

Д.Н. Талгарбаев^{1*}, Э. Серикбаева¹,
Н.К. Сыдык¹, Э.О. Орынбасарова²

¹ Ионосфера институты, Алматы, Қазақстан

² Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: turebekova.d.n@gmail.com

ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ ДЕРЕКТЕРІНІҢ КЕШЕНДІ ЖИЫНТЫҒЫН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ҚОЛДАР МАССИВІНІҢ МИНЕРАЛДЫҚ ПОТЕНЦИАЛДЫ КАРТАСЫН ТҰРҒЫЗУ

Ұсынылған кешенді әдістеде Қолдар гранитоидтық интрузиясының перспективалы аймақтарын анықтау әдістемесі ұсынылды, бұл әдіс геофизикалық өрістерді қолдану арқылы, өзгерістер (альтерация) аймақтарын бөлуді және спутниктік деректер негізінде зерттелетін аумақтың бөлшектенуін біріктіретін кешенді тәсілді қамтиды. Пайдалы ақпарат алу және интерпретацияны жақсарту үшін геофизикалық өрістер толық көлденең еңіс фильтрін қолдану арқылы түрлендірілді. Пайдалы ақпаратты алу және интерпретацияны жақсарту үшін геофизикалық өрістер зерттелетін аумақтың геологиялық және құрылымдық ерекшеліктерін көрсете отырып, гравитация мен магнит өрістерінен аймақтық фондық мәнін алып тастайтын көлбеу сүзгінің толық көлденең туындысы арқылы түрлендірілді. ASTER оптикалық спутниктерінің спектрлік талдауының негізінде геологиядағы маңызды процесс болып табылатын өзгеріс аймақтары картаға түсірілді, өйткені олар алтын, мыс, күміс және т.б. минералдардың минералдануымен бірге жүреді. Линеаменттік талдау өткізгіштігі жоғары аймақтарды анықтауға мүмкіндік берді, бұл да кен түзілу факторларының бірі болып табылады. Жоғарыда сипатталған кешенді пайдалана отырып, географиялық ақпараттық жүйелерді қолдану арқылы пайдалы қазбалар перспективаларының картасы жасалды, ол екі үлкен аумақты анықтады, біріншісі Қолдар массивінің батыс бөлігінде, екіншісі массивтің солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан. Алынған картаның дәлділік талдауы бұрыннан белгілі кен орындарымен жүргізілді, бұл сәйкестіктің жоғары деңгейін көрсетті. Осылайша, әзірленген потенциалды минералдану картасы кенді пайдалы қазбаларды одан әрі барлау үшін учаскелерді таңдауда пайдалы нұсқаулық бола алады. Пайдалы қазбалардың өзгеру аймақтары мен перспективті кен орындары туралы алынған мәліметтер Қазақстанның әртүрлі аймақтарының перспективті учаскелерін бағалауға бағытталған болашақ зерттеулерде шешуші рөл атқарады. Бұл әдістер литологиялық белгілерді, құрылымдық линеаменттерді анықтау және өзгеру аймақтарын анықтау сияқты басқа геологиялық мәселелерді шешу үшін маңызды болады.

Түйін сөздер: геофизика, АҚЗ, мыс-порфир кен орындары, перспективті карта.

D. Talgarbaev^{1*}, E. Serikbaeva¹,
N. Sydyk¹, E. Orynbasarova²

¹ LLP Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

² Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: turebekova.d.n@gmail.com

Mapping of the mineral potential of the Koldar massif using a comprehensive set of geophysical and remote sensing data

A methodology was proposed to delineate prospective areas of the Koldar granitoid intrusion using an integrated approach that combines the use of geophysical fields, delineation of alteration zones and fragmentation of the study area using satellite data. To extract useful information and improve interpretation, the geophysical fields were transformed using a full horizontal derivative slope filter, which removed the regional background from the gravimetric and magnetic fields while highlighting the geological and structural features of the study area. Based on spectral analysis of ASTER optical satellites were mapped zones of alteration, which are an important process in geology as they accompany mineralization of minerals such as gold, copper, silver and others. Lineament analysis allowed to identify zones with increased permeability, which is also one of the factors of ore formation. With the help of the above described complex was generated with the help of geoinformation systems map of mineral pro-

spectivity, which highlighted two large areas, the first is located in the western part of the Koldar massif, and the second in the north-western part of the massif. The reliability of the obtained map was analyzed with already known ore deposits, which showed a high level of correspondence. Thus, the developed map of potential for mineralization can serve as a useful guide in selecting areas for further exploration for ore minerals. The resulting data on mineral alteration zones and potential deposits will play a key role in future studies aimed at evaluating the prospectivity of various regions of Kazakhstan. These techniques will be important for solving other geological problems such as determining lithologic features, structural lineaments and identifying alteration zones.

Key words: geophysics, remote sensing, copper porphyry deposits, prospectively map.

Д.Н. Талгарбаев^{1*}, Э.Б. Серикбаева¹,
Н.К. Сыдык¹, Э.О. Орынбасарова²

¹Институт ионосферы, Алматы, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: turebekova.d.n@gmail.com

Картографирование минерального потенциала Колдарского массива с использованием комплексного набора геофизических и дистанционных данных

Была предложена методика по выделению перспективных территорий Колдарской гранитоидной интрузии, используя комплексный подход, который сочетает в себе применение геофизических полей, выделение зон альтерации и раздробленность исследуемой территории по спутниковым данным. Для извлечения полезной информации и улучшения интерпретации геофизические поля были трансформированы с использованием фильтра полной горизонтальной производной наклона, которая позволила убрать региональный фон из гравиметрических и магнитных полей, подсвечивая при этом геологические и структурные особенности исследуемой территории. На основе спектрального анализа оптических спутников ASTER были картирование зоны альтерации, которые являются важным процессом в геологии, поскольку сопровождают минерализацию полезных ископаемых, таких как золото, медь, серебро и другие. Линеamentный анализ позволил выделить зоны с повышенной проницаемостью, что также является одним из факторов рудообразования. С помощью выше описанного комплекса была сгенерированная при помощи геоинформационных систем карта минеральной перспективности, которая выделила две большие области, первая находится в западной части Колдарского массива, а вторая в северо-западной части от массива. Анализ достоверности полученной карты проводилась с уже известными рудными месторождениями, который показал высокий уровень соответствия. Таким образом, разработанная карта потенциала для оруденения может служить полезным ориентиром при выборе участков для дальнейшей разведки рудных полезных ископаемых. Полученные данные о зонах минеральных изменений и потенциальных залежах будут играть ключевую роль в будущих исследованиях, направленных на оценку перспективности различных регионов Казахстана. Эти методы окажутся важными для решения других геологических задач, таких как определение литологических особенностей, структурных линеаментов и выявление зон изменений.

Ключевые слова: геофизика, ДЗЗ, медно-порфировые месторождения, карта перспективности.

Кіріспе

Тау-кен металлургия кешені Қазақстанның экономикалық әлеуетінің ең маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, халықтың жұмыспен қамтылу деңгейі, бюджетке түсетін кірістер мен тұтас аймақтардың өмірі оның тұрақты дамуына байланысты. Республиканың минералдық-шикізат кешені өндірісінің жалпы көлемі 60%-ға жуық көрсеткішпен бағаланады, кен өндіру мен металл өндіруді қамтитын түсті металлургияның үлесі барлық өнеркәсіп өндірісінің 15%-дан астамын құрайды. Мыс өнеркәсібі Қазақстандағы түсті металлургияның негізгі салаларының

бірі болып табылады. Қазіргі уақытта мыс кені өнеркәсібінің басты мәселесі – сенімді минералды-шикізат базасының жоқтығы. Жақын арада Жезқазған, Орловск, Ертіс, Николаев және басқалары сияқты негізгі кен орындарының қорларының сарқылуы республикадағы мыс өндірісінің құлдырауының нақты қаупіне айналуы мүмкін.

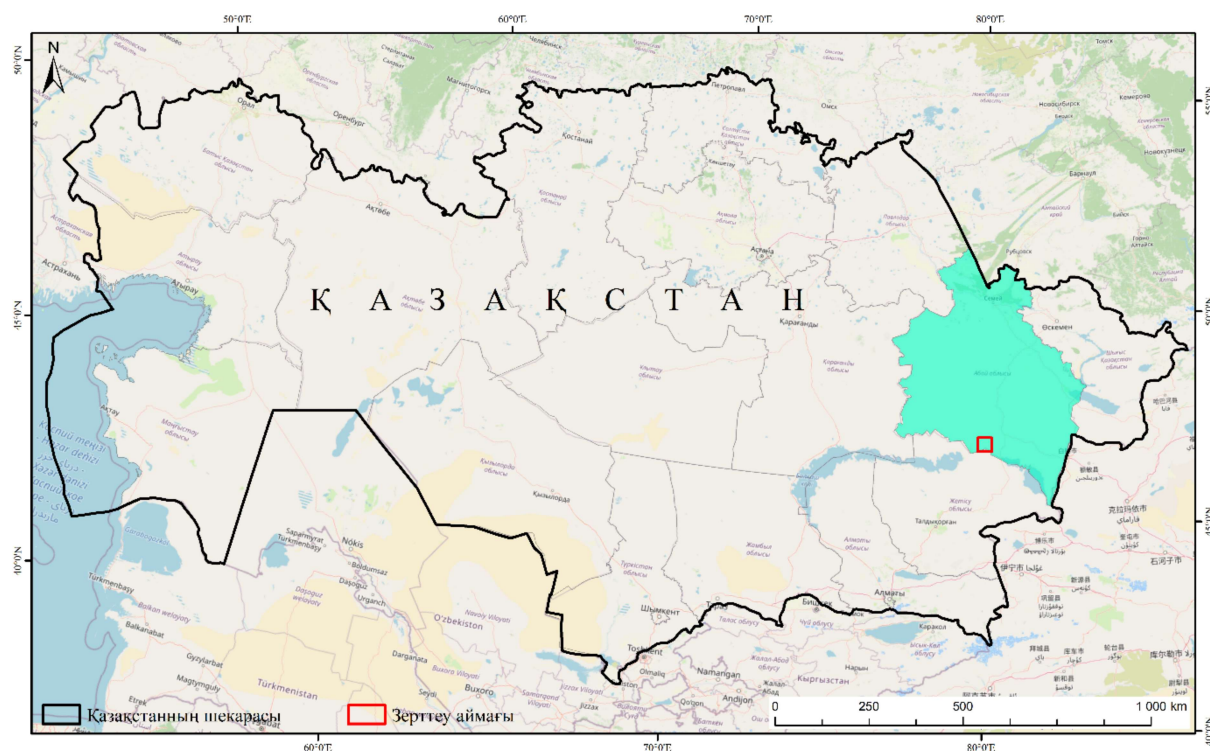
Қазақстандағы мыс өнеркәсібінің минералдық-шикізаттық базасы негізінен Кеңес өкіметі жылдарында дайындалды. Сондықтан минералдық-шикізаттық базаны кеңейту ақпаратты жинау мен өндеудің жаңа принциптерін пайдалануға негізделген заманауи әдістемелік тәсіл-

дерді әзірлеуді талап етеді. Геологиялық және геофизикалық мәліметтерді Жерді қашықтықтан зондтау деректерімен біріктіру кен орындарының ықтимал орналасуына неғұрлым тиімді болжау және барлау критерийлерін әзірлеуге мүмкіндік береді.

Барлау мен игерудің дәстүрлі әдістерінің жоғары құны үнемді және тиімді технологияларды қолдануды талап етеді. Ғарыштық әдістер геологияның маңызды құралына айналды, өйткені олар уақыт пен ресурстарды аз жұмсай отырып, үлкен аумақта ақпаратты алуға мүмкіндік береді. Бұл тұжырымды соңғы он жылдықта жүргізілген, соңғы жылдары қарқын алып келе жатқан көптеген зерттеулер растайды [1]. Мысалы, авторлар Eric Dominic Forson және т.б. гравиметриялық, магниттік және ғарыштық деректерді пайдалана отырып, Ганадағы перспективалық алтынның минералдану аймақтарының картасын жасады. Басқа зерттеу гидротермиялық өзгерістерді көрсету үшін ASTER термиялық өрістерін біріктірудің тиімді әдісін көрсетті және

алтынның минералдану аймақтарын анықтау үшін магниттік деректерді түрлендірді [2]. Nedal Q. және басқалары [3] құрғақ аймақтардағы пайдалы қазбаларды барлау үшін гравиметриялық және магниттік өлшемдермен қашықтықтан зондтау деректерін біріктіруді қарастырып, пайдалы қазбалардың кен орындарын анықтау үшін бірнеше деректер жиынтығын біріктіру мүмкіндігін атап өтті. Жұмыс [4] литологиялық картаға түсіру және өзгерістерді анықтау үшін гравитация, магниттік және ASTER деректерін біріктіруді талқылайды.

Қашықтықтан зондтау деректерін геологиялық барлау үдерістеріне біріктіру деректердің дәлдігін арттыру және өңдеу мен талдау уақытын қысқарту арқылы ғылыми және технологиялық қажеттіліктерді қанағаттандырады. Бұл технологиялар жер қойнауын барлау мен пайдаланудың барлық кезеңдерінде негізделген шешімдер қабылдауға көмектесе отырып, геологиялық жағдайды терең түсінуге мүмкіндік береді.



1-сурет – Зерттеу аймағына шолу картасы

Зерттеу матеариалдары мен тәсілдер

Мәліметтер. Пайдалы қазбалар әлеуетінің картасын құру үшін қашықтықтан зондтау және геофизикалық мәліметтер пайдаланылды. Құрылымдық және спектрлік талдау үшін қашықтықтан зондтау деректері пайдаланылды. Қолдар массивінің бөлшектенуін алу үшін ALOS-PALSAR FBS (жіңішке сәуленің жалғыз поляризациялық режимі, HH) RT1 (12,5 м пиксельдік қадаммен рельефті радиометриялық түзету) цифрлық биіктік моделі Аляска жерсеріктік қондырғысынан (<https://alaska.asf>) алынды. Спектрлік талдау 2004 жылғы 30 тамыздағы ASTER Level-1T (L1T) оптикалық кескіндерін пайдалану арқылы жүргізілді. Бұл күн кездейсоқ таңдалған жоқ, тапсырма ірі кен орындарын игеру басталғанға дейін қарсыз кезеңде бұлтсыз кескінді таңдау болды. Геофизикалық мәліметтерге магниттік және гравитациялық мәліметтер жатады. Магниттік мәліметтер Қазақстанның республикалық геологиялық қорынан алынды (<https://e.geology.kz/Referat/>). 1978 жылғы Оңтүстік Қазақстан геофизикалық экспедициясының материалдары негізінде құрастырылған Бақанас синклинийінің 1:200 000 масштабтағы изосызықтары (ΔT_a) бойындағы аномальді магнит өрісінің орташа картасы пайдаланыл-

ды [5]. Қолданылған гравиметриялық деректер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің (грант №BR21882366) қаржылық қолдауымен жоба аясында алынған, 2.67 Буге аномалиясының деректері болды [6].

Құрылымдық талдау. Сандық рельеф моделінен кенді бақылайтын құрылымдарды дұрыс анықтау үшін оған (Hillshade) әдісін қолдану қажет [7-9]. Бұл әдіс таулар, аңғарлар, төбелер және басқа географиялық нысандар сияқты құрауыштарды ерекшелеп, ландшафттың пішіні мен құрылымын жақсырақ қабылдау үшін қолданылады. (Hillshade) 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° және 315° сияқты 8 азимутальдық бағытқа қолданылды. Әр бағыттағы сурет үшін линеаменттер алынды. Сызықтық өрісті алу LINE модулін пайдалану арқылы PCI Geomatica бағдарламасында автоматты түрде жүзеге асырылды. Модуль алгоритмі 2 негізгі өңдеу сатысында жұмыс істейді: жиекті анықтау және сызықты шығару. Модуль жұмыс істеуі үшін жиекті анықтау және сызықты алу үдерістерін сипаттау үшін алты түрлі шекті мәнді орнату қажет. PCI Geomatica бағдарламалық құралында осы зерттеуге арналған сызықты автоматты түрде алу үшін пайдаланылатын шекті мәндер 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте – LINE модулінің параметрлері

Параметрлері	Сипаттама	Өлшем бірлігі	Әдепкі бойынша	Шекті мәндер
RADI	For the detection of edges	pixel	10	50
GTHR	For the detection of edges	-	100	100
LTHR	Minimum length of a curve taken as lineament	pixel	30	160
FTHR	Allowed tolerance in curve fitting to form a polyline	pixel	3	3
ATHR	Maximum angle between two linked polylines	degrees	30	30
DTHR	Maximum distance between two linked polylines	pixel	20	20

Спектралік талдау. ASTER Level-1T кескінінде геометриялық және радиометриялық түзетулер бар болғандықтан, тек атмосфералық әсерлер жойылды. Порфирлі мыс кен орындарындағы гидротермальды аймақтарды анықтау үшін оптикалық кескіндер өңделді. Бұған жету үшін белгілі бір спектрлік ерекшеліктерді ерекшелену үшін жолақ қатынасы кескінді өңдеу әдісі қолданылды. Бұл әдіс минералдардың аймақтық

таралуымен сипатталатын гидротермиялық өзгерістерді жақсы анықтайды [10-12]: орталық калий аймағы (кварц, калий дала шпаты) саз минералдарымен, хлоритпен, каолинитпен байытылған аргиллит, пропилит және филлит аймақтарымен қоршалған.

Геофизикалық мәліметтерді түрлендіру. Бастапқы геофизикалық өріс деректері Geosoft Oasis Montaj бағдарламасында импортталды және түр-

лендірілді. Жоба барысында Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен (грант № BR21882366) гравитациялық өрістің абсолютті мәндері Буге аномалиясының 2,67 тығыздығына қайта есептелді [6]. Магниттік аномалиялардағы бұрмалануларды жою үшін полості сүзгіге кері сүзгі (RTP) қолданылды [13, 14]. Осы гравитациялық және магниттік деректер жиынтығының әрқайсысынан кейін потенциалды геофизикалық өрістерді жақсарту үшін көлденең жалпы көлбеу туындысы (HD TDR) сүзгісі пайдаланылды. Бұл сүзгі құрылым шекараларын дәлірек анықтауға мүмкіндік беретін таяз жатқан нысандарды картаға түсіру үшін пайдалы және пайдалы қазбаларды барлауда қолданылады. Және ол келесі формула бойынша есептеледі:

$$HD_TDR = \sqrt{\left(\frac{dTDR}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dTDR}{dy}\right)^2} \quad (1)$$

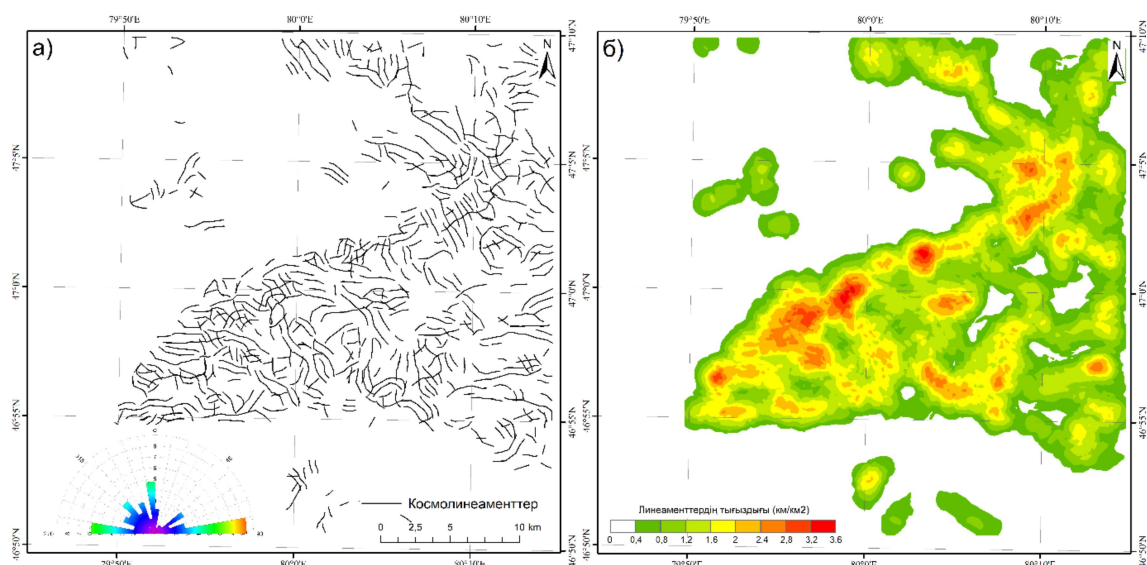
Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар

Зерттеу 1408 км² аумақты қамтитын 8 көлеңкелі ALOS DEM кескіні талданды. Қолдар массиві Алтай тауларының бір бөлігі болып табылады, бірақ соған қарамастан орташа және төмен биіктікке және анықталмаған бедерге ие. Сондықтан бедерді көлеңкелеп кескіндеу рәсімі бедерді ерекшелуге көмектесті және сызықтарды автоматты түрде алу кезінде ландшафттық пішіндерді қабылдауды жеңілдетеді. Көлеңкелік кескіндермен жұмыс істеу нәтижесінде кескіндеудің сызықтардың бағыттарына тікелей әсер ететіні, мысалы, 90° және 270° кескіндеу кезінде солтүстік (оңтүстік) бағыттағы сызықтар басым болатыны, ал 135° (315°) кезінде сызықтар NE-SW бағытына ие болатыны атап өтілді. Сондықтан объективті және сенімді нәтиже алу үшін 8 бағыт талданды. Бұл кескіндерден сызықтық өріс LINE модулі арқылы 1-кестеде көрсетілген параметрлерді пайдаланып шығарылды. Линеаменттерді автоматты түрде алу нәтижесінде ұзындығы 600-ден 6152 метрге дейінгі 622 нысаннан тұратын желілік өріс алынды. Алынған сызықтар негізінде жасалған раушан диаграммасы үш басым бағытты анықтауға мүмкіндік берді: сублатитудинальды, меридианалды және солтүстік-батыс.

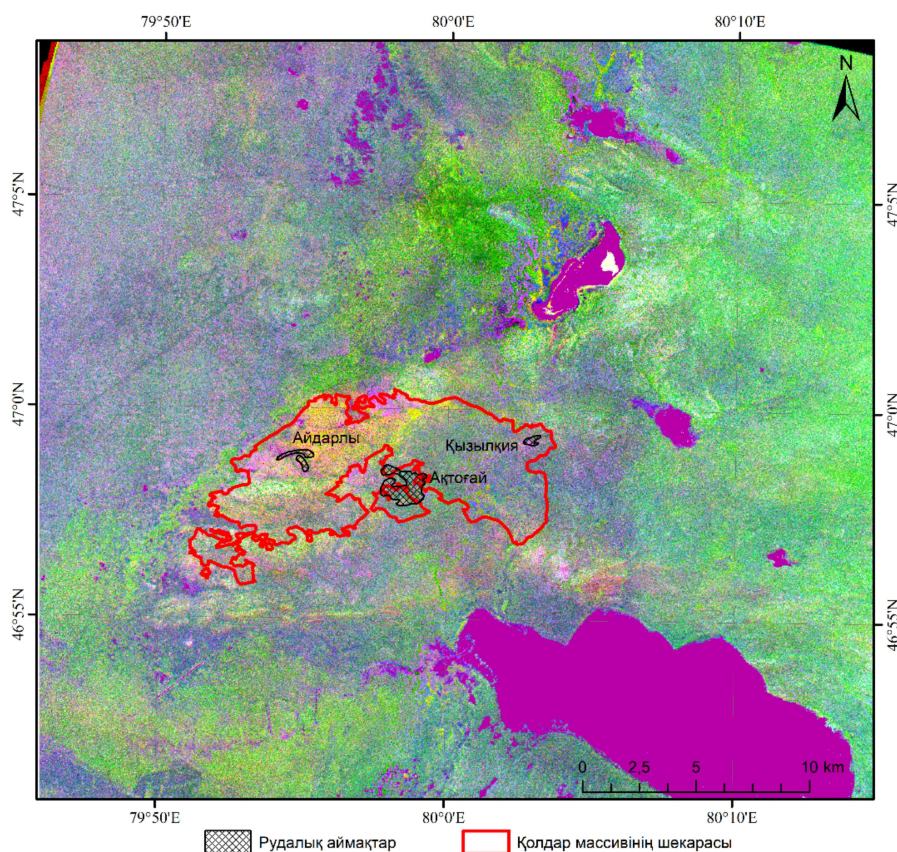
Бұл массивтің геологиялық құрылымы мен минералдануының негізгі көрсеткіші ұзаққа созылған бұзылыстар мен тектоникалық бұзылулар болып табылады. Кеңес дәуіріндегі есептер бойынша негізгі рудалық жарылымдардың солтүстік-шығыс, ендіктік және солтүстік-батыс бағыттары бар екендігі атап өтілді. Барлық басқа

жарылымдардан ерекше маңызға ие Ықбас және Ақтоғай ірі жарылымдары, олар солтүстік-батыс бағытында орналасқан, Қолдар, Кіші Қолдар және Оңтүстік Қолдар жарылымдары солтүстік-шығысқа қарай созылған, сондай-ақ Қызылқия және Оңтүстік Қызылқияның жарылымдары субендік бағытта созылған [15,16]. Ақтоғай жарылымының азимуты 290°, ал Қызылқия кен орнының негізгі кенкүраушы жарылымдары азимуты 70-80° солтүстік-батыс және азимуты 280-310° солтүстік-шығыс бағытындағы жарылымдар болып табылады. Линеаменттердің тығыздықтық картасында Қолдар массиві аумағындағы бұзылулар мен жарылымдардың айтарлықтай саны көрсетілген (6-сурет), бұл жоғары өткізгіштік аймақтардың болуын көрсетеді. Бұл да негізгі көрсеткіш, өйткені массивтің бөлшектенуі кен орындарының қалыптасуына қолайлы жағдай болды. Линеаменттердің тығыздығы 0,4-тен 3,6 км/км²-ге дейінгі мәндер ауқымында өзгерді.

3-суретте 7/6-5/6-9/8 арақатынастары бар RGB түсті композиция, әртүрлі өзгеру аймақтарының салыстырмалы кеңістіктік таралуын көрсетеді, оны келесідей түсіндіруге болады: қызғылт реңктер — аргиллиттену, сары — филлиттену, жасыл — пропилиттік өзгерістерді көрсетеді. Гидротермальды порфирлі шөгінділерге филлит, аргиллит және пропилит сияқты әртүрлі минералогиялық өзгерістер аймақтары жатады. Аргиллиттік өзгеріс ASTER-дің 6 жолағында Al-OH жұтылуының жоғары спектрлік сипаттамасына ие, оны каолинитпен сипаттауға болады [17]. Филлиттің өзгеруін серицитпен (немесе мусковитпен) тануға болады, ол күшті Al-OH спектрлік жұтылуын көрсетеді, әсіресе ASTER-дің 6 жолағында, ал ASTER-дің 8 жолағында азырақ [18]. Пропилит түзілуін ASTER жолағында спектрлік сіңіру ерекшеліктерін көрсететін хлорит пен эпидотпен сипаттауға болады. Аргиллиттің өзгеруі каолинит және монтмориллонит сияқты сазды минералдармен байланысты, бұл гидротермиялық өзгерістердің қарқынды әсерін көрсетеді. Жұқа қабатты метаморфты тау жыныстары ретінде кездесетін филлиттік өзгерістер құрамында серицит пен кварц бар, бұл да гидротермиялық белсенділіктің болуын растайды. Бұл мәліметтер одан әрі егжей-тегжейлі зерттеулер үшін минералдану аймақтарын дәлірек локализациялауға мүмкіндік береді. 3-суреттен аргиллитті және филлиттік өзгерістердің басым болуын байқауға болады. Аргиллиттену Қызылқия аумағында және Айдарлы кен орнының батыс бөлігінде анық байқалады. Ақтоғай кен орнында аргиллиттенуден филлиттену өзгерістері нақты анықталмаған.



2-сурет – (а) Линеаменттердің өріс картасы және (б) зерттеу аймағының ғарыштық деректеріне негізделген линеаменттердің тығыздық картасы



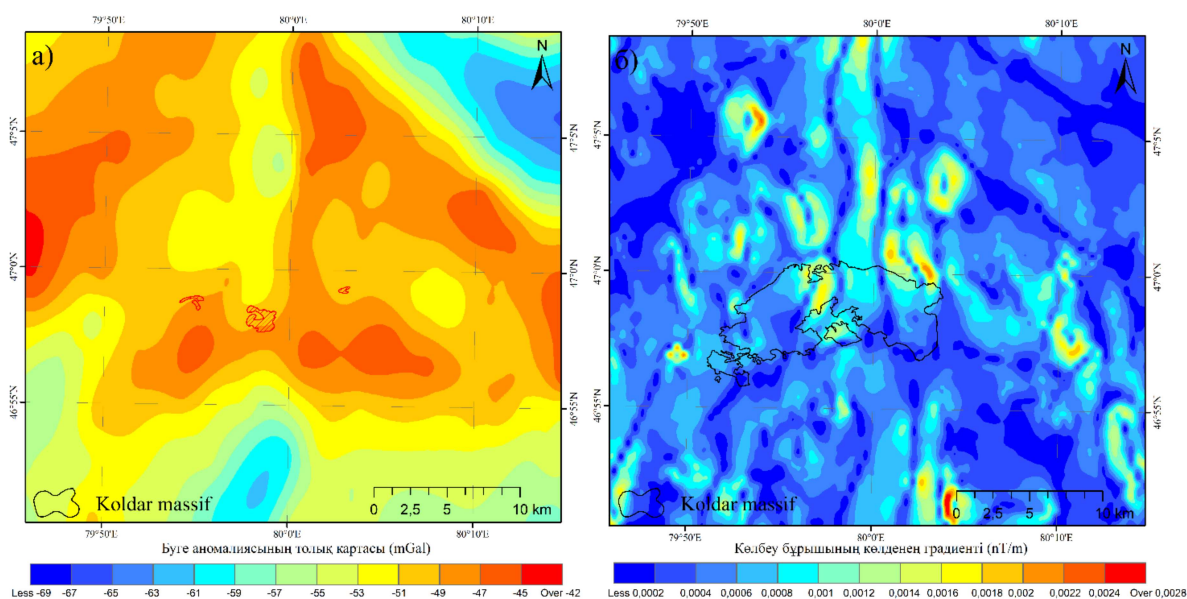
3-сурет – 7/6-5/6-9/8 жолақ қатынасының RGB композиті

Зерттелетін аумақ үшін Буге аномалиясына қайта есептелген гравитациялық өріс екі аномалияны қамтиды: Қолдар оң аномалия және

Қызылқия теріс аномалия. Қолдар аномалиясы аттас таулар аймағында орналасқан және зерттелетін аумақтың бүкіл орталық бөлігін

алып жатыр. Ұзындығы 46 км, ені 33 км-дей, созылуы солтүстік-шығыс бағытта апофизбен солтүстік-батыста. Аномалия аумағы Қолдар массивінің орташа және негізгі құрамдағы интрузивті массивтеріне сәйкес келетін жоғары дәрежелі бірқатар жергілікті аномалиялармен күрделенеді. Аномалияның қарқындылығы орташа. Қызылқайнар теріс аномалиясы зерттелетін аумақтың солтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан. Аномалия солтүстік-батысқа бағытталған және жер бетіндегі гранитті-граносиениттік құрамды интрузивті жыныстардың шығуына сәйкес келеді (4а-сурет). Буге аномалия картасы жер қойнауындағы жыныстардың геометриясы мен литологиясы туралы ақпарат бере алатынымен, оның байқалған аномалиялары гравитация аномалияларының терең көздерінен туындаған аймақтық әсерлерге байланысты. Осыған байланысты гравитация өрісі

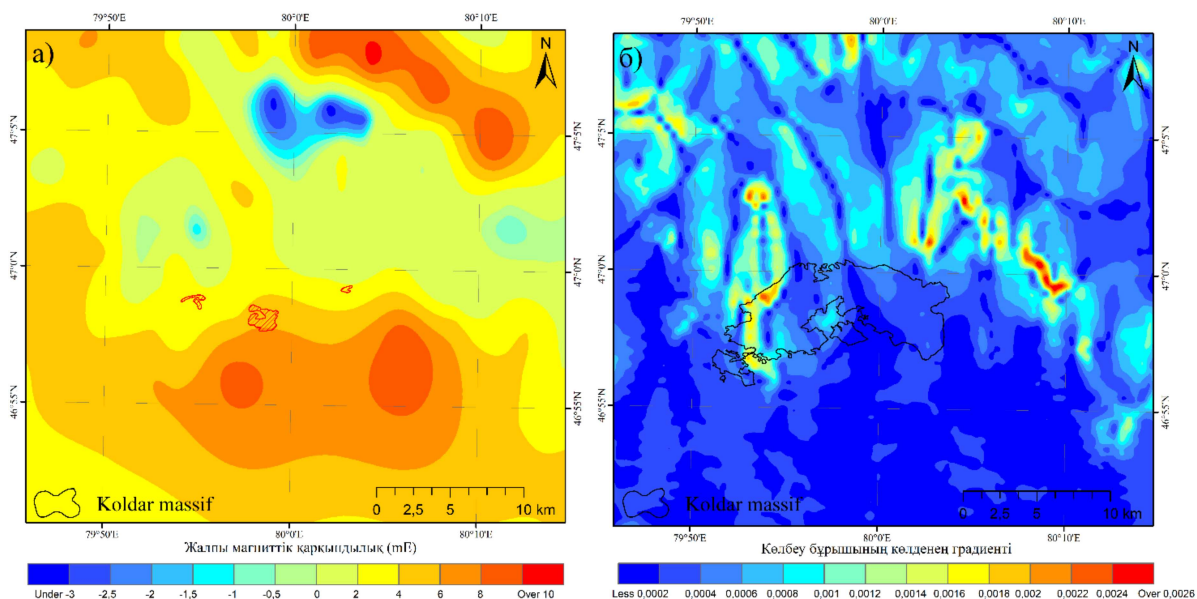
көлбеу бұрышының көлденең туындысына қайта есептелді, ол геологиялық ерекшеліктерден аймақтық әсерлерді алып тастауға байланысты жер қыртысының геологиялық және құрылымдық ерекшеліктерінің көпшілігіне баса назар аударды (4б-сурет). Көлденең түсіру картасында байқалған бұл ауырлық аномалиялары (4б-сурет) Буге аномалиясының толық картасында байқалған гравитация белгілеріне қарағанда жер бетіне жақын орналасқан әртүрлі нысандар үшін көбірек геологиялық мағынаға ие. Бұл аномальді гравитация аймақтары зерттелетін аумақтағы әртүрлі геологиялық құрылымдар арасындағы байланыстарды білдіретін нақты анықталған шекаралар болып табылады. Толық көлденең градиенттер жердегі аралық тереңдікте орналасқан геологиялық құрылымдарды картаға түсіру және кен орындарын анықтау үшін ұсынылады [19].



4-сурет – (а) Буге аномалиясының толық картасы (плотность 2.67) мен (б) көлбеу бұрышының көлденең градиенті HD– TDR

Зерттелетін аумақтың жалпы магниттік қарқындылық картасында ұзартылған пішінді және қарқындылығы 6-дан 11 мЗ-ке дейінгі оң аномалиялар басым. Бұл аймақтар терригенді андезиттік-дациттік, андезит-базальт-липариттік және андезит-липариттік түзілістердің вулканогендік түзілімдерінен туындайды. Орталық бөлігінде – 3 мЗ-ке дейінгі теріс таңбалы шағын магниттік аймақтарды Қолдар свитасының вулcano-

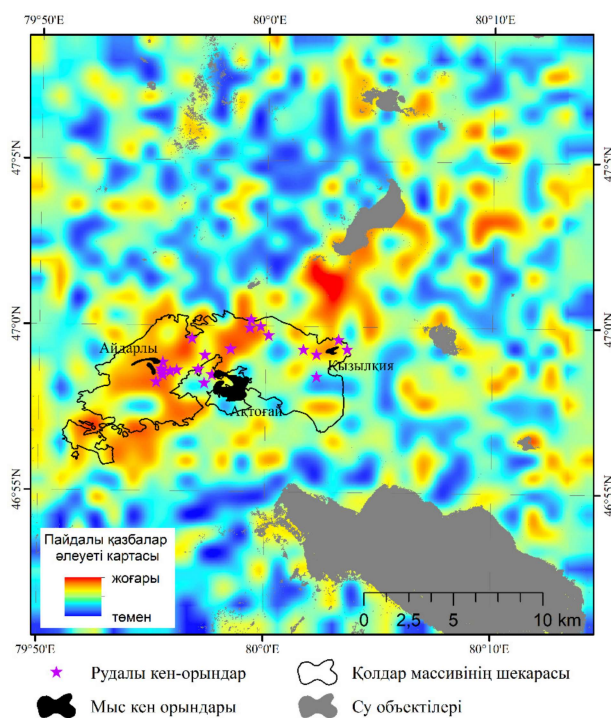
генді-шөгінді жыныстары тудырады (5а-сурет). 5б-суреттегі карта көлбеу туындыны көрсетеді, кең және аймақтық магниттік аномалияларды басу үшін маңызды болды, сонымен бірге зерттелетін аумақтағы әртүрлі құрылымдық ерекшеліктермен байланысты жер бетіне жақын аномалияларды күшейту және әртүрлі сызылған құрылымдардың нәзік геологиялық шекараларын анықтау үшін.



5-сурет – (а) жалпы магниттік қарқындылық мен (б) көлбеу бұрышының көлденең градиенті HD– TDR

Рудалы минералдану перспективасы жоғары аймақтардың картасын жасау үшін бірнеше қабаттар, атап айтқанда, Қолдар массивінің құрылымдық фрагментация картасы, ASTER гидро-термиялық өзгерістер картасы, магниттік және

гравитациялық аномалиялар карталары пайдаланылды. Жоғарыда аталған деректердің барлығы ArcGIS бағдарламалық құралында біріктірілген. Осы қабаттардың әрқайсысы 0-ден 1-ге дейінгі мәндер ауқымына қалыпқа келтірілді.



6-сурет – Пайдалы қазбалар әлеуеті картасы

Қорытынды

Литологиялық бірліктердің, құрылымдық линеаменттердің және өзгеру аймақтарының арасындағы кеңістіктік байланыстар Қолдар массивіндегі геофизикалық әдістерді қамтитын магниттік, гравитациялық мәліметтері, жердің биіктіктік үлгісі және ASTER қашықтықтан зондтау деректерінің жиынтығын қолдану арқылы анықталды. Ғарыштық деректерден алынған құрылымдық линеаменттердің солтүстік-шығыс, ендіктік және солтүстік-батыс тенденциялары бар, олар зерттелетін аумақта мыстың минералдануын бақылайды (2-сурет). Қолдар массивінде порфирлі мыстың минералдануымен байланысты өзгерістер аймақтарын анықтау үшін жолақ қатынасы әдісіне негізделген спектрлік талдау әдісін қолдану маңызды болды. Зерттелетін аумақтың минералдану әлеуеті магниттік және гравитациялық аномалияларды және құрылымдық тығыздықты біріктіру арқылы да атап өтілді. Алынған карта перспективасы жоғары аймақтарды нақты анықтайды, оны ашылған кен орындары рас-

тайды. Ең перспективалы аймақ Қолдар массивінің бүкіл батыс бөлігі және массивтен солтүстік-шығыс бағытта орналасқан аймақ, сонымен бірге Қызылқия кен орнын қамтиды. Осылайша, құрылған потенциалды рудалық картасы кенді пайдалы қазбаларды барлау учаскелерін таңдау кезінде алдын ала анықтамалық ақпарат ретінде пайдалануға болады. Пайдалы қазбалардың өзгеру аймақтары мен потенциалды аймақтары бойынша алынған нәтижелер Қазақстанның әр түрлі аймақтарының келешегін анықтауға бағытталған болашақта әр түрлі зерттеулер үшін маңызды бағдар болады деп күтілуде, сондықтан қолданылған бұл әдістер басқа геологиялық мәселелерде литологияны, құрылымдық линеаменттерді және өзгеру аймақтарын анықтау үшін маңызды болады.

Алғыс

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

Әдебиеттер

1. ED Forson, A Menyeh, DD Wemegah Mapping lithological units, structural lineaments and alteration zones in the Southern Kibi-Winneba belt of Ghana using integrated geophysical and remote sensing datasets // *Ore Geology Reviews*. – 2021. – №137 – P. 104271. (<https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104271>)
2. AM Mahdi, AM Youssef, SS Gabr, HI Diab, Saad S. Alarifi, Peter András, Ahmed M. Eldosouky Exploring potential mineral deposits: Integrating airborne magnetic and remote sensing data in North-eastern Desert, Egypt // *Advances in Space Research*. – 2024. (<https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.12.043>)
3. Nedal Q. Utilization of Space-Borne Imagery for Lithologic Mapping: A Case Study From Um Had Area, Central Eastern Desert, Egypt // *Journal of Geography and Geology*. – 2014. – №6(2). – P. 113. (<http://dx.doi.org/10.5539/jgg.v6n2p113>)
4. Seid A. Identification of Lithology and Structures in Serdo, Afar, Ethiopia Using Remote Sensing and GIS Techniques // *International Journal of Geo-informatics and Geological Science*. – 2021. – №8(1). – P. 27-41. (<http://dx.doi.org/10.14445/23939206/IJGGS-V8I1P104>)
5. Отчет по теме «Изучение критериев поисков медного оруденения в районе Северо-Восточного Прибалхашья на основе анализа строения глубинных структур по геофизическим данным» 1 том, Алма-Ата, 1978, 205 с.
6. А.С. Уразалиев, Д.А. Шоганбекова, Р. Шульц, М.С. Кожаметов, Г.М. Искалиева Жергілікті геоидты модельдеудегі LSMSA тәсілін зерттеу // *NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES*. – 2024. №4(466). – С. 261-273. (<https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.440>)
7. Ahmadi H., Pekkan E., Seyitoğlu G. Automatic lineaments detection using radar and optical data with an emphasis on geologic and tectonic implications: a case study of Kabul Block, eastern Afghanistan // *Geocarto International*. – 2023. – T. 38. – №. 1. – С. 2231400. (<https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2231400>)
8. Sichugova L. V., Sh F. D., Mukhtorov N. M. Density Analysis of Lineaments Using Remote Sensing Data // *EPRA International Journal of Economic Growth and Environmental*. – 2020. – T. 8. – №. 4. (<http://dx.doi.org/10.36713/epra5613>)
9. Shebl A., Csámer Á. Reappraisal of DEMs, Radar and optical datasets in lineaments extraction with emphasis on the spatial context // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. – 2021. – T. 24. – С. 100617. (<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100617>)
10. M Yazdi, M Taheri, P Navi, N Sadati Landsat ETM+ imaging for mineral potential mapping: application to Avaj area, Qazvin, Iran // *International journal of remote sensing*. – 2013. – №34(16). – P. 5578-5795. (<http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2013.797127>)
11. Osinowo O. O., Gomy A., Isseini M. Mapping hydrothermal alteration mineral deposits from Landsat 8 satellite data in Pala, Mayo Kebbi Region, Southwestern Chad // *Scientific African*. – 2021. – T. 11. – С. e00687. (<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00687>)

12. Santos D. et al. Application of band ratios to map hydrothermal alteration zones related to Au-Sb mineralization in Freixeda, Northern Portugal // *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications XV.* – SPIE, 2024. – T. 13197. – C. 135-143. (<https://doi.org/10.1117/12.3031682>)
13. Chouhan A. K. et al. Integrated analysis of the gravity and the magnetic data to infer structural features and their role in prospective mineralisation in and around the Ambaji–Deri–Danta–Chitrasani region, NW India // *Journal of Earth System Science.* – 2022. – T. 131. – №. 4. – C. 226. (<https://www.ias.ac.in/article/fulltext/jess/131/0226>)
14. Pash R. R. et al. Interpretation of aeromagnetic data to detect the deep-seated basement faults in fold thrust belts: NW part of the petroliferous Fars province, Zagros belt, Iran // *Marine and Petroleum Geology.* – 2021. – T. 133. – C. 105292. (https://www.geos.iitb.ac.in/wp-content/uploads/sm_p137.pdf)
15. Otarbay S.O. (2020) Geological structure and material composition of ores of copper porphyry deposit Aktogay. Explanatory note to the diploma work. Almaty. 33 p. (in Russ).
16. Kalieva A. S. (2021) Assessment of the material composition of ores and host rocks of copper deposit Aktogay by spectroscopy. dissertation. Almaty. 60 p. (in Russ).
17. Hunt, H.K. Conceptualization and Measurement of Consumer Satisfaction and Dissatisfaction. Marketing Science Institute. 1977.
18. Mars, J.C. and Rowan, L.C. Regional Mapping of Phyllic- and Argillic-Altered Rocks in the Zagros Magmatic arc, Iran, Using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Data and Logical Operator Algorithms // *Geosphere.* – 2006. – №2. – P. 161-186.
19. Miller H. G., Singh V. Potential field tilt-a new concept for location of potential field sources. // *J. Appl. Geophy.* – 1994. – №32. – P. 213–217.

References

1. Forson, E.D., Menyeh, A., Wemegah, D.D. (2021). Mapping lithological units, structural lineaments and alteration zones in the Southern Kibi-Winneba belt of Ghana using integrated geophysical and remote sensing datasets. // *Ore Geology Reviews.* №137, 104271. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104271>
2. Mahdi, A.M., Youssef, A.M., Gabr, S.S., Diab, H.I., Alarifi, S.S., András, P., & Eldosouky, A.M. (2024). Exploring potential mineral deposits: Integrating airborne magnetic and remote sensing data in North-eastern Desert, Egypt. // *Advances in Space Research.* №75(6), – P. 4472-4489. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.12.043>
3. Qaid, N. (2014). Utilization of space-borne imagery for lithologic mapping: A case study from Um Had area, Central Eastern Desert, Egypt. // *Journal of Geography and Geology.* №6(2), 113. <http://dx.doi.org/10.5539/jgg.v6n2p113>
4. Seid, A. (2021). Identification of lithology and structures in Serdo, Afar, Ethiopia using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Geo-informatics and Geological Science.* №8(1), – P. 27-41. <http://dx.doi.org/10.14445/23939206/IJGGS-V8I1P104>
5. Aniyatov, I.A., Lyubetskiy, V.N., Eldyshev, V.P., Sokolov, A.V., Istekova, S.A., Osaulenko, I.S. (1978). Study of criteria for searching for copper mineralization in the North-Eastern Pribalkhashye region based on the analysis of deep structural features using geophysical data: Report. 205 p. Kazakh SSR, Republican Geological Fund. Archive No. 30715. (in Russian)
6. Urzaliyev, A.S., Shoganbekova, D.A., Schultz, R., Kozhakhmetov, M.S., & Iskalieva, G.M. (2024). Study of the LSMSA method in local geoid modelling. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences.* №4(466), – P. 261-273. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.440> (in Russian)
7. Ahmadi, H., Pekkan, E., & Seyitoğlu, G. (2023). Automatic lineaments detection using radar and optical data with an emphasis on geologic and tectonic implications: A case study of Kabul Block, eastern Afghanistan. *Geocarto International.* №38(1), 2231400. <https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2231400>
8. Sichugova, L.V., Sh, F.D., Mukhtorov, N.M. (2020). Density analysis of lineaments using remote sensing data. *EPRA International Journal of Economic Growth and Environmental.* №8(4). – P. 12-18. <http://dx.doi.org/10.36713/epra5613>
9. Shebl, A., Csámer, Á. (2021). Reappraisal of DEMs, radar and optical datasets in lineaments extraction with emphasis on the spatial context. *Remote Sensing Applications: Society and Environment.* №24, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100617>
10. Yazdi, M., Taheri, M., Navi, P., & Sadati, N. (2013). Landsat ETM+ imaging for mineral potential mapping: Application to Avaj area, Qazvin, Iran. *International Journal of Remote Sensing.* №34(16), – P. 5578-5795. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2013.797127>
11. Osinowo, O.O., Gomy, A., & Isseini, M. (2021). Mapping hydrothermal alteration mineral deposits from Landsat 8 satellite data in Pala, Mayo Kebbi Region, Southwestern Chad. *Scientific African.* №11, e00687. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00687>
12. Santos, D., Cardoso-Fernandes, J., Lima, A., Teodoro, A. (2024). Application of band ratios to map hydrothermal alteration zones related to Au-Sb mineralization in Freixeda, Northern Portugal. *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications XV.* №13197, – P. 135-143. <https://doi.org/10.1117/12.3031682>
13. Chouhan, A.K., Chopra, S., Chaube, H., Singh, D., Mishra, A.K. (2022). Integrated analysis of gravity and magnetic data to infer structural features and their role in prospective mineralisation in and around the Ambaji–Deri–Danta–Chitrasani region, NW India. *Journal of Earth System Science.* №131(4), – P. 226. <https://www.ias.ac.in/article/fulltext/jess/131/0226>
14. Pash, R.R., Davoodi, Z., Mukherjee, S., Hashemi Dehsarvi, L., Ghasemi-Rozveh, T. (2021). Interpretation of aeromagnetic data to detect deep-seated basement faults in fold-thrust belts: NW part of the petroliferous Fars province, Zagros belt, Iran. *Marine and Petroleum Geology.* №133, 105292. https://www.geos.iitb.ac.in/wp-content/uploads/sm_p137.pdf

15. Otarbay, S.O. (2020). Geological structure and material composition of ores of copper porphyry deposit Aktogay: Explanatory note to the diploma work. Almaty, 33 p. (in Russian)
16. Kalieva, A.S. (2021). Assessment of the material composition of ores and host rocks of copper deposit Aktogay by spectroscopy [Dissertation]. Almaty, 60 p. (in Russian)
17. Hunt, H.K. (1977). Conceptualization and measurement of consumer satisfaction and dissatisfaction. Marketing Science Institute.
18. Mars, J.C., Rowan, L.C. (2006). Regional mapping of phyllic- and argillic-altered rocks in the Zagros magmatic arc, Iran, using ASTER data and logical operator algorithms. Geosphere. №2, – P. 161-186.
19. Miller, H.G., & Singh, V. (1994). Potential field tilt – A new concept for location of potential field sources. Journal of Applied Geophysics. №32, – P. 213-217.

Сведения об авторах:

Талғарбаева Динара Нурлановна – магистр технических наук и старший научный сотрудник ТОО Института ионосферы (Алматы, Казахстан, e-mail: turebekova.d.n@gmail.com);

Серикбаева Эльмира Болатовна – магистр технических наук и старший научный сотрудник ТОО Института ионосферы (Алматы, Казахстан, e-mail: elya_sb@inbox.ru);

Сыдық Нұрмахамбет Қанатұлы – магистр техники и технологии, PhD-докторант в области космической техники и технологий, заведующий лабораторией космических и геоинформационных технологий в ТОО Институт ионосферы (Алматы, Казахстан, e-mail: nurmahambet.s@gmail.com);

Орынбасарова Эльмира Орынбасаровна – PhD, руководитель Центра инноваций в области геоматики при Satbayev University (Алматы, Казахстан, e-mail: e.orynbassarova@satbayev.university).

Information about authors:

Dinara Talgarbayeva – Master of Technical Sciences and Senior Researcher at the Institute of Ionosphere (Almaty, Kazakhstan, e-mail: turebekova.d.n@gmail.com).

Elmira Serikbaeva – Master of Technical Sciences and Senior Researcher at the Institute of Ionosphere LLP (Almaty, Kazakhstan, e-mail: elya_sb@inbox.ru).

Nurmahambet Sydyk – Master of Engineering and Technology, PhD student in space engineering and technology, head of the laboratory of space and geoinformation technologies at the Institute of Ionosphere. (Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurmahambet.s@gmail.com).

Elmira Orynbassarova – PhD, head of the Geomatics Innovation Center at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: e.orynbassarova@satbayev.university).

Авторлар туралы мәлімет:

Талғарбаева Динара Нурлановна (хат-хабар алмасуға жауапты автор) – техника ғылымдарының магистрі, ЖШС “Ионосфера институты”-ның аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан; e-mail: turebekova.d.n@gmail.com);

Серикбаева Эльмира Болатовна – техника ғылымдарының магистрі, ЖШС “Ионосфера институты”-ның аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан; e-mail: elya_sb@inbox.ru);

Сыдық Нұрмахамбет Қанатұлы – техника және технология магистрі, ғарыштық техника және технологиялар саласының PhD докторанты, ЖШС “Ионосфера институты”-ның ғарыштық және геоақпараттық технологиялар зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан; e-mail: nurmahambet.s@gmail.com);

Қарастырылуға 10.05.25 түсті
Қабылданды 23.05.25