілігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Қолданыстағы еңбек және демалыс режимдерін жетілдіру, профилактикалық шараларды енгізу және зиянды факторлармен тікелей байланысты еңбек өтілін есептеу кәсіби қауіптерді төмендетудің негізгі жолдары ретінде ұсынылады.

Қорытынды

Кен байыту өндірісінде кәсіби қауіптерді бағалау мен басқару – өндірістік үрдістердің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің және жұмысшылардың денсаулығын сақтаудың басты шарттарының бірі болып табылады. Зерттеу

барысында «Nova Zinc» ЖШС байыту фабрикасының өндірістік ортасына талдау жасалып, кәсіби қауіптердің түрлері мен оларды бағалау әдістемесі кешенді түрде қарастырылды.

Жұмыс орындарындағы зиянды өндірістік факторлардың – шу, діріл, шаң, химиялық заттар, микроклимат және жарықтың жетіспеушілігі – жұмысшылардың ағзасына кешенді әсер ететіні анықталды. Бұл факторлар өндірістік доза мен экспозициялық жүктеменің артуына алып келіп, еңбекке қабілеттіліктің төмендеуіне және кәсіби аурулардың туындау қаупіне әкеледі.

Зерттеу нәтижелері кәсіби қауіптерді бағалау мен басқару үдерісінде «доза – эффект» өзара байланысын ескере отырып, қауіптің сипаттамасын нақты анықтаудың маңыздылығын көрсетті. Ұсынылған құрылымдық тәсіл жұмыс орындарындағы еңбек жағдайларын оңтайландыруға, қауіпсіз еңбек өтілін есептеуге және кәсіби сырқаттанушылық деңгейін азайтуға мүмкіндік береді.

Осылайша, кәсіби тәуекелдерді жүйелі түрде бағалау мен басқару әдістемесінің енгізілуі кен байыту өндірісіндегі еңбек қауіпсіздігін арттырумен қатар, еліміздегі өнеркәсіп кәсіпорындарының тұрақты дамуын қамтамасыз етудің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. ХЕҰ бас директорының Халықаралық еңбек конференциясындағы баяндамасының материалдары // Ұлттық шолу, Хельсинки, 2006, 126 б. (орыс тілінде)
2. Полиметалл кендерін жерасты өндірудегі кәсіби тәуекелдерді бағалау және талдау / Аманжол А.И. [және т. б.] // ГЕОМАТЕ халықаралық журналы. 2023. Т. 25. Б. 101–108 (ағылшын тілінде)
3. Барлық жұмыс істейтін халықтың денсаулығын қорғау жөніндегі Декларация. ДДҰ ынтымақтастық орталықтарының екінші отырысында мақұлданды. Пекин: Қытай, 1996 (орыс тілінде)
4. III өнеркәсіп кешенінің негізгі өндірістік үрдістеріндегі кәсіби қауіп дәрежесін бағалау / Аманжол І.А. [және т. б.] // Университет еңбектері. 2022. № 2 (87). С. 90–97 (қазақ тілінде)
5. Барлығына денсаулыққа қол жеткізу міндеттері. Еуропалық Денсаулық сақтау саясаты // ДДҰ: Еуропалық аймақтық бюро. Копенгаген, 1991 (орыс тілінде)
6. Исмаилова А.А., Мусина, А. А., Сұлтанбеков З. К., Сүлейменова Р. К. кәсіби тәуекелдер тұрғысынан Қазақстанның өнеркәсіптік кәсіпорындарында қауіпсіз жұмыс өтілін әзірлеу // «Гигиена ғылыми-практикалық орталығы» республикалық унитарлық кәсіпорнының 95 жылдығына арналған «Денсаулық және қоршаған орта» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдар жинағы, Минск: БМУ баспа орталығы, 2022. Б. 299–300 (орыс тілінде)
7. Кәсіби созылмалы аурулар мен уланудың жеке тәуекелдерін есептеу, қауіпсіз жұмыс өтілі: әдістемелік ұсыныстар / А.П. Михайлуц, А.Н. Першин, М.И. Зигельник, В.Б. Алексеев, В.А. Куракин. Кемерово: Кемерово мемлекеттік медицина академиясы, 2000. 28 б. (орыс тілінде)
8. Халықаралық стандарттарды ескере отырып, зиянды өндірістер қызметкерлерінің денсаулығының бұзылу қаупін бағалау / Исмаилова А.А. [және т. б.] // ҚазҰМУ хабаршысы. 2014. № 3 (3). Б. 11–13 (орыс тілінде)
9. Тәуекелдерді бағалау – OSHA – Еуропалық еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау агенттігі. 2005/2006 // Еңбекті қорғау жөніндегі ұлттық статистиканы жариялау (ағылшын тілінде)
10. Аманжол І.А., Ахметжанов Н., Базарханов Е., Күмісбек Е. Өндірістік-технологиялық үрдістер барысындағы кәсіби қауіп деңгейін бағалау // «Инновациялық технологиялар және инжиниринг» XI халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдар жинағы, Теміртау, 2021. Б. 21–23 (қазақ тілінде)
11. Uakhitova V. Ақтөбе ферроқорытпа зауытының балқыту цехтары қызметкерлерінің жарақаттануын талдау және психологиялық зерттеулер // ҚР ҰҒА хабарлары, геология және технологиялық ғылымдар сериясы. 2022. Т. 2. № 452. Б. 242–258 (ағылшын тілінде)

12. АҚШ Қоршаған ортаны қорғау агенттігі (EPA) ғалымдарының көзқарасы: сіздің эпидемиологиялық талдауларыңыз осы процеске қалай әсер етуі мүмкін / Рэйчел М. Шаффер [және т. б.] // Қоршаған ортаның гигиеналық перспективалары. 2025. Т. 133. Шығ. 3–4 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. *Materialy doklada General'nogo direktora MOT [Materials of the report of the Director General of the ILO], Trudy mezhdunarodnoi konferentsii truda. «Natsional'nyi obzor» Khel'sinki [Proceedings of the International Labour Conference. «National Review» Helsinki]. 2006. 126 p. (in Russian)*
2. *Assessment and analysis of occupational risks in the underground mining of polymetallic ores / Amanzhol I.A. [et al.] // International Journal GEOMATE. 2023. V. 25. 101–108 pp. (in English)*
3. *Deklaratsiya po okhrane zdorov'ya vsego rabotayushchego naseleniya. Odobrena na vtorom soveshchanii sotrudnichayushchikh tsentrov VOZ [Declaration on the protection of the health of the entire working population. Approved at the second meeting of the WHO collaborating centers]. Beijing, China, 1996 (in Russian)*
4. *Amanzhol I.A., Orozov K.K., Zholmagambetov N.R., Kosherbayev S.A., Rakhimberlina A.A. III assessment of the degree of occupational hazard of industrial complex production processes // University of Labor-proceedings of the University. 2022. No. 2 (87). 90–97 pp. (in Kazakh)*
5. *Zadachi po dostizheniyu zdorov'ya dlya vseh. Evropeiskaya politika zdavookhraneniya [Objectives for achieving health for all. European Health Policy], VOZ: Evropeiskoe regional'noe byuro [WHO: Regional Office for Europe]. Copenhagen, 1991 (in Russian)*
6. *Ismailova A.A., Musina A. A., Sultanbekov Z. K., Suleimenova R. K. Razrabotka bezopasnogo stazha raboty na promyshlennykh predpriyatiyakh Kazakhstana s pozitsii professional'nykh riskov [Development of safe work experience at industrial enterprises of Kazakhstan from the perspective of occupational risks], Sb. materialov Mezhdun. nauchno-praktich. konf. «Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda», posvyashchenoi 95-letiyu respublikanskogo unitarnogo predpriyatiya «Nauchno-prakticheskii tsentr gigieny» [Proceedings of the international scientific and practical conference. «Health and Environment» dedicated to the 95th anniversary of the republican unitary enterprise «Scientific and Practical Hygiene Center»]. Minsk: Izdatel'skii tsentr BGU, 2022. 299–300 pp. (in Russian)*
7. *Raschet individual'nykh riskov professional'nykh khronicheskikh zabolevanii i otravlenii, bezopasnogo stazha raboty: metodicheskie rekomendatsii [Calculation of individual risks of occupational chronic diseases and poisoning, safe work experience: methodological recommendations], A.P. Mikhailuts, A.N. Pershin, M.I. Tsigelnik, V.B. Alekseev, V.A. Kurakin. Kemerovo: Kemerovskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya, 2000. 28 p. (in Russian)*
8. *Otsenka riska narusheniya zdorov'ya rabotnikov vrednykh proizvodstv s uchetom mezhdunarodnykh standartov [Assessment of the risk of health disorders of workers of harmful industries, taking into account international standards], Ismailova A.A. [et al.], Vestnik KazNMU [Bulletin of KazNMU]. 2014. No. 3 (3). 11–13 pp. (in Russian)*
9. *Risk Assessment – OSHA – European Agency for Occupational Safety and Health. — 2005/2006 // Publication of national labor protection statistics (in English)*
10. *Amanzhol I.A., Akhmetzhanov N., Bazarkhanov E., Kumisbek E. Assessment of the level of occupational hazard in the process of production and technological processes // Proceedings of the XI International. Scientific and practical. Conference «Innovative technologies and engineering», Temirtau, 2021. 21–23 pp. (in Kazakh)*
11. *Uakhitova B. Analysis of injuries and psychological researches of workers in the melting shops of the aktubinsk ferralloys plant // NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences. 2022. V. 2. No. 452. 242–258 pp. (in English)*
12. *A Perspective from US Environmental Protection Agency (EPA) Scientists: How Your Epidemiologic Analyses Can Inform the Human Health Risk Assessment Process / Rachel M. Shaffer [et al.] // Environmental Health Perspectives. 2025. V. 133. Issue 3–4 (in English)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Материалы доклада Генерального директора МОТ // Труды международной конференции труда. «Национальный обзор» Хельсинки, 2006. 126 с. (на русском языке)*
2. *Оценка и анализ профессиональных рисков при подземной добыче полиметаллических руд / Аманжол И.А. [и др.] // Международный журнал GEOMATE. 2023. Т. 25. С. 101–108 (на английском языке)*
3. *Декларация по охране здоровья всего работающего населения. Одобрена на втором совещании сотрудничающих центров ВОЗ. Пекин, Китай, 1996 (на русском языке)*

4. III оценка степени профессиональной опасности производственных процессов промышленного комплекса / Аманжол И.А. [и др.] // Труды университета. 2022. № 2 (87). С. 90–97 (на казахском языке)
5. Задачи по достижению здоровья для всех. Европейская политика здравоохранения // ВОЗ: Европейское региональное бюро. Копенгаген, 1991 (на русском языке)
6. Исмаилова А.А., Мусина А.А., Султанбеков З.К., Сулейменова Р.К. Разработка безопасного стажа работы на промышленных предприятиях Казахстана с позиции профессиональных рисков // Сб. материалов Междун. научно-практич. конф. «Здоровье и окружающая среда», посвященной 95-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», Минск: Издательский центр БГУ, 2022. С. 299–300 (на русском языке)
7. Расчет индивидуальных рисков профессиональных хронических заболеваний и отравлений, безопасного стажа работы: методические рекомендации / А.П. Михайлуц [и др.]. Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2000. 28 с. (на русском языке)
8. Оценка риска нарушения здоровья работников вредных производств с учетом международных стандартов / Исмаилова А.А. [и др.] // Вестник КазНМУ. 2014. № 3 (3). 2014. С. 11–13 (на русском языке)
9. Оценка рисков – OSHA – Европейское агентство по безопасности и гигиене труда. – 2005/2006 // Публикация национальной статистики по охране труда (на английском языке)
10. Аманжол И.А., Ахметжанов Н., Базарханов Е., Кумисбек Е. Оценка уровня профессиональной опасности в процессе производственно-технологических процессов // Сб. трудов XI Междун. научно-практич. конф. «Инновационные технологии и инженерия», Темиртау. 2021. С. 21–23 (на казахском языке)
11. Uakhitova V. Анализ травматизма и психологические исследования работников плавильных цехов АЗФ // Известия НАН РК, серия геологических и технических наук. 2022. Т. 2. № 452. С. 242–258 (на английском языке)
12. Взгляд ученых Агентства по охране окружающей среды США (EPA): как ваши эпидемиологические анализы могут повлиять на процесс / Рэйчел М. Шаффер [и др.] // Перспективы гигиены окружающей среды. 2025. Т. 133. Вып. 3–4 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Каппарова Т.С., «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» ББ кафедрасы бойынша докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан), tolga_22@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-8862-4364>

Раматуллаева Л.И., «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» ББ кафедрасының меңгерушісі, к.т.н., ассоц. профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті (Шымкент қ., Қазақстан), ramatullaeva_l@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1771-9903>

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

Аманжол І.А., «Химиялық технология және экология» кафедрасының д.м.н., профессор «Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ (Темиртау қ., Қазақстан), amanzhol766@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8965-7794>

Information about the authors:

Kapparova T., doctoral student of the EP «Life Safety and Environmental Protection», M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

Ramatullayeva L., Candidate of Technical Sciences, Assoc. Professor, Head of the Department of «Life Safety and Environmental Protection» of the M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan)

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

Amanzhol I., MD, Professor of the Department of Chemical Technology and Ecology, Non-profit joint stock company Karaganda Industrial University (Temirtau, Kazakhstan)

Информация об авторах:

Каппарова Т.С., докторант ОП «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова» (г. Шымкент, Казахстан)

Раматуллаева Л.И., к.т.н., ассоц. профессор., заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова», (г. Шымкент, Казахстан)

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

Аманжол І.А., д.м.н., профессор кафедры «Химическая технология и экология» НАО «Қарағанды индустриальный университет» (г. Темиртау, Казахстан)

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;
 - 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 подрисовочном 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.