

https://doi.org/10.51885/3134-8009_IJS_2026_3_16

XFTAP 38.57.23

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДА СИРЕК КЕЗДЕСЕТІН МЕТАЛДАРДЫ БАРЛАУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУҒА АРНАЛҒАН ГЕОКЕҢІСТІКТІК АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ (GISORMEK)

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ (GISORMEK)

GEOSPATIAL INFORMATION SYSTEM FOR OPTIMIZED RARE METAL EXPLORATION IN EASTERN KAZAKHSTAN (GISORMEK)

М.Е. Рахымбердина ¹, Е.Т. Бекишев ^{1*}, А.К. Капасов ¹, М.М. Тогузова ¹,
Б. Апшикур ¹, E. Levin ²

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

²Мехарри атындағы қолданбалы есептеу ғылымдары мектебі, Нешвилл қ., АҚШ

*Жауапты автор: Бекишев Еркебулан Темирханович, e-mail: YBekishev@edu.ektu.kz

Түйінді сөздер:	ТҮЙІНДЕМЕ
Геопортал, цифрлық карта, Жерді қашықтықтан зондау, жер бедерінің цифрлық моделі, геоақпараттық жүйелер.	Сирек металдарды барлау және өндіру процестерін оңтайландыру геокеңістіктік талдау және деректерді модельдеу саласындағы соңғы жетістіктерді қолдану арқылы мүмкін болады. Бұл зерттеудің мақсаты Қазақстан Республикасының Қалба-Нарын кен белдеуі мен Асубұлақ кен алаңы мысалында сирек металдарды өндіруді оңтайландыру үшін GISORMEK геопортал құрылымын әзірлеу болып табылады. Әртүрлі деректер көздерін, соның ішінде 1:1 000 000-нан 1:10 000-ға дейінгі әртүрлі масштабтағы карталарға сәйкес келетін мұрағаттық деректерді біріктіретін геологиялық деректер базасы құрылды. Қосымша деректер көздеріне әртүрлі геологиялық комбинациялар мен индекстерді пайдалана отырып өңделген және Шығыс Қазақстанда сирек жер металдарын барлауды оңтайландыру үшін геокеңістіктік ақпараттық жүйеге біріктірілген жер бедерінің цифрлық моделі (ЖБЦМ) және қашықтықтан зондау мультиспектралды деректері кіреді (GISORMEK). Әзірленген құрылым гетерогенді деректер жиынтығын біріктіруге, барлау объектілерінің орналасуын анықтау үшін геологиялық ерекшеліктерді мұқият талдауға және кеңістіктік теңестіруге мүмкіндік береді. GISORMEK жобасы өңір үшін инновациялық болып табылады, ал картографиялық деректерді жүйелеу нәтижелері Шығыс Қазақстанда пайдалы қазбаларды барлаудың тиімділігі мен қолжетімділігін айтарлықтай арттыра алады.

Ключевые слова:	АННОТАЦИЯ
Геопортал, цифровая карта, дистанционное зондирование Земли,	Оптимизация процессов разведки и добычи редких металлов возможна при использовании последних достижений в области геопространственного анализа и моделирования данных. Целью исследования



© 2026 М.Е. Рахымбердина, Е.Т. Бекишев, А.К. Капасов, М.М. Тогузова, Б. Апшикур, E. Levin
Бұл жұмыс Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясы
(CC BY 4.0) бойынша таратылады.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

цифровая модель
рельефа,
геоинформационные
системы.

является разработка геопортала GISORMEK для оптимизации добычи редких металлов на примере Асубулакского рудного поля в Калба-Нарымском рудном поясе Республики Казахстан. Создана геологическая база данных, объединяющая различные источники данных, в том числе архивные данные, соответствующие картам различных масштабов — от 1:1 000 000 до 1:10 000. Дополнительные источники данных включают цифровые модели рельефа (ЦМР) и мультиспектральные данные дистанционного зондирования, обработанные с использованием различных геологических комбинаций и индексов, и интегрирована в геопространственную информационную систему для оптимизации разведки редкоземельных металлов в Восточном Казахстане (GISORMEK). Разработанная структура позволит интегрировать разнородные массивы данных, выполнить тщательный анализ и пространственное согласование геологических особенностей для определения местоположения объектов для разведки. Проект GISORMEK является инновационным для региона, а результаты систематизации картографических данных могут значительно повысить эффективность и доступность разведки полезных ископаемых в Восточном Казахстане.

Keywords:

Geoportal, digital map,
remote sensing of the
Earth, digital terrain
model, geographic
information systems.

ABSTRACT

Optimization of rare metal exploration and mining processes is possible with the application of the latest achievements in the field of geospatial analysis and data modeling. The goal of this research is to develop a geoportal structure for optimizing rare metals production, using the Asubulak ore field in the Kalba-Narym ore belt of the Republic of Kazakhstan as an example. A geological database has been created, combining various data sources, including archival data corresponding to maps of various scales — from 1:1,000,000 to 1:10,000. Additional data sources include digital elevation models (DEM) and multispectral remote sensing data, processed using various geological combinations and indices and integrated into a geospatial information system to optimize the exploration of rare-earth metals in Eastern Kazakhstan (GISORMEK). The developed structure will allow the integration of heterogeneous data sets, thorough analysis and spatial alignment of geological features to determine the location of objects for exploration. The GISORMEK project is innovative for the region, and the results of systematizing cartographic data can significantly increase the efficiency and accessibility of mineral exploration in Eastern Kazakhstan.

КІРІСПЕ

Географиялық байланыстырылған ақпаратты талдайтын және бейнелейтін компьютерлендірілген жүйе ретіндегі ГАЗ экономика мен адамзат дамуының әртүрлі салалары мен бағыттарына еніп, олармен ықпалдасуын жалғастыруда (U.S. Geological Survey, 2024). Бұл жүйелер Жер туралы ғылымдардың, атап айтқанда геологияның (Saraf et. al, 2002), геофизиканың (Zaalishvili et. al, 2020) және басқа салалардың дамуына ықпал етті. Бұл үрдіс ГАЗ-дың деректерді жинау, басқару және талдау, сондай-ақ ауқымды ақпарат көлемін модельдеу мен визуализациялау үшін қолайлы құрал ретінде болуымен түсіндіріледі (Zhou, 2021). Мұны статистикалық мәліметтер де растайды. McKinsey & Company консалтингтік компаниясының болжамы бойынша, географиялық ақпараттық жүйелер нарығының көлемі 2030 жылға қарай 25,90 млрд. АҚШ долларына жетеді, ал 2024–2030 жылдар аралығындағы болжамды кезеңде орташа жылдық өсу қарқыны 11,54% құрайды (McKinsey & Company, 2023).

Геологиялық зерттеулердің қарқын алуы және кеңістіктік деректерді талдаудың цифрлық әдістеріне көшу жағдайында далалық зерттеу материалдарын өңдеудегі

геоақпараттық технологиялардың рөлі артып келеді. Қазіргі заманғы геологиялық нысандар, әсіресе тау жыныстары жер бетіне ашылған учаскелер, құрылымының жоғары күрделілігімен, кеңістіктік әртектілігімен және үдерістердің серпінділігімен сипатталады. Бұл нәтижелердің жоғары дәлдігін, қайталанымдылығын және көрнекілігін қамтамасыз ететін деректерді жинау мен талдаудың кешенді әдістерін қолдануды талап етеді.

Геологиялық-картографиялық материалдардың кең ауқымды әрі әртүрлі құрамын және ақпараттың басқа да түрлерін қамтитын геологиялық ГАЖ деректер базасын құру геология саласы үшін өзекті әрі аса маңызды міндет болып табылады. Қазіргі уақытта көптеген мемлекеттік геологиялық мекемелер, жоғары оқу орындары және геологиялық компаниялар ГАЖ дерекқорларын белсенді қолданады және дамытуды жалғастыруда. Бұл геологиялық базалар, әдетте, жинақталған мұрағаттық материалдар негізінде — векторлық немесе растрлық карталар түрінде қалыптасады, содан кейін нақты уақыт режимінде келіп түсетін мәліметтермен толықтырылады. Кенді өңірлер, белдеулер мен кен орындары туралы ақпаратты қоса алғанда, пайдаланушылардың кең ауқымына арналған кеңістіктік геологиялық деректер әртүрлі қажеттіліктер мен мақсаттарға сәйкес әзірленуі мүмкін: оқу-ақпараттық, талдамалық, әкімшілік және басқарушылық.

Қолданыстағы геологиялық ГАЖ деректер базаларын олардың масштабы мен аумақтық қамтылуына қарай шартты түрде ғаламдық, өңірлік және ұлттық деңгейлерге жіктеуге болады.

Геологиялық ақпаратты ғаламдық ауқымда ГАЖ түрінде ұсынудың айқын мысалы ретінде АҚШ Геологиялық қызметінің Mineral Resources Online Spatial Data веб-картасын атауға болады (U.S. Geological Survey, 2024). Платформа пайдаланушыларға қажетті материалдарды зерттеуге және жүктеп алуға мүмкіндік беретін интерактивті карта түрінде әзірленген. Карталар минералдық ресурстарды, геологиялық құрылымдарды және радиометриялық карталарды қоса алғанда, әртүрлі аспектілерді қамтиды.

Геологиялық веб-ГАЖ-дың тағы бір мысалы - бүкіл планетаның геологиялық ақпараты бойынша бірыңғай деректер базасы мен картасын құру мақсатында әртүрлі елдердің геологиялық қызметтерін біріктіруге арналған OneGeology жүйесі (OneGeology, 2024). Оның негізгі міндеттеріне геологиялық деректердің қолжетімділігін арттыру, бүкіл әлемдегі геологиялық ақпаратты зерттеушілер мен пайдаланушылар арасындағы өзара іс-қимылға ықпал ету, сондай-ақ веб-порталдарда жаңа стандарттарды енгізу жатады. Бұл жобаны 118 мемлекет және ЮНЕСКО-ны қоса алғанда, ірі ғылыми және мәдени мекемелер қолдайды (Ткачев және б., 2010).

Әртүрлі елдер мен ұйымдарда геологиялық деректерді сақтау, басқару және талдау үшін қолданылатын көптеген геологиялық деректер базалары бар. Олардың белгілі мысалдарына Еуропалық геологиялық деректер инфрақұрылымы (European Geological Data Infrastructure (VDI)), австралиялық Geoscience Australia, британдық BGS Geology Viewer, Словакияның ұлттық геологиялық веб-порталы және Ресейдің мемлекеттік геологиялық карталар деректер базасы жатады. Бұлар геологиялық ГАЖ деректер базаларының келесі – ұлттық деңгейін құрайды.

Геологиялық есептер мен графикалық қосымшалар түріндегі үлкен көлемді ақпаратты сақтауға арналған электрондық деректер базасын құру мәселесі Қазақстан Республикасы үшін бірнеше онжылдық бойы өзекті болып келеді. Б.С. Ужкенов (Ужкенов, 1997) сияқты зерттеушілер өткен ғасырдың соңында деректерді аналогтік тәсілмен сақтаудан электрондық форматқа көшіп, кейіннен интернет желісіне орналастыру қажеттілігін атап өткен. Себебі электрондық тәсіл жинақталған орасан көлемдегі деректерді оңай басқаруға және олар бойынша сұрау салуға мүмкіндік береді. Бұл бағыттағы алғашқы нақты қадамдар 2014 жылы Республикалық геологиялық ақпарат орталығы «Қазгеоақпарат» пен «Қазцинк» ЖШС бірлесіп «Қазақстан Республикасының

қолданыстағы жер қойнауын пайдалану нысандарының орналасуының интерактивті картасын» жасаған кезде жүзеге асырылды (Қазақстан Республикасы геология комитеті, 2024).

Қазақстандағы геологияны дамыту бағдарламасында (Қазақстан Республикасы Үкіметі, 2022) осы саланың баяу дамуының себептері арасында жер қойнауы туралы деректер банкінің және геологиялық материалдармен жұмыс істеу үшін қажетті автоматтандырылған қолжетімділіктің жоқтығы аталды.

Соңғы жылдары сирек металдардың әртүрлі жоғары технологиялық өнеркәсіп салаларындағы маңызды рөліне байланысты оларды зерттеуге айрықша назар аударылуда. Алайда бұл металдарды анықтау және өндіру үдерісі көбінесе қымбатқа түседі, көп еңбекті қажет етеді және қоршаған ортаға зиян келтіреді. Барлаудың дәстүрлі тәсілдері негізінен геологиялық картографиялау мен сынама алуға сүйенеді, алайда олардың тиімділігі төмен болуы мүмкін (мысалы, (Marjoribanks, 2010)). Ал геоақпараттық жүйелерді (ГАЖ) қолдану кеңістіктік деректер мен қуатты талдау құралдарын біріктіру арқылы барлау үдерісін оңтайландыруда зор мүмкіндіктерге ие екенін көрсетті (мысалы, (Harris et. al, 2008)). Осыған қарамастан, пайдалы қазбалардың бай кен орындарымен танымал Шығыс Қазақстанда сирек металдарды барлауда ГАЖ-ды қолдануға арналған зерттеулер жеткіліксіз.

ГАЖ-ды пайдалану сирек металл шоғырларының қалыптасу әлеуеті жоғары аудандарды анықтауға, қоршаған ортаға әсер ететін сынама алу мен бұрғылау жұмыстарына қажеттілікті азайтуға, сондай-ақ пайдалы қазбаларды өндірудің орнықты әдістерін енгізуге ықпал етуі мүмкін. Бұдан бөлек, Шығыс Қазақстандағы сирек металдарды барлауға арналған ГАЖ негізіндегі жүйені әзірлеу өңірдің экономикалық өсуі мен орнықты дамуына септігін тигізуі мүмкін.

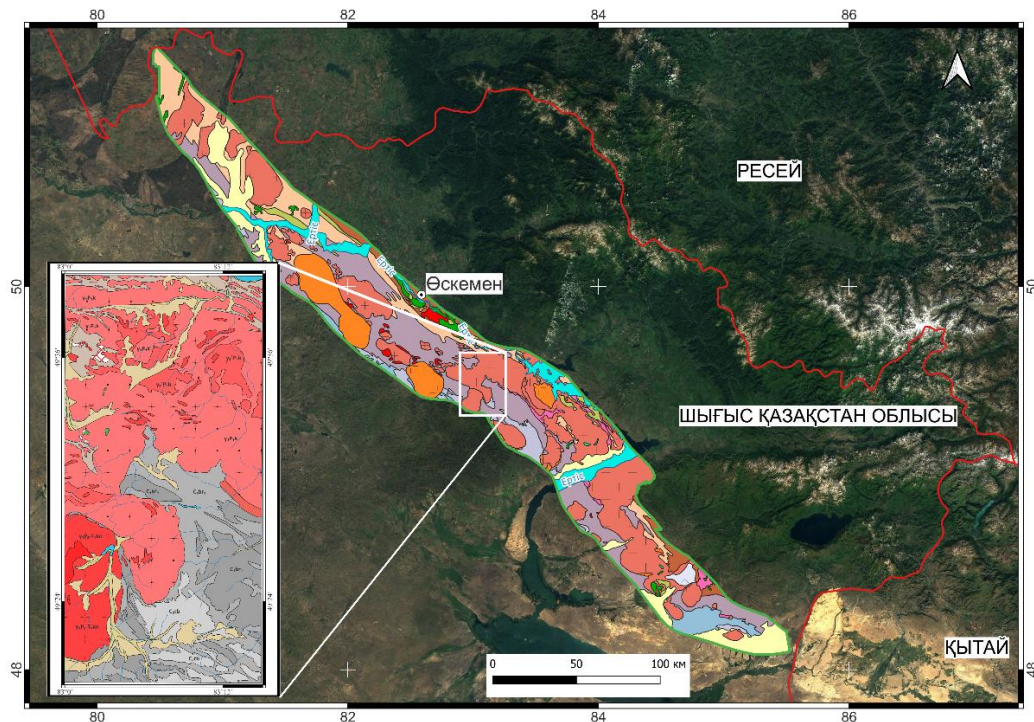
Бұл зерттеудің мақсаты – Шығыс Қазақстандағы сирек металдарды барлау жұмыстарын оңтайландыру және геологиялық ақпаратты өзекті күйде сақтау үшін ГАЖ негізіндегі GISORMEK деректер базасын әзірлеу.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеу нысаны – Қазақстан Республикасының Шығыс Қазақстан облысында орналасқан және Алтай тауларының оңтүстік-батыс бөлігін құрайтын Қалба-Нарын металлогениялық (кенді) белдеуі. Ол Кенді Алтай, Жарма-Сауыр және Батыс Қалба кенді белдеулерімен бірге Үлкен Алтай құрамына кіреді (Dyachkov et. al, 2018). Белдеу солтүстік-батыс бағытта 500 км-ден астам қашықтыққа созылып жатыр, ал ені 20-50 км аралығында өзгереді. Ол солтүстік-батысында Ресеймен, оңтүстік-шығысы мен шығысында Қытаймен шектеседі; солтүстік-шығысында Ертіс жаншылу белдеуі, ал оңтүстік-батысында Теректі жарылымы орналасқан (1-сурет).

Қалба-Нарын белдеуі кең тектоникалық-магмалық белдеуінің алдыңғы бөлігінде орналасқан және солтүстік-шығысында Кенді Алтайдың астына қарай еңістенеді. Тау жыныстарының балку ошақтары метаграниттенген қабаттағы немесе оның метадiorиттенген қабатпен шекарасындағы граниттік балқымалардың есебінен қалыптасқан. Құрамында сирек металдар бар кен түзуші ерітінділер терең жарылымдар жүйесі арқылы жоғары көтерілген. Қалба-Нарын гранитоидты белдеуі герциндік цикл барысында постколлизиялық (орогендік) геодинамикалық жағдайда қалыптасқан (Oitseva et. al, 2017).

Кенді белдеу сирек металдарға (Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn) маманданған белдеу ретінде сипатталады. Мұнда сирек металл кен орындарының бес типі ажыратылады: пегматиттік; пегматиттік берилл-микроклиндік; альбит-грейзендік қалайы-танталиттік; грейзен-кварц желілі касситерит-вольфрамдық; кластогендік тантал-касситерит-вольфрамдық (Dyachkov et. al, 2013).



1-сурет. Зерттеу нысаны

Ескерту – авторлармен әзірленген

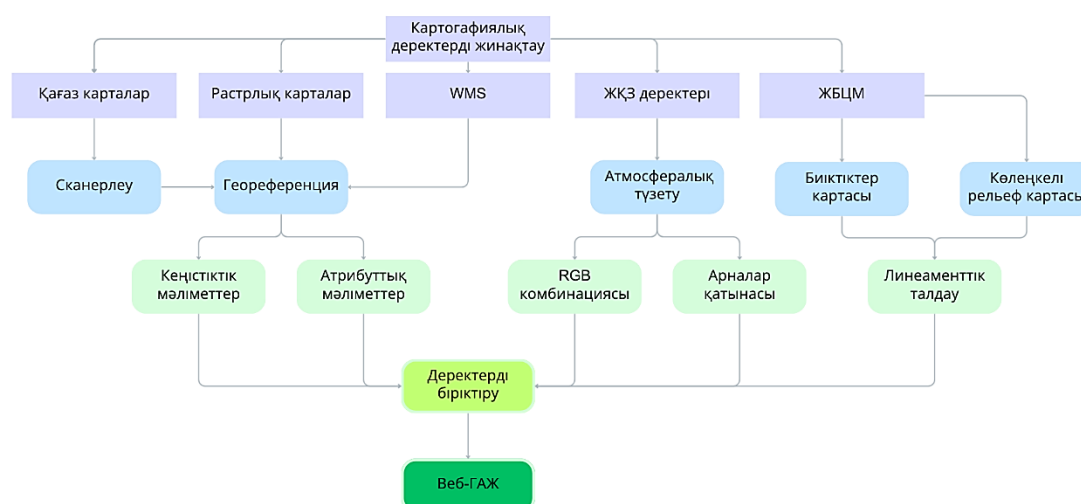
Асубұлақ кен өрісі, кейде Асубұлақ пегматитті алаңы деп те аталады, Қалба-Нарын белдеуінің құрамына кіреді және оның орталық бөлігінде орналасқан. Кеңді алқап Пермь кезеңіндегі Қалба кешенінің гранит интрузиясы шегінде үш жарылымның қиылысқан тұсында орналасқан. Оның бүкіл аумағында аплит, аплит-пегматит, пегматит және сирек металды пегматит желілері таралған. Кеңді алқаптың интрузиялық жыныстары екі фазадан тұрады (1-кесте). Сирек металдардың негізгі кен орындары бірінші фазаның граниттерінде орналасқан (Khromykh et. al, 2020).

1-кесте. Қалба кешенінің негізгі интрузивті жыныстары

Фаза	Тау жыныстары	Түрі
1	Граниттер	Орташа ірі түйіршікті порфирлі биотит граниттері
		Орташа түйіршікті әлсіз порфирлі граниттер, гранодиориттер, плагиограниттер
		Ұсақ түйіршікті аплитоидты мусковитизацияланған граниттер
		Аплит тәрізді граниттер, аплиттер
	Пегматиттер	Олигоклаз микроклин
		Колумбитпен микроклин блоктары
		Альбит-микроклин
		Танталит, касситеритпен альбит
2	Граниттер	Ұсақ-орташа түйіршікті мусковитизацияланған граниттер
	Пегматиттер	Олигоклаз микроклин
		Альбит-микроклин

Ескерту – авторлармен әзірленген

ГАЗ деректер базасының құрылымы. ГАЗ қабаттық қағидат бойынша ұйымдастырылған векторлық-топологиялық кеңістіктік модельдер мен атрибуттық деректерден тұрады және олар өзара геореяциялық байланыс тәсілі арқылы біріктірілген. Қалба-Нарын кенді белдеуінің, оның ішінде Асубұлақ кен өрісінің ГАЗ дерекқоры әртүрлі мақсаттағы ірі және орташа масштабты карталар негізінде қалыптасты және қашықтықтан зондтау материалдарымен және жергілікті жердің цифрлық модельдерімен қосымша толықтырылды (2-сурет).



2-сурет. Мәліметтер базасын толтыру құрылымы

Ескерту – авторлармен әзірленген

ГАЗ шолу дерекқорын (Қалба–Нарын кенді белдеуі) және егжей-тегжейлі деректер базасын (Асубұлақ кенді алаңы) қалыптастыру үшін әртүрлі көздерден алынған гетерогенді картографиялық материалдар қолданылды. Негізгі бөлігі қағаз материалдар болды; қосымша веб-карта қызметтері (WMS), сондай-ақ ашық көздерден алынған растрлық және векторлық карталар қолданылды (2-кесте). Қағаз карталары цифрландырылды, содан кейін геореференция және атрибуттық ақпарат енгізілді.

Әр қабаттың өзіндік атрибуттар кестесі бар. Кез-келген кестенің құрылымына автоматты түрде жасалған идентификатор (ID) және объектілердің сипаттамаларын сипаттайтын өрістер жиынтығы кіреді. Мысалы, геологиялық карта қабаты «Геологиялық кешендер мен формациялар» деп аталады; онда, атап айтқанда, өрістер ерекшеленеді: ID; геологиялық индекс; геологиялық кезең; стратиграфиялық бөлімшелер (интрузивті кешендер мен формациялардың атауларын көрсете отырып); тау жыныстарының сипаттамасы (Бекишев және б., 2025).

2-кесте. Пайдаланылған картографиялық материалдар (Бекишев, 2026)

Масштаб	Атауы	Дереккөз
1:1 000 000	CIS VSEGEI 1:1M Geology	(OneGeology, 2024)
1: 1 000 000	Зайсан парақтары сериясының геологиялық картасы	(Қазақстан Республикасының Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі және б., 2012)
1:200 000	Геологиялық карта	(Қазақстан Республикасының Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі және б., 2003)

2-кестенің соңы

Масштаб	Атауы	Дереккөз
1:200 000	Аномальды магнит өрісінің картасы (ΔT), ΔZ	(Қазақстан Республикасының Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі және б., 2003)
1:200 000	Ауырлық күшінің қалдық аномалия картасы	(Қазақстан Республикасының Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі және б., 2003)
1:200 000	Пайдалы қазбалар картасы және оларды орналастыру заңдылықтары	(Қазақстан Республикасының Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі және б., 2003)
1: 100 000	Құрылымдық-тектоникалық схема	(ҚазКСР Геология министрлігі және б., 1977)
1: 100 000	Схемалық геоморфологиялық карта	(ҚазКСР Геология министрлігі және б., 1977)
1:50 000	Геологиялық карта	(ҚазКСР Геология министрлігі және б., 1977)
1:50 000	Пайдалы қазбалар картасы	(ҚазКСР Геология министрлігі және б., 1977)
1:50 000	Ауырлық күшінің қалдық аномалия картасы	(ҚазКСР Геология министрлігі және б., 1977)
1:50 000	Be, Nb, W, Sn элементтері бойынша екіншілік шашырау ореолдары мен аномальды нүктелер картасы	(ҚазКСР Геология министрлігі және б., 1977)
1:50 000	Li, Cs элементтері бойынша екіншілік шашырау ореолдары мен аномальды нүктелер картасы	(ҚазКСР Геология министрлігі және б., 1977)
1: 10 000	Асубұлақ кен өрісінің геологиялық картасы	(ҚазКСР Ғылым академиясы және б., 1987)
Қолданылмайды	Sentinel-2 спутниктік суреттері	(Copernicus Data Space Ecosystem, 2024)
Қолданылмайды	Landsat-8 спутниктік суреттері	(U.S. Geological Survey, 2024)
Қолданылмайды	Жер бедерінің цифрлық моделі SRTM	(CGIAR Consortium for Spatial Information, 2024)
Ескерту – авторлармен әзірленген		

Жерді қашықтықтан зондтау деректері негізінде геологиялық картографиялау жұмыстарын орындау үшін ғарыштық түсірілімдер пайдаланылды. Ғарыштық суреттерді таңдау геологиялық нысандарды анықтау мен картографиялаудың маңызды өлшемі болып табылады. Жалпы алғанда, қашықтықтан зондтау спутниктерін олардың техникалық және технологиялық параметрлеріне қарай бірнеше санатқа бөлуге болады: 1) спектрлік диапазон; 2) арналар саны; 3) кеңістіктік ажыратымдылық; 4) деректердің қолжетімділігі. Деректерді цифрлық өңдеу және интерпретациялау үшін Landsat-8 және Sentinel-2 мультиспектрлік суреттер пайдаланылды, өйткені олардың спектрлік арналары

геологиялық мақсаттарға анағұрлым сәйкес келеді. Бұл минералдардың жақын инфрақызыл (NIR) және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) диапазондарындағы маңызды жұтылу қасиеттерімен байланысты. Аталған қасиеттер нақты арналардың спектрлік диапазондарымен қамтылуы тиіс.

Сонымен қатар геоморфологиялық және линеаменттік талдау жүргізу үшін жер бедерінің цифрлық моделі (ЖБЦМ) пайдаланылды. Биіктіктер картасы мен жергілікті жердің көлеңкеленген бедері Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) негізінде жасалынды.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Геологиялық деректер базасын құру. Деректер базасы жасалған карталардың масштабы мен қамтитын аумағына сәйкес ұйымдастырылып, топтастырылды. Қалба–Нарын кенді белдеуі 1:1 000 000 масштабтағы шолулық геологиялық картамен ұсынылған. Кенді белдеудің орталық бөлігі - Асубұлақ кен өрісі әртүрлі масштабтарда (1:1 000 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000 және 1:10 000) неғұрлым егжей-тегжейлі әрі жан-жақты көрсетілген. Кенді алқап бойынша геологиялық, геохимиялық, геофизикалық, тектоникалық және пайдалы қазбалар карталарының кең жиынтығы ұсынылған (Бекишев, 2026).

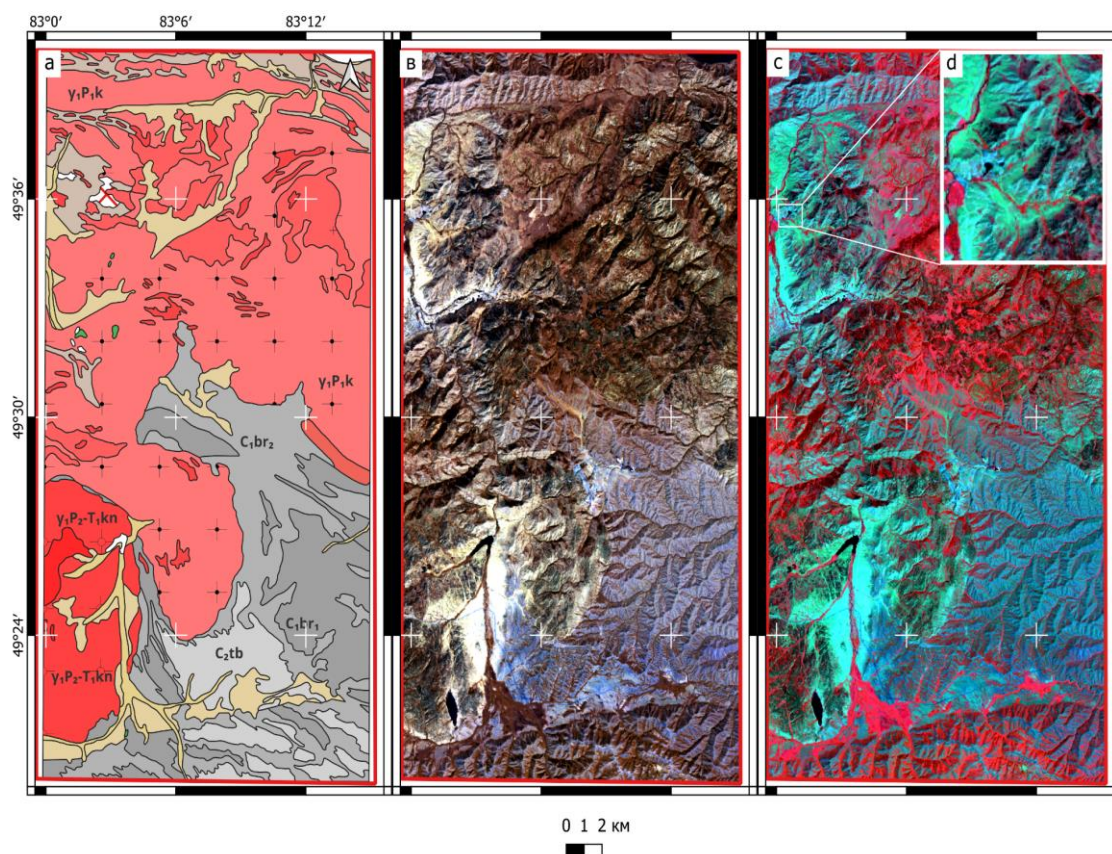
ГАЗ-дың үстелдік нұсқасы жасалғаннан кейін деректер веб-ГАЗ жүйесіне жүктеледі. Веб-ГАЗ-ды пайдалану деректер базасының ашықтығы мен пайдаланушылардың кең ауқымына қолжетімділігі мәселесін шешеді, өйткені ол интернет желісінде жұмыс істейтін геоақпараттық жүйе және «Rich Internet Application» (RIA) санатындағы қосымша болып табылады. Бұл әзірленген веб-ГАЗ-дың ГАЗ үстелдік нұсқасындағыдай деректерді қарау және өңдеу мүмкіндіктеріне ие екенін білдіреді. Веб-браузерде пайдаланушылар қажетті деректерді көріп алады, деректерді сақтау мен есептеу веб-сервис қызметтерін ұсынатын компанияның серверінде жүзеге асырылады.

ЖҚЗ деректерін талдау және интерпретациялау. Landsat-8 және Sentinel-2 ғарыштық суреттер RGB арналарының комбинациясы және арналар қатынасы (band ratio) технологиялары негізінде өңделді. Өңдеу барысында бұрыннан белгілі геологиялық комбинациялар мен индекстер қолданылды. Өңдеуден кейін ЖҚЗ деректері жалған түсті композициялар түрінде растрлық форматта веб-ГАЗ жүйесіне жүктелді.

Ғарыштық суреттерді интерпретациялау нәтижесінде өңделген кескіндерде геологиялық нысандар мен бірліктердің шекаралары анық көрінеді. Landsat-8 ғарыштық суреттері үшін 6-7-4 RGB арналарының комбинациясын қолдану нәтижесінде геологиялық нысандар шығу тегі бойынша айқын ажыратылады (3-а-сурет). Интрузиялық кешендер қоңыр түспен, ал шөгінді жыныстар мен төрттік шөгінділер тиісінше сұр-көк және ақ-сары түстермен бейнеленген.

Mia және Fujimitsu авторларының пікірінше (Sabins, 1999), 5-7-3 арналарының комбинациясы қолданылған Landsat-8 жалған түсті кескіні тау жыныстарының гидротермалдық өзгеру үдерісін анықтауға мүмкіндік береді (3-с-сурет). Бұл кескінде граниттер негізінен жасыл түспен бейнеленген. Сонымен қатар «Юбилейное» шахтасының маңындағы пиксельдердің өзгеше, көгілдір түске (RGB коды — 30, 195, 255) ие екені көзбен шолу арқылы байқалады. Бұл гидротермалдық өзгерістердің белгісі болуы мүмкін (3-d-сурет) (Cardoso-Fernandes et. al, 2019).

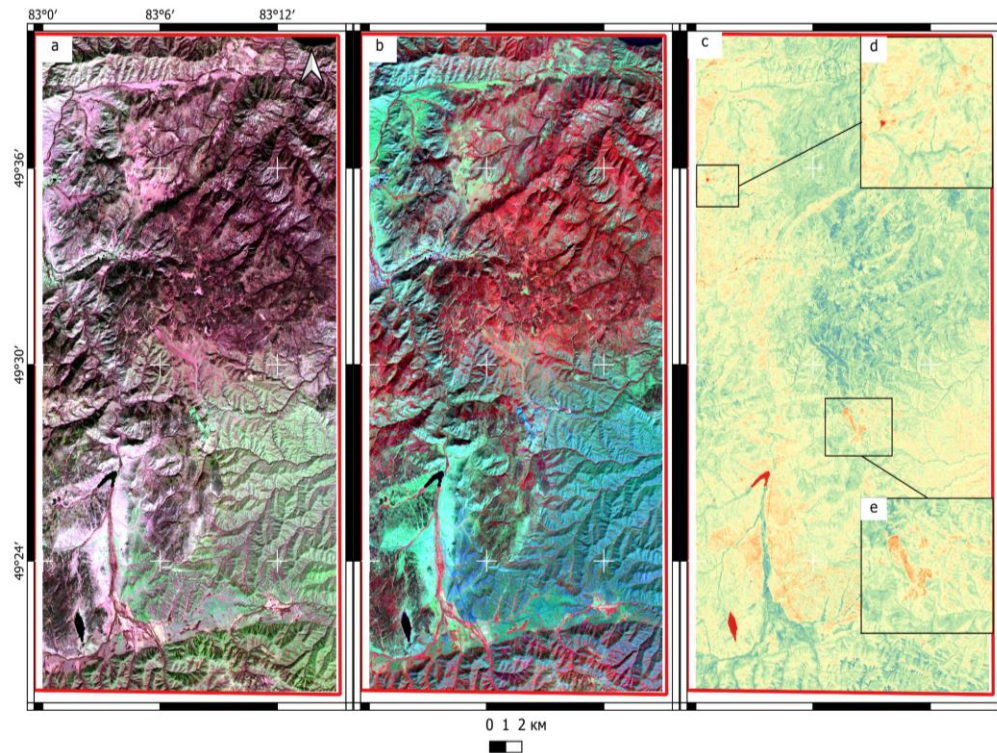
Sentinel-2 ғарыштық суреттерінде де әртүрлі арналар комбинациялары мен индекстер сынақтан өткізілді. 11-4-12 RGB арналарының комбинациясы шөгінді (жасыл түсті) және интрузиялық (күлгін түсті) жыныстар арасындағы айқын литологиялық контрастты көрсетті (4-а-сурет). 8-12-3 арналарының комбинациясы Landsat-8 ғарыштық суретінің 5-7-3 комбинациясына ұқсас нәтиже алынды (4-b-сурет).



3-сурет. Геологиялық карта және Landsat-8 суреттері: а) геологиялық карта (1:50 000); б) 6-7-4 RGB арналарының комбинациясы қолданылған Landsat-8 суреті; в) 5-7-3 RGB арналарының комбинациясы қолданылған Landsat-8 суреті; д) «Юбилейное» шахтасы мен оның маңындағы аумақтың 5-7-3 арналары комбинациясындағы фрагменті
Ескерту – авторлармен әзірленген

Sentinel-2 суретінің 11-арнасының 12-арнаға қатынасын қолдану кезінде қызығушылық тудыратын нәтижелер алынды (4-с-сурет). Sabins ұсынған гидротермалдық өзгерген жыныстарды анықтауға арналған бұл индекс (Sabins, 1999) екі SWIR арнасының қатынасын есептегеннен кейін мәндері жоғары пиксельдерді анықтауға негізделген. Индексті қолдану нәтижелері спектрлік градиентке түрлендірілгеннен кейін сирек металдар өндірілген, қазіргі уақытта консервацияланған «Юбилейное» және «Белогорское» шахталарының маңынан қызғылт сары түсті пиксельдерді байқауға болады (4-d және 4-e-суреттер). Қою қызыл түсті пиксельдер су нысандарын бейнелейді. Алайда басқа жыныстардың да осы түспен бейнеленуі спектрлік шатасуға әкеледі.

Қашықтықтан зондау деректерін өңдеудің келесі кезеңі пегматиттердің спектрлік ерекшеліктерін анықтау және интерпретациялау болды. Атап айтқанда, альбит пегматиттерінде колумбит, касситерит, танталит және т.б. сияқты минералдардың құрамына кіретін сирек элементтер шоғырланған.



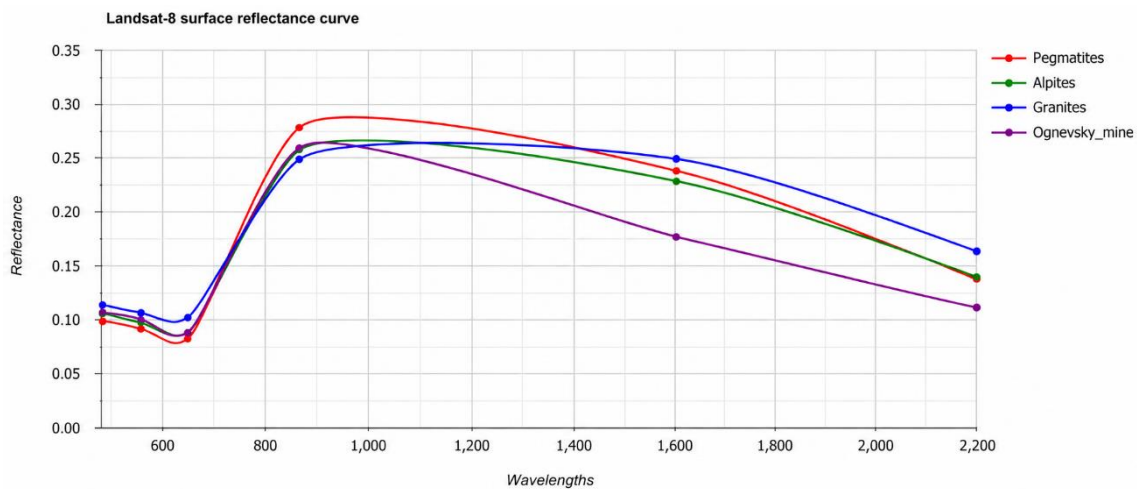
4-сурет. Sentinel-2 түсірілімдері: а) 11-4-12 RGB арналарының комбинациясы қолданылған Sentinel-2 түсірілімі; б) 8-12-3 RGB арналарының комбинациясы қолданылған Sentinel-2 түсірілімі; в) Sentinel-2 түсірілімінің 11/12 арналарының қатынасы; д) «Юбилейное» шахтасы мен оның маңындағы аумақтың 11/12 арналары қатынасының фрагменті; е) «Белогорское» шахтасы мен оның маңындағы аумақтың 11/12 арналары қатынасының фрагменті

Ескерту – авторлармен әзірленген

Пегматит желілерінің жер бетіне шыққан бөліктерінің спектрлік сипаттамаларын анықтау және олардың басқа тау жыныстарынан (граниттер, аплиттер) айырмашылықтарын анықтау үшін жіктеу жұмыстары жүргізілді. Бұл үдеріс сипатты нүктелерді (feature) іріктеуді және олардың негізінде спектрлік қисықтарды құруды қамтиды. Геологиялық карталар мен Landsat-8 және Sentinel-2A суреттерін төсеніш ретінде пайдалану арқылы тау жыныстарының жер бетіне шыққан бөліктерінен бақылау нүктелері таңдалды. Пиксельдерді іріктеу және олардың спектрлік қисықтарын кейіннен анықтау Google Earth Engine платформасында орындалды. Деректер төрт геологиялық класс бойынша жиналды: пегматиттер, граниттер, аплиттер және бұрынғы «Отневская» ашық кенішінің аумағынан алынған үлгілер. Анықталған деректер негізінде тау жыныстарының әртүрлі типтерінің әртүрлі толқын ұзындықтарындағы шағылыстыру қасиеттерін көрсететін сызықтық графиктер құрылды.

Landsat-8 деректері негізінде құрылған спектрлік қисықтарды талдау пегматиттер мен аплиттердің көрінетін спектр диапазонында граниттермен және басқа геологиялық нысандармен салыстырғанда шағылыстыру қабілетінің төмен екенін көрсетті. Дегенмен пегматиттер, инфрақызыл сәулелерді, әсіресе Landsat-8 деректеріндегі 5-арнаға сәйкес келетін 865–870 нм диапазонында жақсы шағылыстырады (5-сурет). Пегматиттердің негізін альбит, кварц және мусковит құрайтыны белгілі. Осыған байланысты 2200 нм толқын ұзындығында жұтылу байқалады деген болжам жасалынды, өйткені құрамында гидроксил топтары бар альбит пен мусковит осы диапазонда төмен шағылысу қабілетіне ие. Алайда,

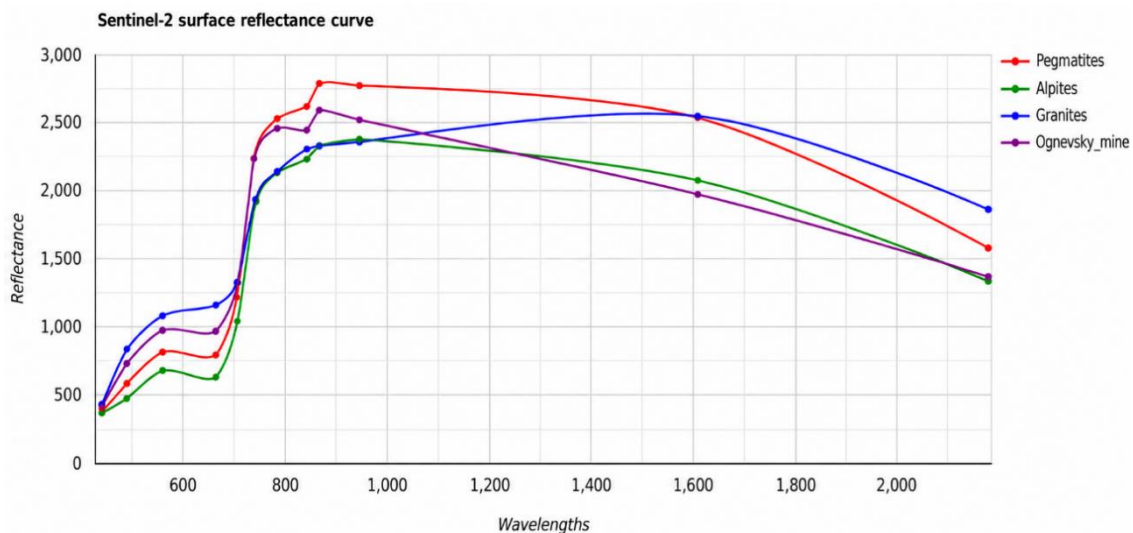
басқа жыныстар да ұқсас сипаттамаларды көрсеткендіктен, бұл ерекшелік пегматиттің спектрлік қисығын жекелейтін фактор болып табылмады.



5-сурет. Landsat-8 кескініне негізделген тау жыныстарының спектрлік қисықтары
Ескерту – авторлармен әзірленген

Аталған тау жыныстарының спектрлік белгілері бір-бірінен ерекшеленгенімен, жалпы алғанда олардың өзгеру сипаты ұқсас. Сондықтан пегматиттерді анықтау үшін 5-7-3 және 5-6-4 RGB арналарының комбинацияларын, сонымен бірге 5/4 және 5/3 арналар қатынасын (band ratio) пайдалануға болады деп тұжырым жасауға болады.

Sentinel-2 деректері бойынша құрылған спектрлік сипаттамалар графигінен, пегматиттердің 9-арнаға сәйкес келетін 945 нм толқын ұзындығында айтарлықтай жоғары шағылысатынын көруге болады (6-сурет). Сонымен қатар графикте 8А, 8, 7 және 6-арналарда пегматиттің спектрлік қисығы басқа жыныстардың спектрлік қисықтарынан жоғары орналасқаны көрсетілген. Демек, пегматиттерді анықтау үшін 8-12-3 және 9-12-4 RGB арналарының комбинацияларын, сондай-ақ 9/2 арналар қатынасын қолдану орынды.



6-сурет. Sentinel-2A суретіне негізделген тау жыныстарының спектрлік қисықтары
Ескерту – авторлармен әзірленген

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл мақалада Асубұлақ кенді алаңының егжей-тегжейлі және Қалба–Нарын кенді белдеуінің шолулық деректері негізінде геологиялық деректер базасын құру және GISORMEK геопорталын әзірлеу тұжырымдамасы ұсынылған. Әртүрлі геологиялық карталармен, бұрын дайындалған есептер және картографиялық материалдар негізінде жасалынып, кейіннен қашықтықтан зондтаудың жаңа деректерімен, оларды цифрлық өңдеу нәтижелерімен толықтырылды. SRTM деректері негізінде зерттеу аумағының жер бедерінің цифрлық моделі жасалынды. Оны алдағы уақытта рудалық жарықшақ сызықтарының тығыздығын есептеу негізінде линеаменттік талдау жүргізу үшін пайдалануға болады. Ғарыштық деректерді талдау және интерпретациялау нәтижесінде кен орындары мен шахталар орналасқан аудандарда аномалиялық пиксельдер анықталды. Бұл тау жыныстарының гидротермалдық өзгергенін немесе құрамында сирек металдар бар минералдардың тікелей спектрлік әсерін көрсетуі мүмкін.

Жалпы алғанда, зерттеу GISORMEK геопорталының геологиялық, геофизикалық және қашықтықтан зондтау деректерін біріктіруге арналған тиімді іске асыру құралы екенін және Қалба–Нарын металлогениялық белдеуіндегі сирек металл кен орындарын барлау үшін негіз бола алатынын көрсетті. Жобаны одан әрі дамыту, деректер базасын кеңейтуді, спектррадиометриялық зерттеулер нәтижелерін интеграциялауды және талдаудың жаңа әдістерін қолдануды қамтиды.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ: Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ: Бұл мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің BR24992854 «Шығыс Қазақстан облысының тау-кен металлургия өнеркәсібінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін бәсекеге қабілетті ғылыми негізделген технологияларды әзірлеу және енгізу» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жобасы аясында дайындалды.

ДЕРЕКТЕРДІҢ ҚОЛЖЕТІМДІЛІГІ ТУРАЛЫ МӘЛІМДЕМЕ: Осы техникалық зерттеудің нәтижелерін растайтын деректер негізделген сұрау салу бойынша жауапты автор тарапынан ұсынылуы мүмкін.

АЛҒЫС: Авторлар әріптестеріне әдістемелік қолдау және пайдалы талқылаулар үшін, сондай-ақ мақаланың сапасын жақсартуға ықпал еткен құнды ескертулер үшін анонимді рецензенттерге алғыс білдіреді.

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ ХАБАРЛАМА: Осы ғылыми мақаланы дайындау барысында авторлар мәтінді ішінара редакциялауға және бөлімдердің құрылымын нақтылауға көмектесу үшін OpenAI платформасындағы генеративті жасанды интеллект құралын — ChatGPT (GPT-4 моделі) қолданды. Ұсынылған барлық аи материалдары қолжазбаның соңғы нұсқасына енгізілмес бұрын авторлармен тексеріліп мақұлданды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Cardoso-Fernandes, J., Teodoro, A. C., & Lima, A. (2019). Remote sensing data in lithium (Li) exploration: A new approach for the detection of Li-bearing pegmatites. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 76, 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.11.001>
- CGIAR Consortium for Spatial Information. (n.d.). CGIAR Consortium for Spatial Information. CGIAR-CSI. <https://csidotinfo.wordpress.com/>
- Copernicus Data Space Ecosystem. (n.d.). Europe's eyes on Earth: Open access to Copernicus

- Sentinel data. European Union. <https://dataspace.copernicus.eu/>
- Dyachkov, B., Mizernaya, M., Kuzmina, O., Zimanovskaya, N., & Oitseva, T. (2018). Tectonics and metallogeny of East Kazakhstan. In Tectonics—Problems of regional settings. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72745>
- Dyachkov, B., Zimanovskaya, N., & Mataibayeva, I. (2013). Rare metal deposits of East Kazakhstan: Geologic position and prognostic criteria. Open Journal of Geology, 3(7). <https://doi.org/10.4236/ojg.2013.37046>
- Harris, J. R., Lemkow, D., Jefferson, C., et al. (2008). Mineral potential modelling for the Greater Nahanni ecosystem using GIS-based analytical methods. Natural Resources Research, 17, 51–78. <https://doi.org/10.1007/s11053-008-9069-6>
- Khromykh, S. V., Oitseva, T. A., Kotler, P. D., D'yachkov, B. A., Smirnov, S. Z., Travin, A. V., Vladimirov, A. G., Sokolova, E. N., Kuzmina, O. N., Mizernaya, M. A., et al. (2020). Rare-metal pegmatite deposits of the Kalba region, Eastern Kazakhstan: Age, composition and petrogenetic implications. Minerals, 10(11), 1017. <https://doi.org/10.3390/min10111017>
- Marjoribanks, R. (2010). Geophysical and geochemical methods. In Geological methods in mineral exploration and mining. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74375-0_9
- McKinsey & Company. (2023). 2023 ESG report. <https://www.mckinsey.com/about-us/social-responsibility/esg-report-overview>
- Mia, B., & Fujimitsu, Y. (2012). Mapping hydrothermal altered mineral deposits using Landsat 7 ETM+ image in and around Kuju Volcano, Kyushu, Japan. Journal of Earth System Science, 121, 1049–1057. <https://doi.org/10.1007/s12040-012-0211-9>
- Oitseva, T. A., Dyachkov, B. A., Vladimirov, A. G., Kuzmina, O. N., & Ageeva, O. V. (2017). New data on the substantial composition of Kalba rare metal deposits. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 110, 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/110/1/012018>
- OneGeology. (n.d.). Providing geoscience data globally. <https://portal.onegeology.org/OnegeologyGlobal/>
- Sabins, F. F. (1999). Remote sensing for mineral exploration. Ore Geology Reviews, 14, 157–183. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(99\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(99)00007-4)
- Saraf, A. K., Mishra, P., Mitra, S., Sarma, B., & Mukhopadhyay, D. K. (2002). Remote sensing and GIS technologies for improvements in geological structures interpretation and mapping. International Journal of Remote Sensing, 23, 2527–2536. <https://doi.org/10.1080/01431160110070311>
- U.S. Geological Survey. (n.d.-a). EarthExplorer: Access to satellite and aerial imagery, elevation, and land-cover data. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- U.S. Geological Survey. (n.d.-b). Mineral resources online spatial data. <https://mrdata.usgs.gov/general/map-global.html>
- U.S. Geological Survey. (n.d.-c). What is a geographic information system (GIS)? Retrieved October 17, 2024, from <https://www.usgs.gov/faqs/what-geographic-information-system-gis>
- Zaalishvili, V. B., Kanukov, A. S., & Fidarova, M. I. (2020). GIS-technologies in geophysical information databases processing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 913, 052050. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/913/5/052050>
- Zhou, W. (2021). GIS for Earth sciences. In D. Alderton & S. A. Elias (Eds.), Encyclopedia of geology (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00018-7>
- ChatGPT. (2026). Ғылыми мақала мәтінін нақтылау және редакциялау [Үлкен тілдік модель]. OpenAI. <https://chat.openai.com> // ChatGPT. (2026). Gylymi makala matinin naktylau zhane redaktsiyalau [Clarification and editing of the scientific text of the article] [Large language model]. OpenAI. <https://chat.openai.com> (In Kazakh.)

- Бекишев, Е.Т. (2025). Қалба-Нарым кен белдеуінің сирек кездесетін металл кен орындарының дерекқорын құру. Қазақстанның тау-кен журналы, 9, 33–40. // Bekishev, E.T. (2025). Qalba-Narym ken beldeuinin sirek kezdesetin metall ken oryndarynyn derekqoryn quru [Creation of a database of rare-metal deposits of the Kalba-Narym ore belt]. Qazaqstannyn tau-ken zhurnaly [Mining Journal of Kazakhstan], 9, 33–40. (In Kazakh.)
- Бекишев, Е. Т. (2026). Қалба-Нарым кен белдеуінің сирек металды кен орындарының ГАЗЖ деректер базасын құру [Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация, 8D07201 – Геология және пайдалы қазба кен орнын барлау]. Өскемен. 122 б. <https://www.ektu.kz/files/research/DissertationCouncil/Bekishev/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%91%D0%B5%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2-%D0%95.%D0%A2..pdf> // Bekishev, E. T. (2026). Qalba-Narym ken beldeuinin sirek metaldy ken oryndarynyn GAZh derekter bazasyn quru [Creation of a GIS database of rare-metal deposits of the Kalba-Narym ore belt] [PhD dissertation, 8D07201 – Geology and exploration of mineral deposits]. Oskemen. 122 p. <https://www.ektu.kz/files/research/DissertationCouncil/Bekishev/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%91%D0%B5%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2-%D0%95.%D0%A2..pdf> (In Kazakh.)
- Комитет геологии Республики Казахстан. (б.д.). Интерактивная карта недропользования Республики Казахстан. Министерство индустрии и строительства Республики Казахстан. <https://gis.geology.gov.kz/portal/apps/webappviewer/index.html?id=ef1f588363844f7cb1f646e05558da32> // Komitet geologii Respubliki Kazakhstan. (n.d.). Interaktivnaya karta nedropol'zovaniya Respubliki Kazakhstan [Interactive map of subsoil use of the Republic of Kazakhstan]. Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan. <https://gis.geology.gov.kz/portal/apps/webappviewer/index.html?id=ef1f588363844f7cb1f646e05558da32> (In Russ.)
- ҚазКСР Геология министрлігі; Шығыс Қазақстан аумақтық геологиялық басқармасы; Өскемен геологиялық барлау экспедициясы. (1977). Белогорск өндірістік мамандандырылған кәсіпорнының 1974–1977 жж. есеп беру материалы. Өскемен: ҚазКСР Геология министрлігі. // QazKSR Geologiya ministrligi; Shygys Qazaqstan aumaqtyq geologiyalyq basqarmasy; Oskemen geologiyalyq barlau ekspeditsiyasy. (1977). Belogorsk ondiristik mamandandyrylgan kasipornynyn 1974–1977 zhzh. esep беру materialy [Reporting materials of the Belogorsk specialized industrial enterprise for 1974–1977]. Oskemen: Ministry of Geology of the Kazakh SSR. (In Kazakh.)
- ҚазКСР Ғылым академиясы; Қ. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институтының Алтай филиалы; Алтын және сирек металдар түзілімдері зертханасы. (1987). Белогорск тау-кен байыту комбинатымен 1984–1987 жж. орындалған келісімшарттық жұмыстар нәтижелері туралы есеп. Өскемен: ҚазКСР Ғылым академиясы. // QazKSR Gylym akademiya; Q. I. Satbaev atyndagy Geologiyalyq gylymdar institutynyn Altai filialy; Altyn zhane sirek metalдар tuzilimderi zertkhanasy. (1987). Belogorsk tau-ken baiytu kombinatymen 1984–1987 zhzh. oryndalghan kelisimsharttyq zhumystar natizheleri turaly esep [Report on the results of contractual work performed with the Belogorsk Mining and Processing Plant in 1984–1987]. Oskemen: Academy of Sciences of the Kazakh SSR. (In Kazakh.)
- Қазақстан Республикасы Үкіметі. (2022). Қазақстан Республикасының геология саласын 2023–2027 жылдарға дамыту тұжырымдамасын бекіту туралы: 2022 жылғы 30 желтоқсандағы № 1127 қаулы. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P22000001127> // Qazaqstan Respublikasy Ukimeti. (2022). Qazaqstan Respublikasynyn geologiya salasyn 2023–2027 zhyldarga damytu tuzhyrymdamasyn bekitu turaly: 2022 zhylygy 30 zheltoqsandagy №

1127 qaulы [On approval of the Concept for the development of the geology sector of the Republic of Kazakhstan for 2023–2027: Resolution No. 1127 dated December 30, 2022]. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2200001127> (In Kazakh.)

Қазақстан Республикасының Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі; Геология және жер қойнауын пайдалану комитеті; «Шығыс Қазақстан аймақаралық геология және жер қойнауын пайдалану департаменті» мемлекеттік мекемесі (ММ «Востказнедра»); «Топаз» Геологиялық барлау компаниясы» ЖШС. (2012). 1:200 000 масштабтағы мемлекеттік геологиялық картаның (ГҚК-200) Зайсан сериясы парақтарының легендасын құрастыру туралы есеп (2010–2012 жж. геологиялық түсіру материалдары бойынша). Өскемен: Қазақстан Республикасының Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі. // Qazaqstan Respublikasynyn Industriya zhane zhana tekhnologiyalar ministrligi; Geologiya zhane zher qoinauyn paidalanu komiteti; “Shygyys Qazaqstan aimaqaralyq geologiya zhane zher qoinauyn paidalanu departamenti” memlekettik mekemesi; “Topaz” geologiyalyq barlau kompaniyasy. (2012). 1:200 000 masshtabtagy memlekettik geologiyalyq kartanyn (GQK-200) Zaisan seriyasy paraqtarynyn legendasyn qurastyru turaly esep (2010–2012 zhzh. geologiyalyq tusiru materialdary boiynsha) [Report on compiling the legend for the Zaisan-series sheets of the State Geological Map at a scale of 1:200,000, based on geological survey materials from 2010–2012]. Oskemen. (In Kazakh.)

Қазақстан Республикасының Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі; Геология және жер қойнауын қорғау комитеті; «Топаз» АҚ. (2003). 1:200 000 масштабтағы Зырян кен ауданын (М-44-XXIV, М-45-XIX парақтары) қайта геологиялық зерттеу нәтижелері бойынша есеп (2001–2003 жж.). Өскемен: Қазақстан Республикасының Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі. // Qazaqstan Respublikasynyn Energetika zhane mineraldyq resurstary ministrligi; Geologiya zhane zher qoinauyn qorgau komiteti; “Topaz” AQ. (2003). 1:200 000 masshtabtagy Zyryan ken audanyn (M-44-XXIV, M-45-XIX paraqtary) qaita geologiyalyq zertteu natizheleri boiynsha esep (2001–2003 zhzh.) [Report on the results of repeated geological study of the Zyryan ore district at a scale of 1:200,000 (sheets M-44-XXIV and M-45-XIX), 2001–2003]. Oskemen. (In Kazakh.)

Ткачев, А.В., Булов, С.В., Рундквист, Д.В., Похно, С.А., Вишневецкая, Н.А., & Никонов, Р.А. (2010). Веб-ГИС «Крупнейшие месторождения мира». Геоинформатика, 1, 47–59. // Tkachev, A.V., Bulov, S.V., Rundkvist, D.V., Pokhno, S.A., Vishnevskaya, N. A., & Nikonov, R. A. (2010). Veb-GIS «Krupneyshie mestorozhdeniya mira» [Web GIS “Largest deposits of the world”]. Geoinformatika, 1, 47–59. (In Russ.)

Ужкенов, Б.С. (1997). Методические основы создания банка геологической, геофизической и геохимической информации о недрах и недропользовании на примере Республики Казахстан [Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, специальность 04.00.12 – Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых]. Москва. 27 с. // Uzhkenov, B.S. (1997). Metodicheskie osnovy sozdaniya banka geologicheskoy, geofizicheskoy i geokhimicheskoy informatsii o nedrakh i nedropol'zovanii na primere Respubliki Kazakhstan [Methodological foundations for creating a database of geological, geophysical, and geochemical information on subsoil and subsoil use using the Republic of Kazakhstan as an example] [Abstract of Candidate of Technical Sciences dissertation, specialty 04.00.12 – Geophysical methods for prospecting and exploration of mineral deposits]. Moscow. 27 p. (In Russ.)

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Рахымбердина Маржан Есенбековна – PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан
Рахымбердина Маржан Есенбековна – доктор PhD, ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан
Rakhymberdina Marzhan Yessenbekovna – PhD, Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan
e-mail: MRakhymberdina@edu.ektu.kz,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2196-6512>



Бекишев Еркебулан Темирханович – PhD докторы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан
Бекишев Еркебулан Темирханович – доктор PhD, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан
Bekishev Yerkebulan Temirkhanovich – Postdoctoral Researcher, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan
e-mail: YBekishev@edu.ektu.kz,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6608-193X>



Капасов Азамат Кайсарович – магистр, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан
Капасов Азамат Кайсарович – магистр, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан
Kapasov Azamat Kaysarovich – master, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan
e-mail: AKapasov@edu.ektu.kz,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7996-8804>



Тогузова Маржан Мельсовна – PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан
Тогузова Маржан Мельсовна – доктор PhD, ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан
Toguzova Marzhan Melsovna – PhD, Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan
e-mail: MToguzova@edu.ektu.kz,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7395-6060>



Апшикур Байтак – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

Апшикур Байтак – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Восточно-Казakhstanский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

Apshikur Baitak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

e-mail: BApshikur@edu.ektu.kz,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2103-9513>



Levin Evgueny – PhD докторы, Мехарри атындағы қолданбалы есептеу ғылымдары мектебі, Нэшвилл қ., Теннесси, АҚШ

Levin Evgueny – доктор PhD, профессор Школа прикладных вычислительных наук имени Мехарри, г. Нэшвилл, Теннесси, США

Levin Evgueny – PhD, Proffesor of Meharry School of Applied Computational Sciences, Nashville, Tennessee, USA

e-mail: elevin@mtu.edu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8127-3208>
