

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, geportal.

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.

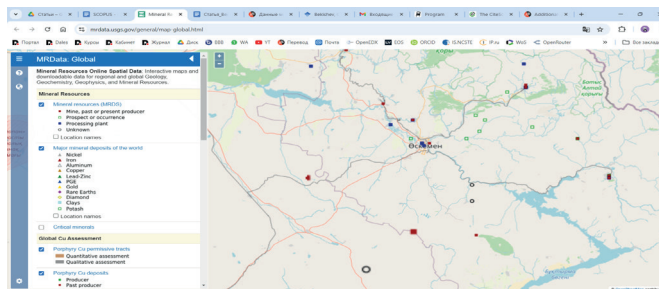
Кіріспе

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 Geoport) Словак Геопорталы туралы айтуға болады. Ол ЕуроОдақтың қолдауымен және INSPIRE директивасы негізінде орындалған [2]. Геопортал кең картографиялық материалдың алуан түрін ұсынады.

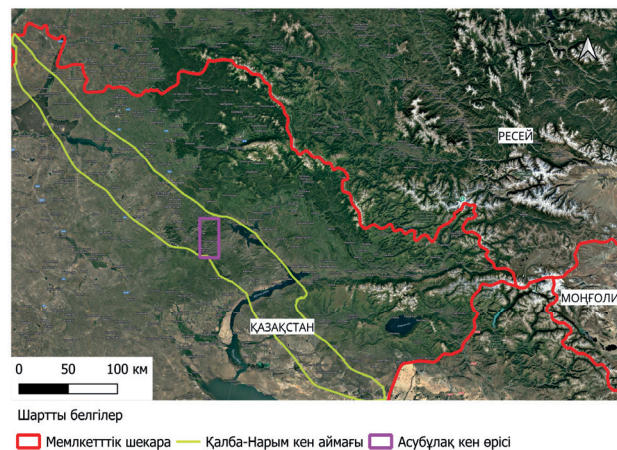
Қазақстан Республикасында геология және тау-кен ісі бойынша ауқымды шамадағы геологиялық есептер мен графикалық қосымшаларды сандық түрге айналдырып, сақтау және реттеу – ұзақ жылдардан бергі көкейтесті мәселе. «Қазақстан Республикасындағы геологиялық барлау жұмыстарының 2015–2019 жылдарға арналған бағдарламасында» 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

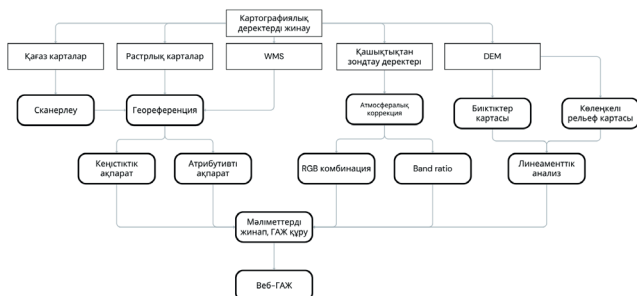
WMS түрінде импортталынды. WMS қызметін Карпинский атындағы университет ұсынған. Сонымен қатар, қосымша ақпарат Навозов О.В. құрастырған «Зайсан парақтарының геологиялық картасынан» алынды.

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 descreeening 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

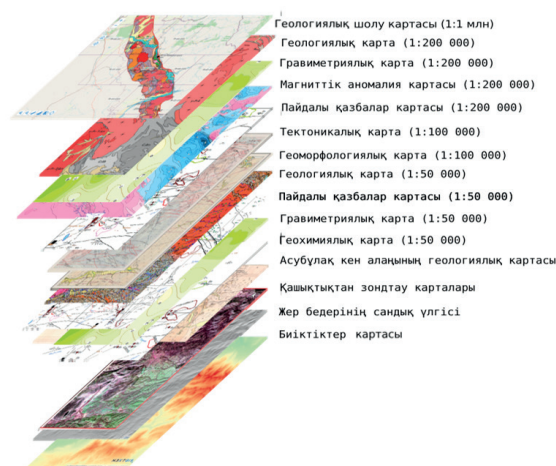
Таңдалған каналдар олардың спектралдық сипаттамаларына және геологиялық нысандарды ажыратудағы тиімділігіне байланысты негізделген. Мысалы, 2-5-7 (Landsat-8) және 2-8-12 (Sentinel-2) – бұл комбинациялар темір тотығуы мен саз минералдарына тән спектралдық белгілерді анықтауға мүмкіндік береді, себебі 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:

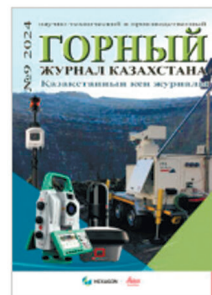
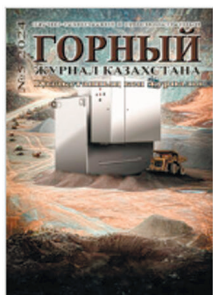
Бекишев Е.Т., докторант по образовательной программе 8D07201 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых, Школа наук о Земле, ВКТУ им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

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