

Точка кен орнындағы (ШҚО) ашымдардың және топырақтың спектрлік шағылысу қабілетін анықтау арқылы алдын ала барлау жүргізу үшін қашықтықтан зондтау деректерін қолдану

¹ФРОЛОВА Ольга Вячеславовна, PhD, инженер-геолог, geolog1984@mail.ru,

²ОХОТЕНКО Андрей Иванович, техник, ukvktu@yandex.ru,

²ЗИМАНОВСКАЯ Наталья Александровна, PhD, қауымдастырылған профессор, nata_zim@mail.ru,

^{2*}МАТАЙБАЕВА Индира Едылевна, PhD, қауымдастырылған профессор, indi.mataybaeva@mail.ru,

¹«Алтай» Шығыс Қазақстан өңірлік технопаркі» ЖШС, Қазақстан, Өскемен, Д. Серикбаев көшесі, 37,

²«Д. Серикбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жерді қашықтықтан зерттеу әдістерін қолдану және Sentinel-2 спутниктік аппараты алған спутниктік суреттерді пайдалану мысалында геологиялық ауытқуларды (объектілерді) анықтау және далалық жұмыстарды жүргізудің неғұрлым дәл жоспарын жасау үшін бастапқы геологиялық барлау жүргізу мүмкіндігі қарастырылған. Зерттелетін ауданның геологиялық және геохимиялық сипаттамасы ұсынылған. Жерді мультиспектрлі қашықтықтан зондтау арқылы алынған деректерді түсіндіру және талдау жүргізілді. Құрамында литий бар пегматиттердің спектрлік қолтаңбаларын, сондай-ақ осы пегматит денелерімен байланысты өзгерістер ореолдарын анықтау үшін белгілі қашықтықтан зондтау алгоритмдерін анықтауға қабілетті инновациялық әдістеме ұсынылған. Кейбір минералдардың шағылысуы мен сіңуінің негізгі спектрлік толқын ұзындығын анықтау әдістемесі сипатталған. Осы әдісті қолдана отырып, геологиялық барлау жүргізу уақыты және геологиялық барлау жұмыстарын жүргізуге және пайдаланылатын техникалық құралдардың амортизациясына қаржылық шығындар едәуір қысқарады. Сондай-ақ, осы әдіснаманы жетілдіру жоспарлануда.

Кілт сөздер: қашықтықтан зондтау әдістері, спутниктік суреттер, геологиялық барлау, сирек металды кендеу.

Кіріспе

Жерді мультиспектрлі қашықтықтан зондтау адамның көзге көрінбейтін спектрлеріне, жақын инфрақызыл және қысқа толқынды инфрақызыл суреттерге қол жеткізуді қамтиды. Мультиспектрлік түсірілім әр түрлі салаларда кең қолданысқа ие және картографияда, атмосфераны зерттеуде, ауыл шаруашылығы мен орман шаруашылығында, экологияда, пайдалы қазбаларды барлауда қолданылады.

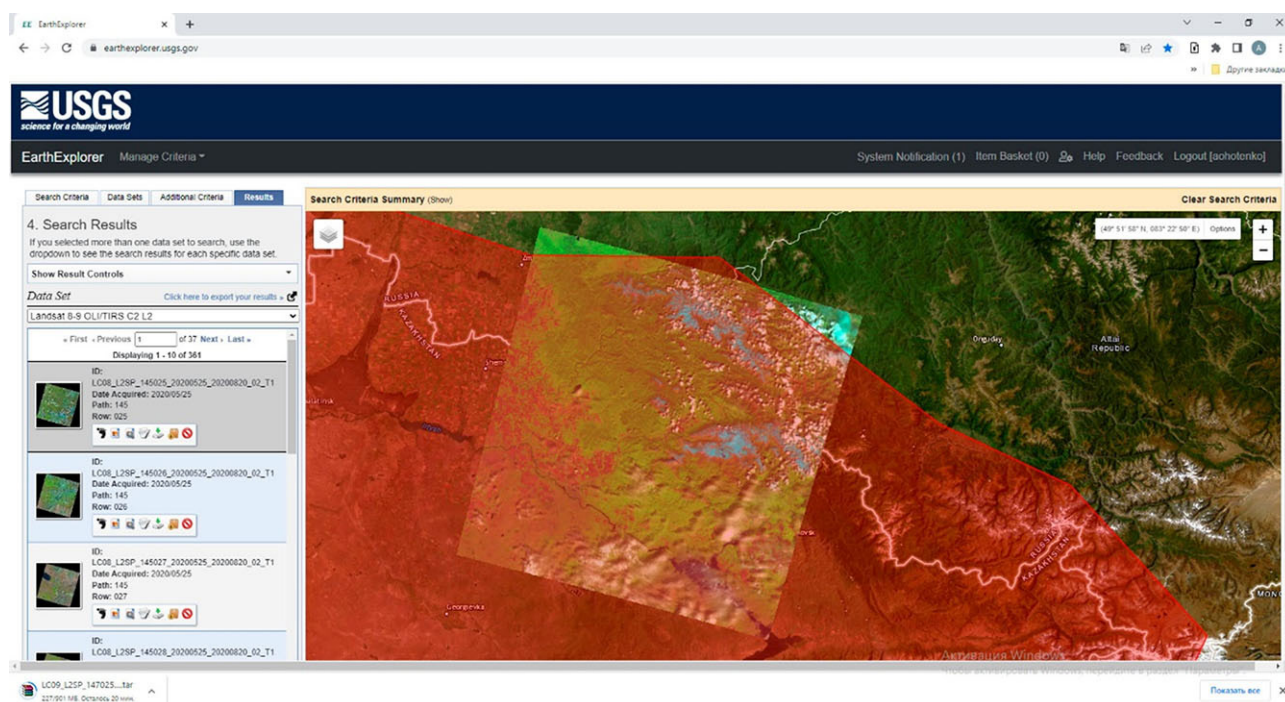
Жерді мультиспектрлі қашықтықтан зондтау арқылы алынған деректерді түсіндіру және талдау оңай, өйткені әр түрлі материалдар мен геологиялық түзілімдер әр түрлі толқын ұзындықтарындағы сәулелерді әр түрлі шағылыстырады және сіңіреді.

Мультиспектрлік датчиктер бір бақылауда бес немесе одан да көп спектрлік диапазондардың деректерін жинайды, алынған мәліметтерде әр пик-

сельде спектрдің жеке үлгісі болады және кейбір толқын диапазондарында бір пиксельге 4-тен 20-ға дейінгі нүктелер болуы мүмкін, бұл зерттелетін аумақта қажетті материалдар мен геологиялық түзілімдерді тиімді және дәл анықтауға мүмкіндік береді (1-сурет).

Зерттеу әдістері

Соңғы жылдардағы зерттеулер көрсеткендей, кунуш кешенінің плагииграниттері – бұл коллизиялық геодинамикалық жағдайда қалыптасқан және Батыс Қалба аймағында алтын кену объектілерімен, ал Қалба-Нарымда сирек металл кендерінің қабаттасқан түрімен (Ta, Nb, Be, Sn, Li, W) сүйемелденетін Қалба аймағының магматизм схемасындағы гранитоидтардың ерекше тобы. Плагииграниттерге (%-да) № 8-35 (59-62) плагииклазан және кварцтан (26-28) тұратын сұр түсті орташа түйіршікті біркелкі түйіршікті биотит



1-сурет – Спутниктік суреттер кітапханасымен интернет-ресурсы [1]

жыныстары, калий дала шпаты (2-4), биотит (6,5) және акцессориялар – 0,3-0,6 (амфибол, апатит, циркон, арсенопирит және т.б.) жатады. Олар сілтілердің натрий ерекшелігімен ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 4$), плюмазиттік апаиттігімен ($\text{Ca} = 0,89$) және жоғары негізділікпен сипатталады. Геохимиялық тұрғыдан оларда Cu , Pb , Zn құрамы жоғарылайды, Au , Ag , Pd , Sb салмақ мәндері анықталады. Күміс галенитте (6,3 г/т), монацитте (1,6 г/т) және грейзенделген кварцта (37,31 г/т) микро деңгейде бекітілген, ал платина апатитте (4,17-13,84) және сферосидеритте (2,31 г/т) орнатылған. Плагииграниттерде Sn мөлшері (11,43 г/т), сирек сілтілердің қосындысы ($\Sigma \text{Li} + \text{Rb} + \text{Cs} = 275,5$ г/т), бұл қалба кешенінің I фазасының граниттерімен салыстырғанда 2 есе аз. Құрамында Sr жоғары болғаны (686-815 г/т дейін) және изотоптық зерттеулер бойынша плагииграниттер қабықты-мантия тектес гранитоидтардың ерекше адакит түріне жатады [2].

Кен өрісі плагииграниттердегі баспалдақ желілерінің тіркесімі бар интрузивті сызықтық құрылымдық-морфологиялық типке жатады (А.В. Тупицын, 1989). Өріс шегінде бір-бірінің астында тік қимада орналасқан солтүстік-батыс бағыттағы үш пегматит свитасы (байламы) ерекшеленеді: Шығыс свитасы (ілулі жағы), орталық (осьтік) және Батыс (жатқан). Кенді бақылау мәні кен көрінісін 380 м көлденең ауысу амплитудасы бар Солтүстік және Оңтүстік тектоникалық блоктарға бөлетін ендік бағыттағы жарылымдардың Орталық аймағына беріледі.

Орталық свита ең перспективалы болып табылады, негізінен альбит-сподумен пегматиттерінен тұрады, жалпы қалыңдығы шамамен 23 м болатын жақын желілердің екі шоғырын құрайды. Әр

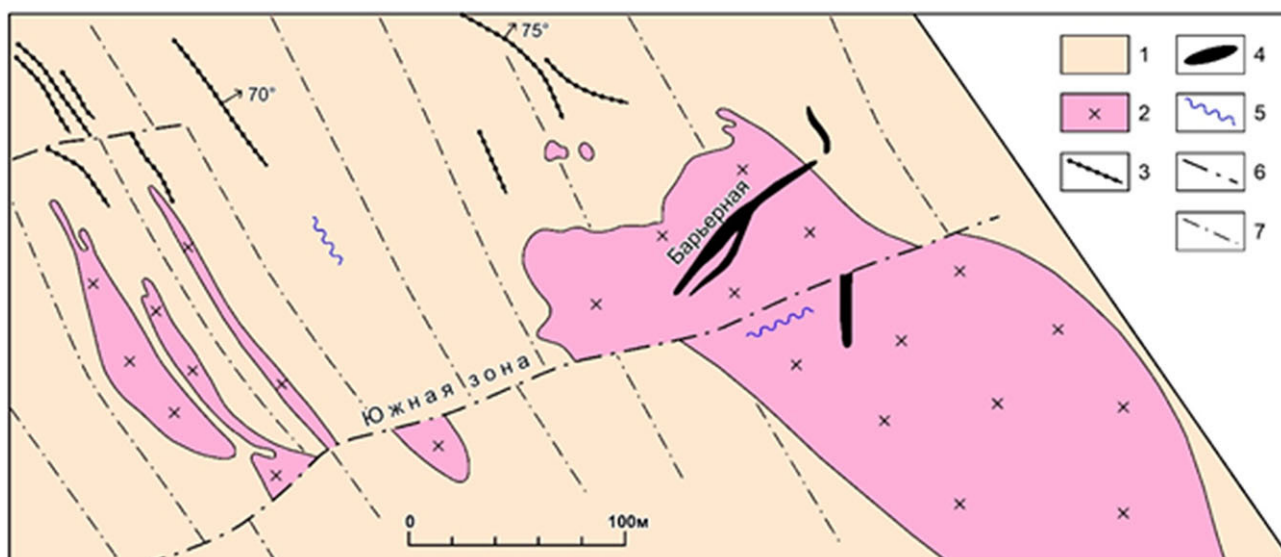
байлам ұзындығы 170-200 м болатын 3-5 жақын денелерден тұрады және біртұтас кен денесі ретінде қарастырылады. Кенді пегматит желілердің жер бетінде ашылады (желілер 13, 14 және т.б.). Олар әдетте желілердің ішкі бөліктерімен шектелген сподумен кристалдарының ұя тәрізді жиыны (мөлшері 1 м-ден асады) атап өтіледі. Бұрғылау жұмыстарының нәтижелері бойынша өнімді альбит-сподумен минералдануы біркелкі емес таралуымен сипатталады, 200-300 м немесе одан да көп тереңдікке дейін байқалады, желілердегі Li_2O мөлшері 1%-дан асады.

Зерттеу нәтижелері Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ «VERITAS» және «ВНИИцветемет» (Өскемен қ.) зертханаларымен сондай-ақ Точка кен орнының пегматиттерінде литийдің жоғары құрамын растады. №13 штудфты сынамаларда Li мөлшері 0,62-ден 1,43%-ға дейін өзгереді (6 сынама бойынша орташа – 0,98%). № 203 – Li қарығыдан алынған сынамаларда 1,60%.

Кен өрісінің оңтүстік-шығыс қапталындағы плагииграниттердің шағын массивінде бекітілген солтүстік-шығыс кеңеюінің баспалдақ түріндегі Барьерная желісі ерекше қызығушылық тудырады (2-сурет).

Бойлық бағытта оның ішкі бөлігінде Li концентрациясы 0,22-ден 0,79%-ға дейін (8 талдау бойынша орташа – 0,35%) жоғарылаған альбит-сподумен пегматиттерінің ұзартылған аймағы байқалады.

Сирек элементтердің құрамы (Ta , Nb , Be , Li , Sn , W) кларк деңгейінде немесе одан төмен. Молибден үшін кларк үстіндегі мәндері анықталады (кесте). Микро деңгейде плагииграниттерде циркон, апатит және монацит қосындылары



1 – тақыр свитасының жұқа қабатты құмтас-алевролиттік шөгінділері (D_3); 2 – орташа түйіршікті биотиттік плагиограниттер және 3 – плагиограниттердің, кунуш кешенінің гранодиорит-порфирлерінің дайкалары (C_3); 4 – альбит-сподумен пегматиттерінің желілері; 5 – кварц желісі; 6 – Оңтүстік жарылымдар аймағы; 7 – шөгінді жыныстардағы құрылымдық сызықтар

2-сурет – Точка кен орнының оңтүстік бөлігінің геологиялық құрылымының сызбасы (А.В. Түпицын материалдары бойынша)

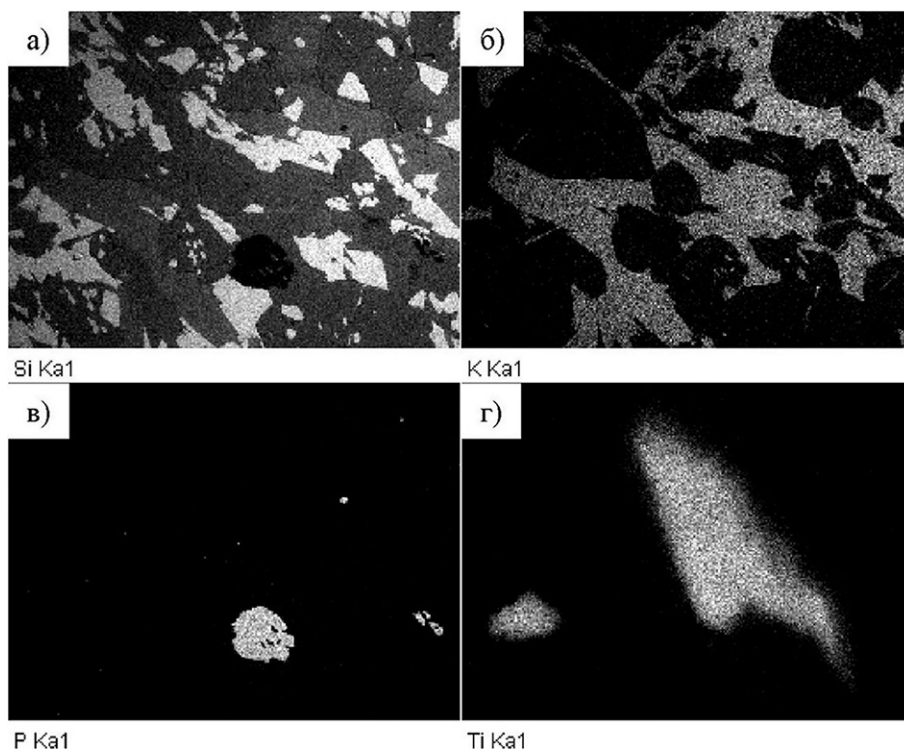
Точка кен орнындағы жыныстардағы сирек элементтердің құрамы (г/т)											
№	№ сынама	Тау жыныс	Ta	Nb	Be	Li	Rb	Cs	Sn	W	Mo
1	ТО-5	Мусковиттелген мүйізтас	0,51	11,14	0,66	14,59	103,50	7,04	0,77	0,15	9,20
2	ТО-6	Мусковиттелген мүйізтас	0,45	9,39	1,26	14,29	98,50	7,42	1,03	0,21	8,04
3	ТО-15	Мусковиттелген мүйізтас	2,93	39,25	16,34	407,45	1354,50	369,42	40,83	1,01	7,41
4	T-2a	Кварц-мусковит-турмалдік мүйізтас	9,02	26,70	45,30	3130,00	961,00	308,60	101,40	2,08	1,98
5	T-3a	Пегматит тас тамырлары бар мүйізтас	32,26	56,90	58,20	1362,00	608,00	128,50	129,90	4,14	1,78
6	T-3	Слюдалы мүйізтас	23,35	66,20	6,29	390,95	1285,00	458,82	52,84	1,15	1,50
7	T-4	Плагиогранит	0,33	1,94	0,63	10,16	43,77	9,89	1,92	0,08	6,66
8	ТО-38	Хлориттік плагиогранит	0,13	2,07	2,51	61,70	23,05	2,85	3,23	0,04	7,31
9	T-8	Плагиогранит	0,57	0,81	1,33	413,00	41,20	22,19	9,57	0,75	1,37
10	ТО-7	Ұсақ қабыршақты мусковитпен плагиогранит-пердшир	0,29	2,25	1,89	54,35	51,20	20,68	2,87	0,30	7,51

Ескерту: ICP-MS талдау нәтижелері. Талдаушы С.Н. Полежаев

анықталған [3].

ICP-MS мәліметтері бойынша альбит-сподумен пегматиттерінің литийдің жоғарылауы анықталды. Оларда Li құрамы 1378-ден 17 800 г/т-ға дейін өзгереді, бұл өткен жылдардағы жұмыс бойынша талдау нәтижелерін растайды. Сондай-ақ, пегматит желілерінде немесе олардың экзоконтактілі аймақтарында ксенолиттер түрін-

де бекітілген мусковиттелген мүйізтастардың литиймен байытылуы анықталды. Мүйізтастағы Li мөлшері 407,45-1362 г/т құрайды, бұл өткен жылдардағы іздеу нәтижелеріне сәйкес келеді. Мүйізтастардың литиймен байытылуы оларда кварцтың метасоматикалық ұялары мен литий мусковиттерінің дамуымен түсіндіріледі және де РЭМ-суретінде бекітілген (3-сурет) [4].



а – кварцтың метасоматикалық түйірлері және б – мусковит қабыршақтары;
в – апатит пен г – ильмениттің микроқосылыстары

3-сурет – Кварц-мусковит-турмалиндік мүйізтастардағы минералдардың РЭМ-суреттері

Ғылыми нәтижелер

Суреттерді сандық өңдеу және түсіндіру үшін Sentinel-2 мультиспектрлі суреттері пайдаланылды, өйткені олардың спектрлік диапазоны геологиялық барлау мақсаттары үшін ең қолайлы. Бұл белгілі бір жолақтың спектрлік диапазондарымен қамтылуы керек жақын инфрақызыл (NIR) және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) сіңіру минералдарының маңызды қасиеттеріне байланысты. Атап айтқанда, бұлт жамылғысы 10%-дан аз суреттер жүктелді. Жақсы нәтижеге қол жеткізу үшін өсімдік жамылғысы аз суреттер ғана қарастырылды.

Sentinel жолақтары басқа датчиктерге қарағанда жақсы кеңістіктік ажыратымдылыққа ие (10 және 20 м), бұл кішігірім пегматиттерді жақсы анықтау үшін өте маңызды.

Біз пайдаланатын деректер, Sentinel-2 спутниктерінен алынған пиксельге 10 метр ажыратымдылықта тегін және еркін географиялық ақпараттық жүйені бөлісу арқылы QGIS және LANDviewer бұл әдісті үнемді етеді.

Дәстүрлі емес типтегі (Точка кен орны) аумақта Sentinel-2 мультиспектрлі спутниктік суреттерінде геологиялық компоненттерді анықтау мүмкіндігін қарастырамыз. Спутниктік мультиспектрлік суреттерді алу және өңдеу үшін біз Landviewer On-Line бағдарламалық платформасын қолданамыз (4-сурет) [5]. Бұл платформа белгілі бір спектрлердің атмосфералық бұрмалануы мен сіңуін автоматты түрде түзетуді қамтамасыз

етеді.

Осыған сүйене отырып, біз минералдардың шағылысуы мен сіңуінің негізгі спектрлік толқын ұзындығын анықтаймыз: плагиоклаз – шағылысу спектрі 0,62 мкм; кварц – 0,6 мкм; калий дала шпаты – 2,2 мкм-ге дейін күшті сіңіру.

Кешенде пегматиттердің құрамына кіретін барлық үш минерал шағылысу-сіңіру қабілетін көрсетеді (5-сурет).

Қолданылатын B8A – Red Edge 8, B11 – shortwave Infrared 1, B04 – Red спектрлік фильтрлері. Нәтижесінде пегматиттердің шығуы көк түске ие болады және бетінде анықталады.

Урбанизацияланған аудандар мен ауылшаруашылық алқаптары да 5,а-суретте байқалғандай жоғары шағылысады және қызыл және сары түстермен белгіленеді. Литийлі альбит-сподумен пегматиттерінің белгілі учаскелері 5,б-суретте көк түспен көрсетілген.

Қорытындылар

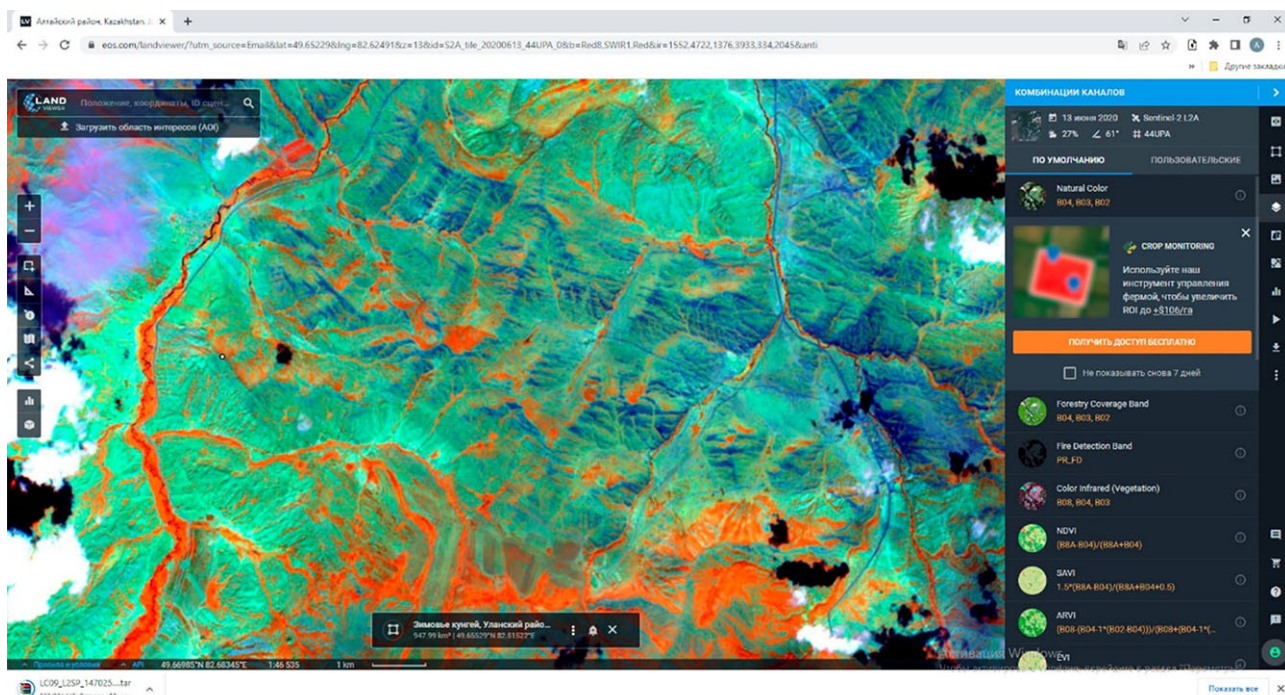
Бұл зерттеуде біз құрамында литий бар пегматиттердің спектрлік қолтаңбаларын анықтауға қабілетті инновациялық әдістемені, сондай-ақ осы пегматит денелерімен байланысты өзгерістер ореолдарын анықтау үшін белгілі қашықтықтан зондтау алгоритмдерін ұсындық. Ол үшін Sentinel-2 суреттері қолданылды.

Бұл әдісті қолдана отырып, құрамында литий бар пегматиттерді қашықтықтан зондтау арқылы анықтауға үлкен мүмкіндік бар.

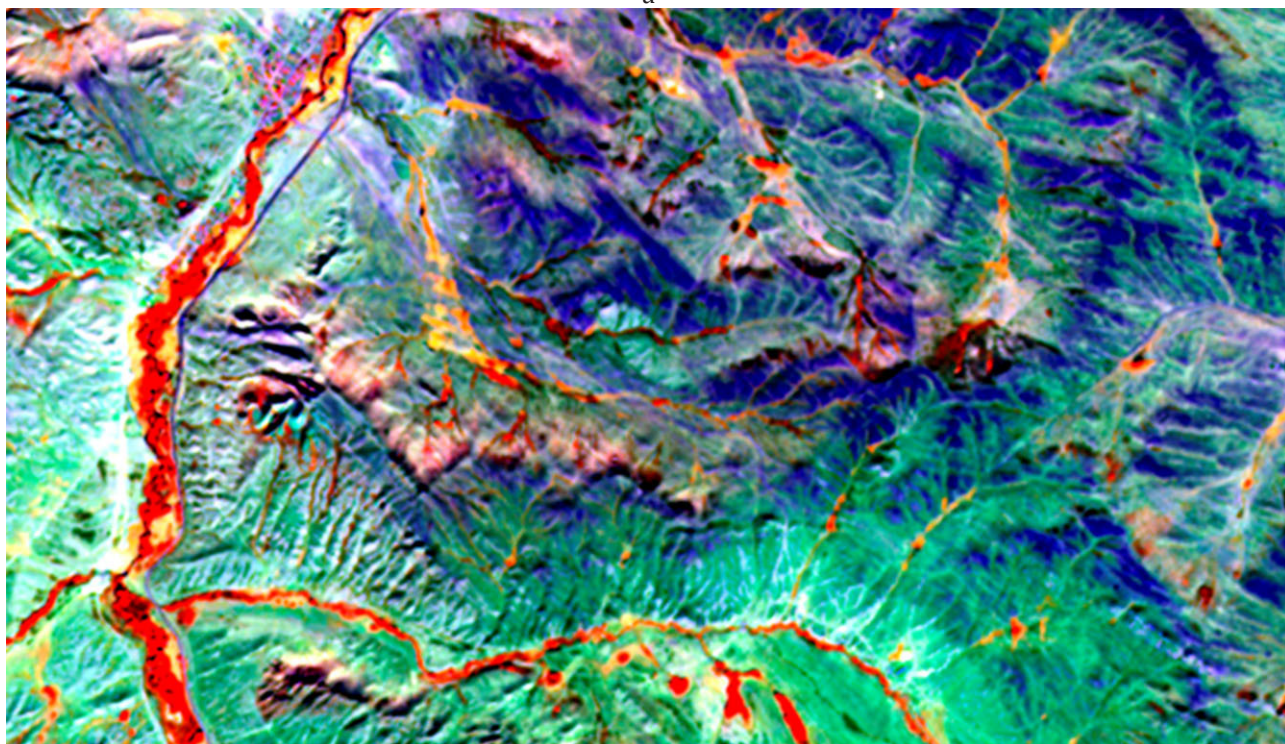
Болашақта ұсынылған әдістемені жақсарту үшін спектрлік араластыру және кескінді жіктеу алгоритмдері сияқты басқа қашықтықтан зондау әдістерін тексеруге болады. Сыналған алгоритмдердің тиімділігін арттыру үшін құрамында литий бар басқа пегматиттерді оқшаулау үшін кеңістіктік және спектрлік ажыратымдылығы

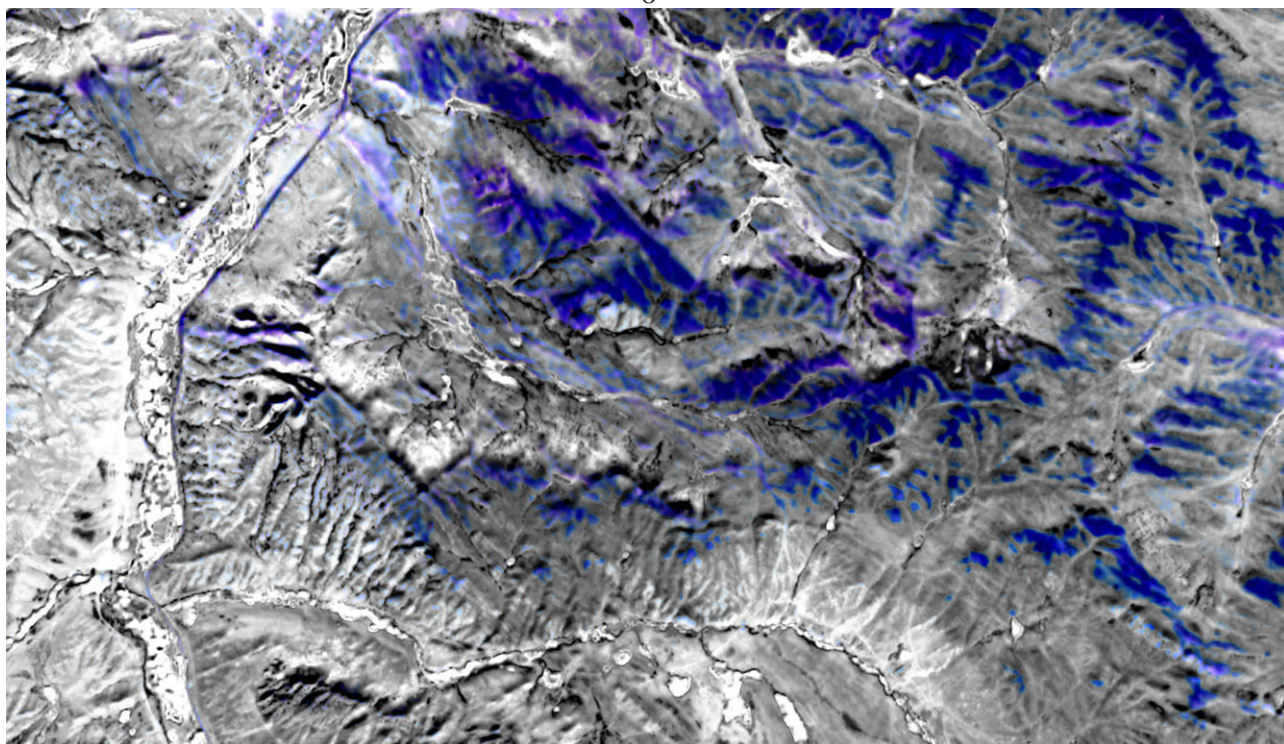
жақсы датчиктер қолданылады.

Мақала AP14870280 «Геологиялық барлаудың тиімділігін арттыру мақсатында сирек металды кен орындарын іздеу және тау-кен өнеркәсібі кешені объектілерінің мониторингі үшін қашықтықтан әдістерді қолдану технологиясын әзірлеу» жоба аясында дайындалды.



4-сурет – LANDviewer On-Line платформасы





5-сурет – Фильтрлерді қолдану нәтижесі B8A, B11, B04, LANDviewer
(көк түспен – түбірлі тау жыныстарының шығуы) [6]

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. https://eos.com/landviewer/?utm_source=Email&lat=49.65913&lng=82.55616&z=14&id=S2B_tile_20220919_44UPA_0&b=Red8,SWIR1,Red&ir=2524,3641,2811,4531,1616,2493&anti
2. Куйбида М.Л., Крук Н.Н., Владимиров А.Г., Полянский Н.В., Николаева И.В. U-Pb-изотопный возраст, состав и источники плагиогранитов Калбинского хребта (Восточный Казахстан) // Доклады РАН. – 2009. – Т. 424, № 1. – Б. 84-88. ISSN: 0869-5652.
3. Закономерности формирования, критерии прогнозирования и оценка перспектив нетрадиционных типов олово-тантал-литиевого оруденения с целью укрепления минерально-сырьевой базы редких металлов (Восточный Казахстан): Отчет о НИР / ВКТУ: рук. Зимановская Н.А. – Усть-Каменогорск, 2022. – 116 б. (AP08052371-OT-22)
4. Zimanovskaya N.A., Oitseva T.A., Khromykh S.V., Travin A.V., Bissatova A.Y., Annikova I.Yu., Aitbayeva S.S. Geology, Mineralogy, and Age of Li-bearing Pegmatites: Case Study of Tochka Deposit (East Kazakhstan). Minerals 2022, 12 (12), 1478. – Pp. 1-17. <https://doi.org/10.3390/min12121478>
5. <https://eos.com/landviewer/>
6. https://eos.com/landviewer/?utm_source=Email&lat=49.65913&lng=82.55616&z=14&id=S2B_tile_20220919_44UPA_0&b=Red8,SWIR1,Red&ir=2524,3641,2811,4531,1616,2493&anti

Применение данных дистанционного зондирования для проведения предварительной разведки с помощью определения спектральной отражательной способности обнажений и почв на месторождении Точка (ВКО)

¹ФРОЛОВА Ольга Вячеславовна, PhD, инженер-геолог, geolog1984@mail.ru,

²ОХОТЕНКО Андрей Иванович, техник, ukvktu@yandex.ru,

²ЗИМАНОВСКАЯ Наталья Александровна, PhD, ассоциированный профессор, nata_zim@mail.ru,

²*МАТАЙБАЕВА Индира Едылевна, PhD, ассоциированный профессор, indi.mataybaeva@mail.ru,

¹ТОО «Восточно-Казахстанский Региональный технопарк «Алтай», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. Д. Серикбаева, 37,

²НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

*автор-корреспондент.

Аннотация. На примере применения дистанционных методов исследования Земли и использования спутниковых снимков, полученных спутниковым аппаратом Sentinel-2, рассмотрена возможность проведения

первичной геологической разведки для выявления геологических аномалий (объектов) и составления более точного плана проведения полевых работ. Представлена геологическая и геохимическая характеристика исследуемого района. Проведена интерпретация и анализ данных, полученных с помощью мультиспектрального дистанционного зондирования земли. Представлена инновационная методология, способная обнаруживать спектральные сигнатуры пегматитов, содержащих литий, а также хорошо известные алгоритмы дистанционного зондирования для выявления ореолов изменений, связанных с этими пегматитовыми телами. Расписана методика выявления основных спектральных длин волн отражения и поглощения некоторых минералов. Показано, что с применением этой методики значительно сокращаются время проведения геологоразведки, финансовые затраты на проведение геологоразведочных работ и амортизация используемых технических средств. А также планируется усовершенствование данной методологии.

Ключевые слова: дистанционные методы, спутниковые снимки, геологическая разведка, редкометальное оруденение.

Application of Remote Sensing Data for Preliminary Exploration by Determining the Spectral Reflectivity of Outcrops and Soils at the Tochka Deposit (EKR)

¹**FROLOVA Olga**, PhD, Geologist Engineer, geolog1984@mail.ru,

²**OKHOTENKO Andrey**, Technician, ukvktu@yandex.ru,

²**ZIMANOVSKAYA Natalia**, PhD, Associate Professor, nata_zim@mail.ru,

^{2*}**MATAIBAYEVA Indira**, PhD, Associate Professor, indi.mataybaeva@mail.ru,

¹«East Kazakhstan Regional Technopark «Altai» LLP, Kazakhstan, Oskemen, D. Serikbayev Street, 37,

²NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», Kazakhstan, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

*corresponding author.

Abstract. Using the example of remote methods of Earth exploration and the use of satellite images obtained by the Sentinel-2 satellite apparatus, the possibility of conducting primary geological exploration to identify geological anomalies (objects) and drawing up a more accurate plan for fieldwork is considered. The geological and geochemical characteristics of the studied area are presented. Interpretation and analysis of the data obtained using multispectral remote sensing of the earth has been carried out. An innovative methodology capable of detecting spectral signatures of lithium-containing pegmatites is presented, as well as well-known remote sensing algorithms for detecting halos of changes associated with these pegmatite bodies. The method of identifying the main spectral wavelengths of reflection and absorption of some minerals is described. It is shown that with the use of this technique, the time of geological exploration is significantly reduced and the financial costs of conducting geological exploration and depreciation of the technical means used are significantly reduced. And also, it is planned to improve this methodology.

Keywords: remote methods, satellite images, geological exploration, rare metal mineralization.

REFERENCES

1. https://eos.com/landviewer/?utm_source=Email&lat=49.65913&lng=82.55616&z=14&id=S2B_tile_20220919_44UPA_0&b=Red8,SWIR1,Red&ir=2524,3641,2811,4531,1616,2493&anti
2. Kuibida M.L., Kruk N.N., Vladimirov A.G., Polyansky N.V., Nikolaeva I.V. U-Pb-izotopnui vozrast, sostav i istochniki plagiogranitov Kalbinskogo hrebta (Vostochnui Kazakhstan) // Doklady RAN. – 2009. – T. 424, no. 1. – Pp. 84-88. ISSN: 0869-5652.
3. Zakonomernosti formirovaniya, kriterii prognozirovaniya i ocenka ptrspektiv netradicionnuh tipov olovo-tantal-litievogo orudneniya s cel'yu ukrepleniya mineral'no-sur'evoi bazy redkih metallov (Vostochnui Kazakhstan): Otchet o NIR / VKTU: ryk. Zimanovskaya N.A. – Ust'-Kamenogorsk, 2022. – 116 p. (AR08052371-OT-22)
4. Zimanovskaya N.A., Oitseva T.A., Khromykh S.V., Travin A.V., Bissatova A.Y., Annikova I.Yu., Aitbayeva S.S. Geology, Mineralogy, and Age of Li-bearing Pegmatites: Case Study of Tochka Deposit (East Kazakhstan). Minerals 2022, 12 (12), 1478. – Pp. 1-17. <https://doi.org/10.3390/min12121478>
5. <https://eos.com/landviewer/>
6. https://eos.com/landviewer/?utm_source=Email&lat=49.65913&lng=82.55616&z=14&id=S2B_tile_20220919_44UPA_0&b=Red8,SWIR1,Red&ir=2524,3641,2811,4531,1616,2493&anti