

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

DOI 10.51885/1561-4212_2023_3_40

MFTAA 38.59.21

А.Ж. Амренова¹, Н.А. Зимановская¹, Д.С. Сергазы², С.С. Айтбаева¹¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,
Өскемен қ., Қазақстан

E-mail: nata_zim@mail.ru

E-mail: amrenovaarailym@mail.ru*

²«Fonet Er-Tai AK Mining» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: d.sergazy@yertai.kz

E-mail: aitbayevass@mail.ru

**МОРФОМЕТРИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ НЕГІЗІНДЕ
АЛТЫН ПОЛИМЕТАЛЛ КЕНДЕНУІНІҢ БЕЛГІЛЕРІН ІЗДЕУ****МОРФОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫДЕЛЕНИЕ
НА ЕГО ОСНОВЕ ПОИСКОВЫХ
ПРИЗНАКОВ ЗОЛОТОПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ****MORPHOMETRIC MODELING AND SELECTION OF SEARCH RESULTS
BASED ON IT SIGNS OF POLYMETALLIC MINERALIZATION OF GOLD**

Аңдатпа. Мақалада қазіргі заманғы ГАЗ технологияларын болжамды модельдеу әдісін қолдану ұсынылған. Бұл әдіс дәстүрлі морфометрияға, сондай-ақ Қосқұдық алтын полиметалл кен орны мысалында аэрофотосуреттер мен спутниктік суреттерді талдау мен түсіндіруге негізделген. Ұсынылған әдісті Қосқұдық кен орнында іздеу-барлау жұмыстарын жүргізу мақсатында қолдану нәтижесінде әртүрлі генезистегі морфоқұрылымдар анықталды. Бүгінгі таңда морфометриялық талдаудың көптеген компоненттері геоақпараттық жүйелердің аналитикалық аппараты арқылы кеңістіктік талдаудың (SpatialAnalysis) заманауи бағдарламалық жүйелеріне біріктірілген.

Морфометриялық модельдеу көлемі 10 м-ден асатын және құлау (ені) мен қуаты бойынша 5 м-ден асатын геологиялық объектілерді бөлуге мүмкіндік берді. Шағылысқан спектрдің сипаттамаларын анықтаудың дәлдігі тек тұзды батпақтардың болуымен қиындай түседі.

Алынған мәліметтер бойынша модельдеу негізінде құрамында кен бар жыныстардың қалыптасу ерекшеліктерін ескере отырып, болжамды карталар жасалды. Қорытынды болжамды модельде әрі қарай іздеу және барлау үшін ұсынылған аудандардың контурларын пн тұрады.

Түйін сөздер: Морфометриялық модельдеу, сызықтар, геоақпараттық жүйелер, болжам, алтын полиметалды кендеу

Аннотация. В статье представлен метод прогнозного моделирования с использованием современных ГИС-технологий. Данный метод основывается на традиционной морфометрии, а также анализе и дешифрировании аэро-фото и космо- снимков на примере золотополиметаллического месторождения Коскудук. В результате применения представленного метода с целью проведения поисковых и разведочных работ на месторождении Коскудук выделены морфоструктуры различного генезиса. На сегодняшний день многие составляющие морфометрического анализа интегрированы в современные программные комплексы пространственного анализа (SpatialAnalysis) посредством аналитического аппарата геоинформационных систем.

Для дистанционного исследования геологического строения участка Коскудук и прогнозирования распространения рудных зон в пределах самого участка и прилегающей территории

был использован мультиспектральный снимок со спутникового комплекса Sentinel-2.

Морфометрическое моделирование позволило выделить геологические объекты размером более 10 м по простиранию и более 5 м по падению (ширине) и мощности. Точность определения характеристик отраженного спектра осложняется лишь наличием солончаков.

По полученным данным на основании моделирования составлены прогнозные карты с учетом специфики формирования рудосодержащих пород. Итоговая прогнозная модель содержит контуры рекомендованных площадей для дальнейших поисков и разведки.

Ключевые слова: Морфометрическое моделирование, линеаменты, геоинформационные системы, прогноз, золотополиметаллическое оруденение.

Abstract. The article presents a method of predictive modeling using modern GIS technologies. This method is based on traditional morphometry, as well as analysis and decoding of aerial and satellite images on the example of the Koskuduk gold and polymetallic deposit. As a result of the application of the presented method for the purpose of conducting prospecting and exploration work at the Koskuduk deposit, morphostructures of various genesis have been identified. To date, many components of morphometric analysis are integrated into modern software systems of spatial analysis (SpatialAnalysis) through the analytical apparatus of geoinformation systems.

A multispectral image from the Sentinel-2 satellite complex was used to remotely study the geological structure of the Koskuduk site and predict the spread of ore zones within the site itself and the adjacent territory.

Morphometric modeling made it possible to identify geological objects larger than 10 m in extent and more than 5 m in fall (width) and power. The accuracy of determining the characteristics of the reflected spectrum is complicated only by the presence of salt marshes.

Based on the obtained data, forecast maps were compiled based on modeling, taking into account the specifics of the formation of ore-bearing rocks. The final forecast model contains the contours of the recommended areas for further search and exploration.

Keywords: Morphometric modeling, lineaments, geoinformation systems, forecast, gold polymetallic mineralization

Кіріспе. Қосқұдық кен орны ауданының геологиялық құрылымы оның Тасарал-Қызылеспе антиклинориясының орталық бөлігіндегі орналасуымен анықталады. Оның негізін – жоғарғы протерозой жасының кристалды негізі құрайды. Кен орнының геологиялық құрылымына негізінен интрузивті және субвулканогенді түзілімдер қатысады. Мыңшұқыр кешенінің жоғарғы протерозой гранитоидтары ең көп дамуымен алдын-ала кен орнының құрылымын, морфологиясын және генезисін анықтайды. Олар эвтакситті гранодиориттермен, граниттермен, амфиболиттермен, габбро-амфиболиттермен, аз дәрежеде геосинклинальды шөгінділерді – офиолиттерді, терригенді-карбонатты жыныстарды граниттеу процесінде түзілген диориттермен ұсынылған (1-сурет) [2, 3].

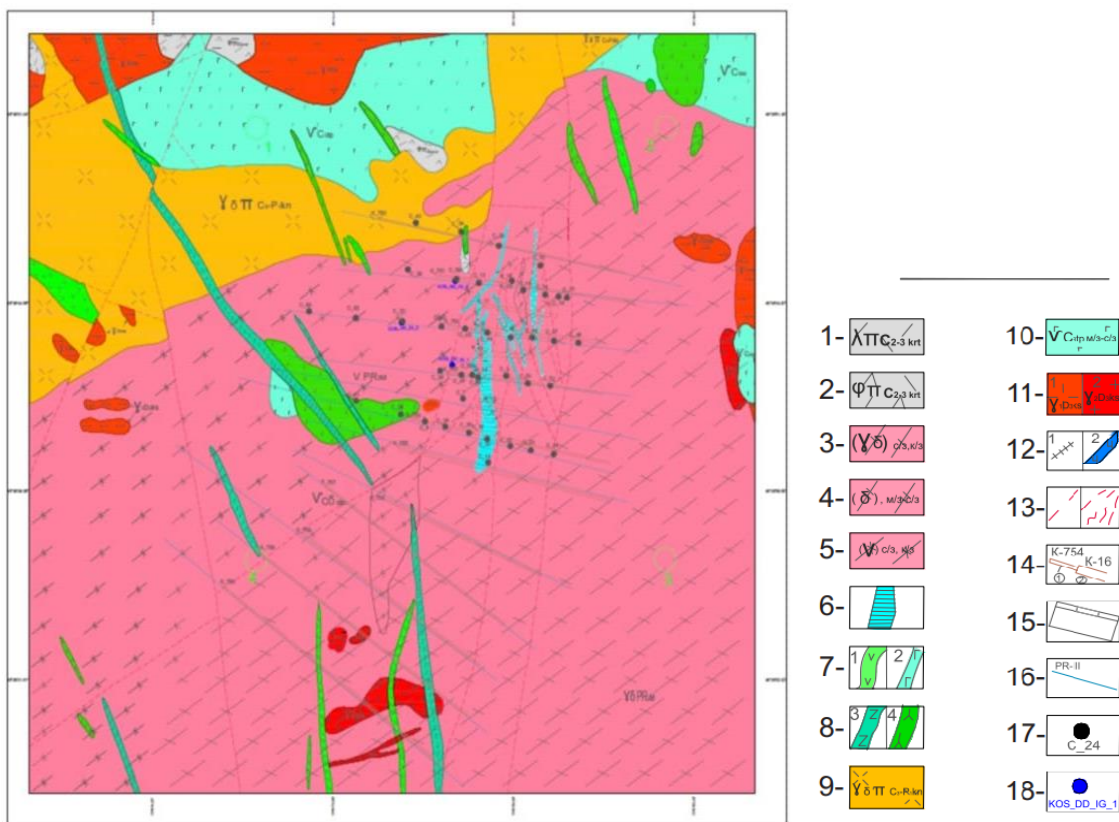
Кен орнының батыс, солтүстік-батыс бөліктерінде эвтакситті амфиболиттер, габбро-амфиболиттер блогы (кеналды қалыңдық) бөлінеді. Олар плагиоклаз, амфибол (мүйіз тас), биотит, кварц, кен минералы (жекелеген жағдайларда), апатит, сфенмен қалыптасқан эвтаксит гранодиориттерінің арасында үлкен линза түрінде жатыр. Құрылымы – бластогаббро, габбро диорит, пойкилит, катакластикалық; құрылымы-массивті, тақтатас, сызықты параллель, гнейс тәрізді.

Әр түрлі құрамдағы жақсытаған кешенінің дайкалы құрылымдары кеңінен дамыған. Бұл гранит порфири; гранодиорит порфири; фельзит порфири; диабаз; андезит және диорит порфириті. Олар солтүстік-солтүстік-батыс кеңеюінің үлкен белдеулеріне топтастырылған және 10 км қашықтықта байқалады.

Пішіні бойынша кенді денелер мөлшері бойынша аса үлкен емес, қуысты жатылымды, қабат тәрізді 60-79 м тереңдікте сына тәрізді кен орындар (2-сурет). Кен денелері тереңдіктегі пайдалы компоненттердің біртіндеп төмендеуімен сипатталады [2, 4].

Кен орнының батыс, солтүстік-батыс бөліктерінде эвтакситті амфиболиттер, габбро-амфиболиттер блогы (кеналды қалыңдық) бөлінеді. Олар плагиоклаз, амфибол (мүйіз тас),

биотит, кварц, кен минералы (жекелеген жағдайларда), апатит, сфенмен қалыптасқан эвтаксит гранодиориттерінің арасында үлкен линза түрінде жатыр. Құрылымы – бластогаббро, габбро диорит, пойкилит, катакластикалық; құрылымы-массивті, тақтатас, сызықты параллель, гнейс тәрізді.



1-сурет. Қосқұдық алтын-полиметалл кен орнының геологиялық картасы (Сулейменов Ж.А., 2022) [2]: Субвулкандық фракция: 1 – Керегетас қабаты, кварц порфирлері, липариттер; 2 – липарит-дацит порфирлері. Жоғарғы протерозой: 3 – эвтакситті граниттер, гранодиориттер; 4 – эвтакситті диориттер, 5 – эвтакситті амфиболиттер, габбро-амфиболиттер; 6 – кремнийлі, кварц-серицитті жыныстар, тақтатастар (Мыңшұқыр кешені). Интрузивті түзілімдер: 7 – андезиттік порфириттер (1), габбро-диабаздар (2); 8 – диабаздық порфириттер (3), диориттік порфириттер (4) (жақсытағалы кешені); 9 – гранодиорит порфирлер (коньрат кешені); 10 – габбро (топар кешені); 11 – граниттер, лейкократтар (1), раниттер (2); 12 – кварц жилалары; 13 – тектоникалық бұзылулар; 14 – жыралар және олардың нөмірлері; 15 – 2000 жылы ГРК өткен жыралар; 16 – барлау профильдерінің желілері, олардың нөмірлері; 17 – 2000 жылы ГРК бұрғылаған тарихи бағаналы ұңғымалар; 18 – 2022 жылы бұрғыланған инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық ұңғымалар

Әртүрлі құрамдағы жақсытаған кешенінің дайкалы құрылымдары кеңінен дамыған. Бұл гранит порфири; гранодиорит порфири; фельзит порфири; диабаз; андезит және диорит порфириті. Олар солтүстік-солтүстік-батыс кеңеюінің үлкен белдеулеріне топтастырылған және 10 км қашықтықта байқалады.

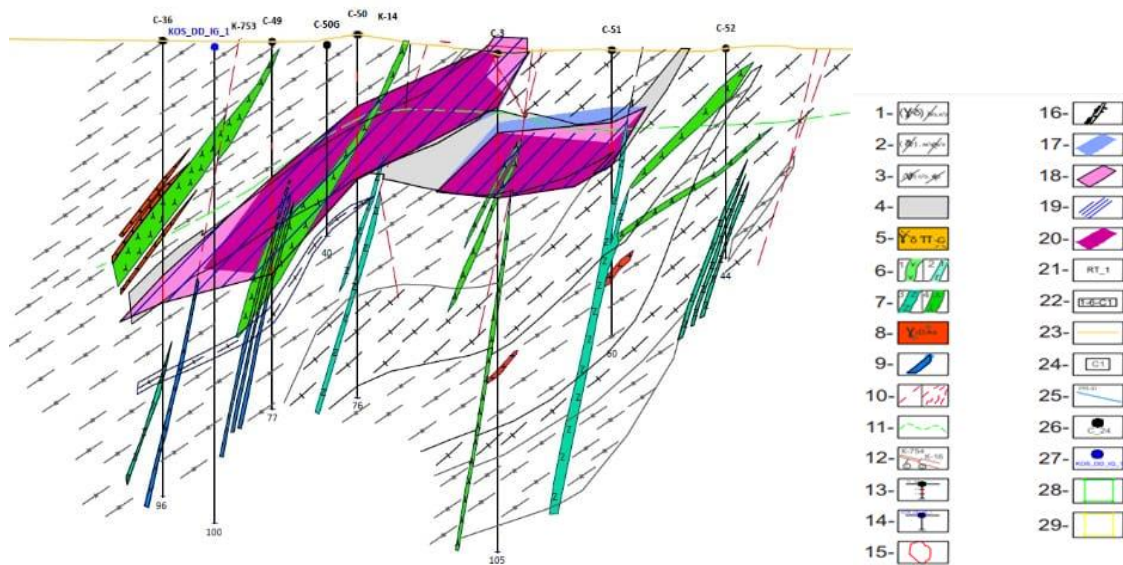
Пішіні бойынша кенді денелер мөлшері бойынша аса үлкен емес, қуысты жатылымды, қабат тәрізді 60-79 м тереңдікте сына тәрізді кен орындар (2-сурет). Кен денелері тереңдіктегі пайдалы компоненттердің біртіндеп төмендеуімен сипатталады [2, 4].

Кен орнының кендерінің ең көп таралған текстурасы – қиылысқан, дақты, тамырлы-ұя

тәрізді. Олар пирит, сфалерит, галенитке тән. Олар мономинералды агрегаттарды да, бірнеше кенді минералдардың қосылыстарын да құрайды, негізінен галена-сфалерит, пирит-сфалерит қосылыстары.

Жолақты текстура әртүрлі құрамдағы тамырлар мен ағындардың параллель орналасуымен сипатталады. Кейде бұл текстураны пиритизация тамырларының сфалерит-галенит құрамының параллель тамырларымен өзгеруі анықтайды.

Тектоникалық бұзылулар ауданның геологиялық құрылымында өте маңызды. Ең ежелгі ұзақ өмір сүретіндер – ежелгі тау жыныстарының блоктарының орналасуын бақылайтын ендік ақаулар болып табылады. Солтүстік-шығыс кеңеюінің ақауларында герцин уақытында қаланған немесе төменгі көміртекті мұльдалардың, орта-жоғарғы көміртекті вулканогенді аппараттарының және топар кешенінің интрузияларының орналасуы анықталады.



1 – эвтакситті граниттер, гранодиориттер; 2 – эвтакситті диориттер, 3 – эвтакситті амфиболиттер, габбро-амфиболиттер; 4 – кремнийлі, кварц-серцитті жыныстар, тақтатастар (Мыңшұқыр кешені); 5 – порфир гранодиориті (Колорадо кешені)

Интрузивті түзілімдер: 6 – андезиттік порфириттер (1), габбро-диабаздар (2); 7 – диабаздық порфириттер (3), диориттік порфириттер (4) (Жақсытаған кешені, дайқалар мен кен денелері); 8 – м/з граниттері(қызылеспе кешені); 9 – кварцтық тамырлар; 10 – Тектоникалық бұзылулар; 11 – тотығу аймағының шекаралары; 12 – геологиялық картадағы канавалар және олардың нөмірлері. 13-2001 жылы Нұрдәулет ГРК бұрғылаған тарихи барлау ұңғымалары; 14 – 2022 жылы бұрғыланған инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық ұңғымалар; 15 – алтынның шартты құрамы 0,3 г/т кен денелері; 16 – алтынның шартты құрамы 0,5 г/т кен денелері; 17 – алтынның шартты құрамы 0.7 г/т кен денелері; 18 – алтынның шартты құрамы 1.0 г/т кен денелері; 19 – кен денелерінің атауы; 20 – санау блоктарының нөмірі: кен денесінің нөмірі, блоктың нөмірі санат нөмірі; 21 – топо беті; 22 – карьердің нақты жағдайы 02.01.2022 ж.; 23 – жобалық карьердің контуры; 24 – қорларды санаттау; 25 – ажырау.сызықтары, олардың нөмірлері; 26 – 2000 жылы ГРК бұрғылаған тарихи бағаналы ұңғымалар; 27 – инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық ұңғымалар; 28 – тау-кен бөлу контуры; 29 – жер бөлу контуры

2-сурет. Геологиялық бөлім, 3-профиль (Базылбекова Б.Е., 2022) [2]

Субмеридиандық бағыттағы ірі омырылулар пермь жасындағы дайқа белдеулерін

(жақсытаған кешенінде) бақылайды. Солтүстік-батыс омырылымының созылымы ең соңғысыболып табылады. Олар бойынша жекелеген жағдайларда блоктардың айтарлықтай (200-300 м дейін) тік орын ауыстырулары орын алды.

Зерттеу әдістері мен материалдары. Модельдеу әдісі заманауи ГАЖ технологияларын пайдалана отырып, аэро-, космо- фотосуреттерді морфометриялаудың, талдаудың және дешифрлеудің классикалық әдістеріне негізделген [5].

ЖКЗ деректерін талдау. Модельдеу деректеріне пайдаланады: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) радиолокациялық түсірілімдері, sentinel мультиспектрлік түсірілімдері және жоғары ажыратымдылықтағы көрінетін спектрдегі ғарыштық суреттер.

Камералдық кезеңде радиолокациялық түсірілім деректерін өңдеу рельефтің бастапқы цифрлық моделін (dem) құруға және жер қыртысының заманауи ақауларына жауап беретін сызықтарды бөліп көрсете отырып, ЖКЗ деректерін шифрдан шығаруға мүмкіндік береді.

Мультиспектрлік талдаудың мақсаты – химиялық элементке немесе элементтер тобына, тіпті эксперименталды түрде орнатылған минералдарға шағылысуға жауап беретін спектрлердің белгілі бір сипаттамалары бар аудандарды бөлу. Әртүрлі каналдардың комбинациясы тау жыныстарының айырмашылықтарын ажыратуға мүмкіндік береді. Бұл жұмыста полиметалл кендеріне сәйкес келетін спектрлердің комбинацияларын оқшаулауда әзірлемелер қолданылды.

Морфометриялық модельдеу. Геоморфологиялық талдауда рельефті талдаудың морфометриялық әдістері маңызды рөл атқарады. Негізге алынған әдістер ішінара жетілдірілген және зерттеу аумағының ағымдағы жағдайларына бейімделген [8]. Соңғы уақытта морфометриялық талдаудың барлық дерлік компоненттері геоақпараттық жүйелердің (ГАЖ) аналитикалық аппараты арқылы кеңістіктік талдаудың (SpatialAnalysis) заманауи бағдарламалық кешендеріне біріктірілген.

Зерттелетін аумақты морфометриялық талдаудың мақсаты: 1) геологиялық, геофизикалық деректерді түсіндіру үшін ақпараттық база алу; 2) геологиялық уақытта аумақ құрылысының ерекшеліктері туралы түсінік қалыптастыру және оны өзгерту болып табылады. Ол үшін келесі міндеттер шешілді: 1) радар суреттерінің деректерін дайындау; 2) dem құру (масштаб 1:10000, 1:5000); 3) аумақтың гидрологиялық моделін құру (1:5000); 4) сызықтарды бөлу (ЖКЗ деректері негізінде); 5) сызықтарды бөлу (рельефтің ерекшеліктері бойынша) және 6) қазіргі рельефтің негізгі және шыңдық беттерінің моделін құру.

Жұмыстар сандық модельдерге негізделген кеңістіктік цифрлық модельдеуді ESRI ArcInfo, TNT Mips бағдарламалық құралдарын қолдана отырып орындалды.

Алынған модель, морфометриялық талдаудың бүкіл кешені болжамды модель болып табылады.

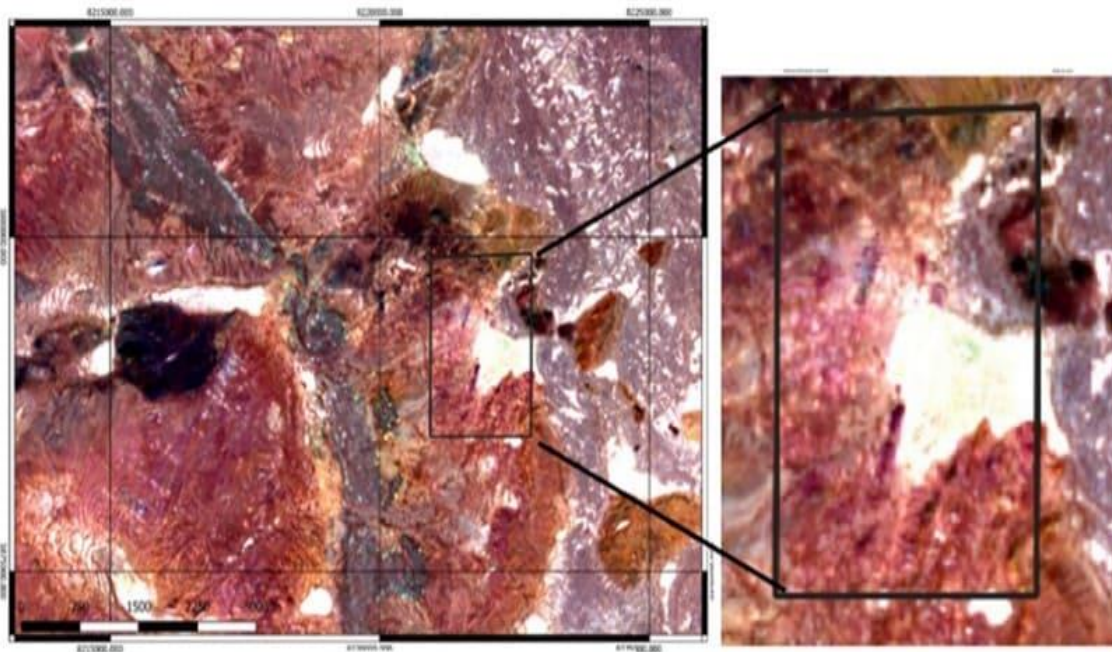
Модельдің мәні-рельефтің қалыптасуының бүкіл кезеңі үшін де, рельефтің қалыптасуының белгілі бір кезеңінде де (уақытша кесіндіде) материалдың жинақталуы, бұзылу, бұзылу құрылымдары мен аймақтарын оқшаулау болып табылады [11].

Нәтижелер және оларды талқылау. Аумақтың геологиялық құрылымын талдау үшін мультиспектрлік суреттерді қолдану технологиясы әртүрлі тау жыныстары мен кендердің толқын ұзындығы спектрінің 450-ден 700 нм-ге дейінгі көрінетін диапазонында ғана емес, сонымен қатар толқын ұзындығы мәндері 2190 нм-ге дейінгі инфрақызыл диапазонда әртүрлі шағылысу спектріне ие екендігіне негізделген. Қосқұдық учаскесінің геологиялық құрылысын қашықтықтан зерттеу және учаскенің өзінде және оған іргелес аумақта кен аймақтарының таралуын болжау үшін Sentinel-2 спутниктік кешенінен мультиспектрлік сурет пайдаланылды. Суретке келесі толқын ұзындығы бойынша бетінен шағылысқан сәулеленуді бекітудің 12 арнасы кіреді (1-кесте).

1-кесте. Sentinel-2 түсірілімінің спектрлік арналарының толқын ұзындығы

Sentinel-2 каналы	Орталық толқын ұзындығы (µm)	Рұқсат (м)	Канал ені (нм)
Канал 1 – Жағалаудағы аэрозольдер	0,443	60	20
Канал 2 – Көк	0,490	10	65
Канал 3 – Жасыл	0,560	10	35
Канал 4 – Қызыл	0,665	10	30
Канал 5 – Вегетациялық қызыл	0,705	20	15
Канал 6 – Вегетациялық қызыл	0,740	20	15
Канал 7 – Вегетациялық қызыл	0,783	20	20
Канал 8 – NIR	0,842	10	115
Канал 8A – Тар NIR	0,865	20	20
Канал 9 – Су буы	0,945	60	20
Канал 10 – SWIR-Cirrus	1,375	60	20
Канал 11 – SWIR	1,610	20	90
Канал 12 – SWIR	2,190	20	180

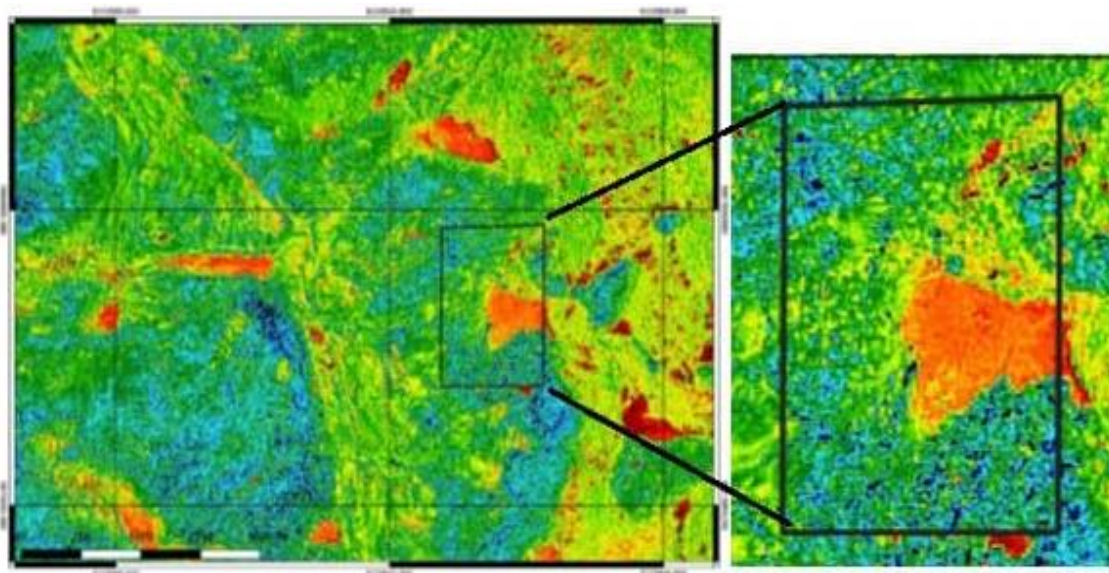
Жалған түстердегі кескіндер инфрақызыл сәулеленуді көрсету және жылу энергиясын өткізу қабілетіне байланысты жер бетіне жақын орналасқан әртүрлі тау жыныстары мен құрылымдардың орналасуын талдауға мүмкіндік береді. Сонымен, 3-суретте қызыл градациялар орта инфрақызыл диапазондағы тау жыныстарының шағылысу қабілетін (12-канал), жасыл градациялар – жақын инфрақызыл диапазондағы шағылысу қабілетін (8-канал), ал көк градациялар – көрінетін көк диапазондағы шағылысу (2-канал) бейнеленген сурет көрсетілген.



3-сурет. Қосқұдық учаскесінің ауданының жалған түстердегі суреті R -12, G -8, B-2

Кескінді ұсынудың бұл нұсқасында аумақты құрайтын тау жыныстарының құрамындағы айырмашылықтар айқын көрінеді. Сонымен, тұзды (сорды) батпақтар ақ қатты жарықтандырылған жерлерге ұқсайды, осы спектрлік комбинациядағы аллювиалды-делювиалды каналдар қызыл реңкке ие болды. Магмалық жыныстардың шығуы қараңғы аймақтармен ұсынылған, ал негізгі жыныстар жасыл-қоңыр реңктермен градацияланған. Сонымен қатар, түс каналдарының бұл тіркесімінде сызықтық-ұзартылған құрылымдар көрінді, олар жилалы немесе дайка кешендерімен байланысты болуы мүмкін.

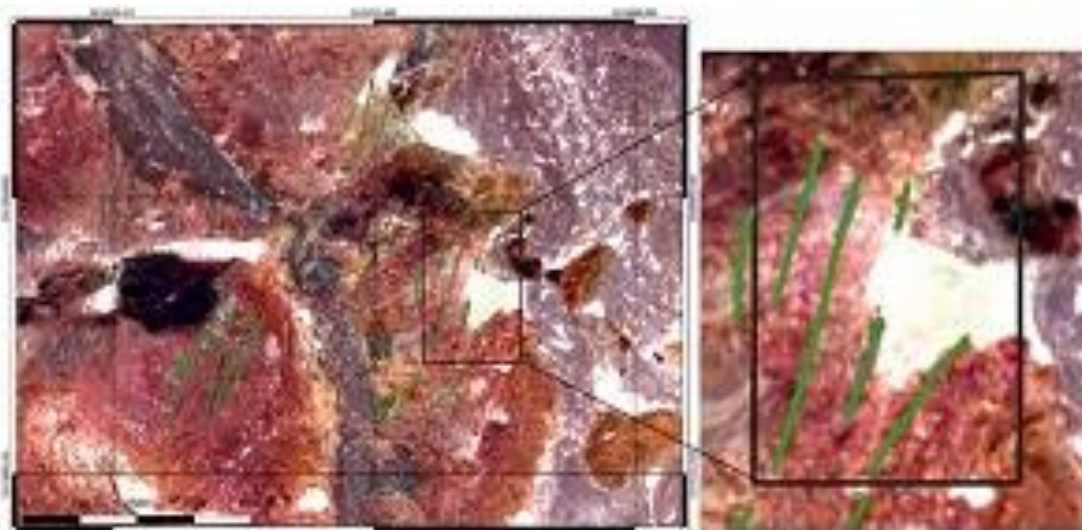
Мультиспектрлік суреттерді аумақтың геологиялық құрылымын талдау үшін қолдандудың тағы бір әдісі – индекстік кескіндерді құру. Индекстік мән деп тау жыныстарының әртүрлі түрлеріндегі берілген спектрлердің шағылысуындағы айырмашылықтарды анық көрсететін бірнеше спектрлік каналдардың тіркесімі түсініледі. Мысалы, жақын және орта инфрақызыл мәндердің қатынасы (8 каналдан 11 каналға) сазды минералдармен байытылған тау жыныстарының және кварц – дала шпаты құрамындағы жыныстардың бетіндегі орнын дәл анықтауға мүмкіндік береді. 4-суретте қарастырылып отырған аумақтың индекстік бейнесі көрсетілген, онда сары-қызыл реңктердің градациялары сазды құрамдағы жыныстардың орналасуын, ал көк-күлгін – кварц және дала шпаты жыныстарының орналасуын көрсетеді.

**4-сурет.** Қарастырылып отырған аумақтың индекстік бейнесі

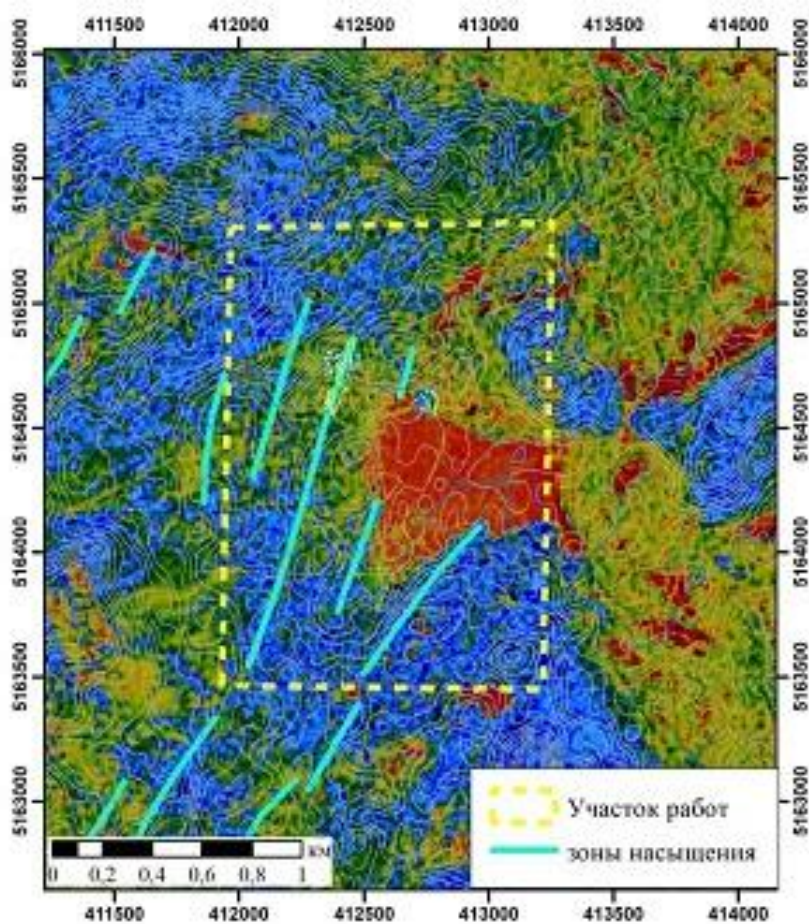
Алынған қашықтықтан түсірілген суреттерді талдау нәтижесінде Қосқұдық учаскесіндегі минералдану сызықты ұзартылған денелермен – негізінен оңтүстік-батыс – солтүстік-шығыс бағыты бар жилалармен немесе дайка кешендерімен шектелген деп болжауға болады (5-сурет).

Ең ұзын (1400 м) – «Қосқұдық» кен орнының игерілетін бөлігі арқылы тікелей өтетін сызықтық аймақ болып табылады (6-сурет). Сонымен қатар, батыстан және шығыстан бірдей қашықтықта (~250 м) тағы екі сызықтық аймақ бөлінеді, сәйкесінше 760 және 1100 м. Шығыс, жоғарғы үштен бір бөлігінде 400 м тұзды (сорды) батпақтармен жабылған. Әрі қарай, оңтүстік-шығысқа қарай шамамен 300 м, спектрлік сипаттамалары бойынша бұрын

бөлінгенге ұқсас тағы бір сызықтық аймақ байқалады.



5-сурет. ЖҚЗ суреттерін талдау нәтижелері бойынша Қосқұдық учаскесінің шегінде және іргелес аумақтарда перспективті объектілердің орналасуы



6-сурет. Мультиспектральды суреттерді интерпретациялаудың шолу схемасы

Морфологиялық элементтер БСМ өңдеу нәтижелері бойынша бөлінген және 1:5000 масштабна сәйкес келеді. Бұл сандық модель топологиялық тұрғыдан қисынды БСМ құру әдістемесіне сәйкес дайындалған және түзетілген Sentinel-2 радарлық суреттерінің өңделген деректері болып табылады.

1:5000 масштабты БСМ бірқатар модельдер мен карталардың математикалық негізі болып табылады. Оның негізінде бөлінген және салынған:

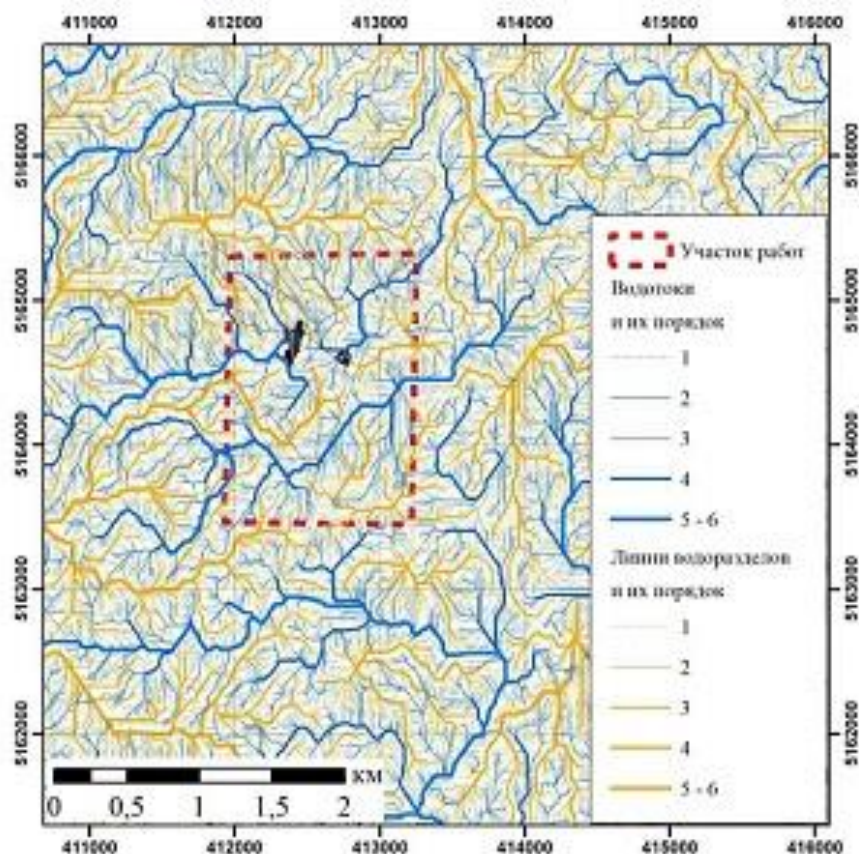
- күндізгі беттің морфологиялық элементтері мен сипаттамалары (ағын сызықтары, суайрық сызықтары, су жинау алабы, және басқа да қосалқы модельдер);
- морфометриялық модельдер мен көрсеткіштер (шың және базисті беттері, гидрологиялық модель және т.б.).

Сондай-ақ, БСМ жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық суреттерді бажайлау кезінде бедердің табиғи сызықтық элементтерін сәйкестендіру үшін негіз ретінде қолданылады.

Мұндай модельдің жоспарда бедер кескінінің дәлдігі 1-ден 3 м-ге дейін болады.

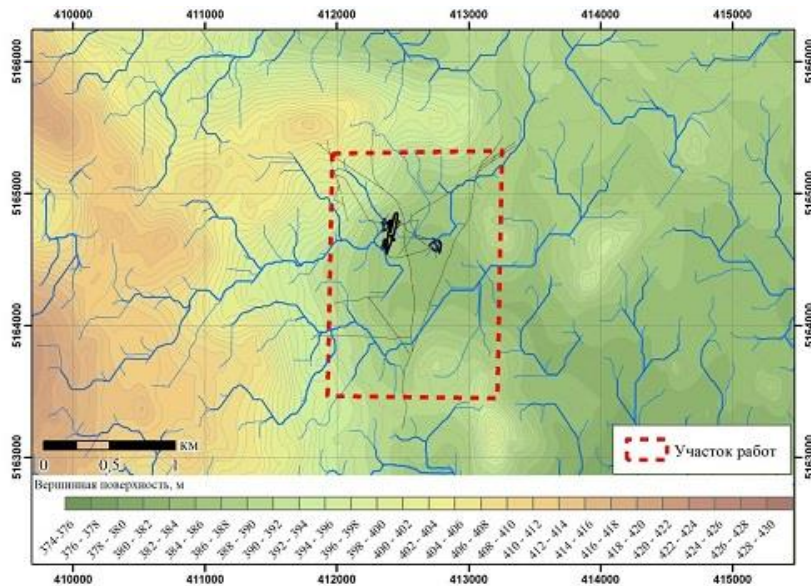
БСМ морфометриялық талдауы келесі карталарды жасауға мүмкіндік берді:

- гидрологиялық модельдің (гидрологиялық желісінің схемасы) (7-сурет);
- шың бетінің (8-сурет);
- түрлі ретті базисті беттерінің (9-сурет);
- базисті беттердің ауытқуларының;
- қалдық бедерінің.

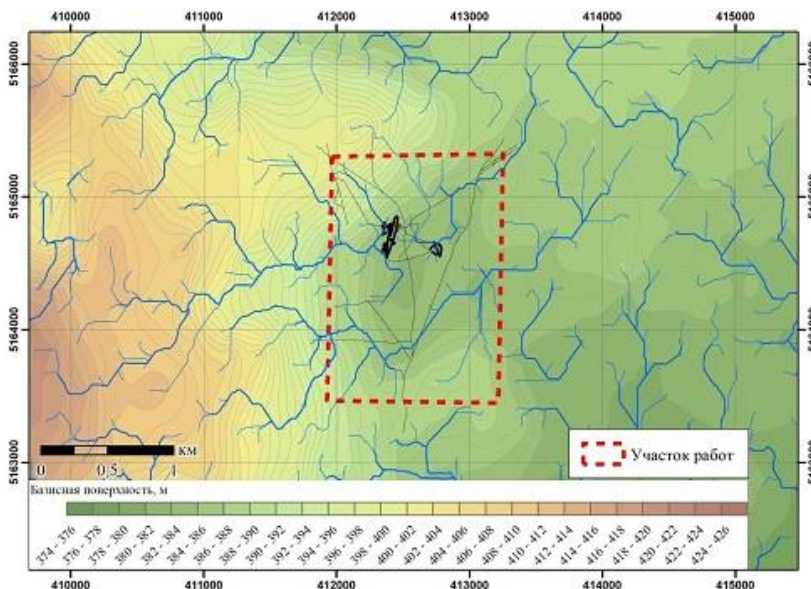


7-сурет. Гидрографиялық желісінің схемасы

Алынған базисті бетінің моделін талдаған кезде және оны құрылымдық пен геологиялық карталармен салыстырғанда, тектоникалық аймақтар мен аудандардың шекараларының геологиялық зерттеулер негізінде белгіленген шекаралармен кейбір сәйкессіздіктерін байқауға болады. Бұл жер қыртысының қозғалыстары (олар геологиялық тарихта пайда болатын тектоникалық құрылымдармен тығыз байланысты болса да) әрқашанда көне тектоникалық пішіндерінің даму аймақтарымен дәл сәйкес келмейтінін куәландырады. Бұрын геологиялық түсіріліммен бекітілген тектоникалық құрылымдар ең жаңа қозғалыстардың деректерімен сәйкес келмейді және бұл уақыт пен кеңістікте ойпандар мен көтерілім аудандарының жылжуын дәлелдейді. (Философов В. П., 1960) [16].

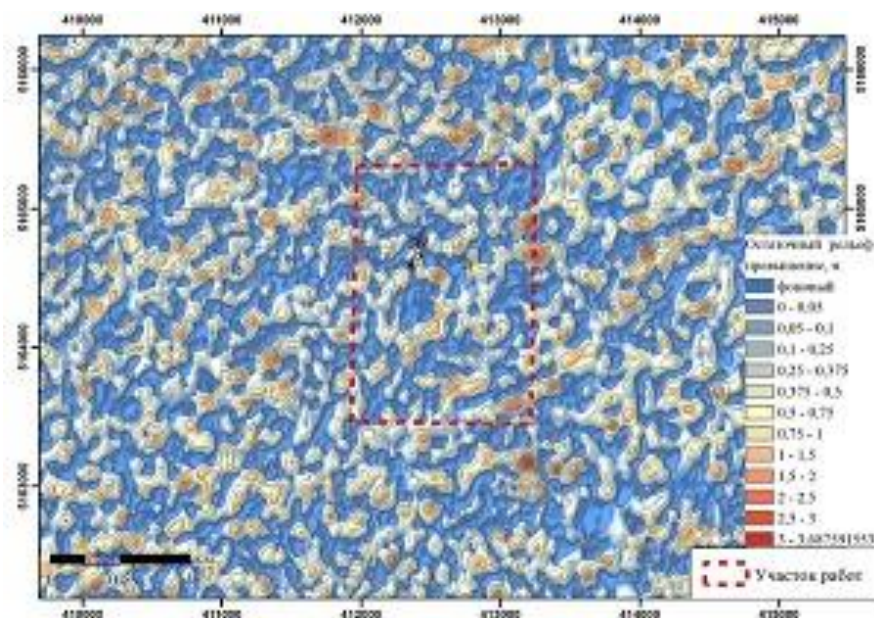


8-сурет. Шың бетінің моделі (денудацияның жоғарғы базисі)



9-сурет. Базисті бетінің моделі

Қалдық бедердің картасында олардың бағыты мен пішінінің жергілікті құрылымдары айқын көрінеді (10-сурет). Зерттеу учаскесінің контурында жергілікті көтерілімдер негізінен кеңістікте құрылымдардың ортогональды жүйелері ретінде бағытталған. Олар құрылымдық-морфометриялық әдістермен анықталған және ОБ ОШ субендік созылымға ие болады.

**10-сурет.** Ысырылу және қалдық бедердің моделі

Ысырылу моделін жасау кезінде гипсометриялық беті шың бетінен азайтылды. Нәтижесінде ысырылу учаскелері контурланады, олардың шегінде қарастырылып отырған учаскеде бедер қалыптастырушы тау жыныстары жойылды. Модель денудация процесіне максималды ұшыраған құрылымдарды көрсетеді және гипергенез аймақтары мен туынды процестердің индикаторлары бола алады [16].

Қорытынды. Геофизикалық және маршруттық зерттеулермен бірге қашықтықтан зондтау арқылы алынған деректерді пайдалануға негізделген әдістер кешенін қолдану бұрғылау жұмыстарының көлемін едәуір қысқартуға және іздеу-барлау жұмыстарын оқшаулауға мүмкіндік береді. Осы мақсаттар үшін модельдеу негізінде алынған мәліметтер бойынша құрамында кен бар жыныстардың қалыптасу ерекшеліктерін ескере отырып, болжамды карталар жасалды.

Болжамды карта кенді аймақтарды қалыптастыру үшін маңызды көрсеткіштердің бірыңғай моделіне интеграциялау жолымен құрастырылған. Болжалды модель ағымдағы зерттеулер барысында алынған келесі көрсеткіштерге негізделген:

- көп арналы ғарыштық түсірілім деректері бойынша көрсетілген спектр полиметалл кенді кен орындарының индекстеріне сәйкес келеді;
- бөлінген аумақтар болжамды кендену аймақтарының ішінде орналасқан;
- бедерді қалыптастырудың II-III кезеңдерінде пайда болған құрылымдардың жапсар шегінде орналасады;
- морфометриялық сипаттамалары бойынша жұмыс істеп тұрған кен орындарына ұқсас құрылымдар;

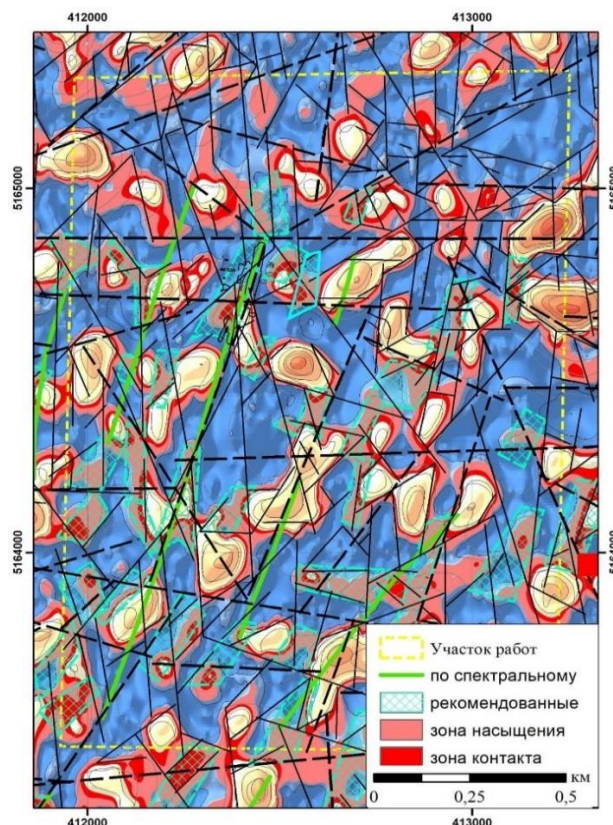
- қалдық бедер негізінде бөлінген аймақтар шегінде орналасады;
- ысырылу аймағынан тыс жерде орналасқан;
- геофизика деректері бойынша минералданудың қанығу аймақтарына сәйкес келеді және максималды жалған өткізгіштік шегінде байқалады;
- шекаралар линияменттер мен жергілікті құрылымдарды ескере отырып бөлінген.

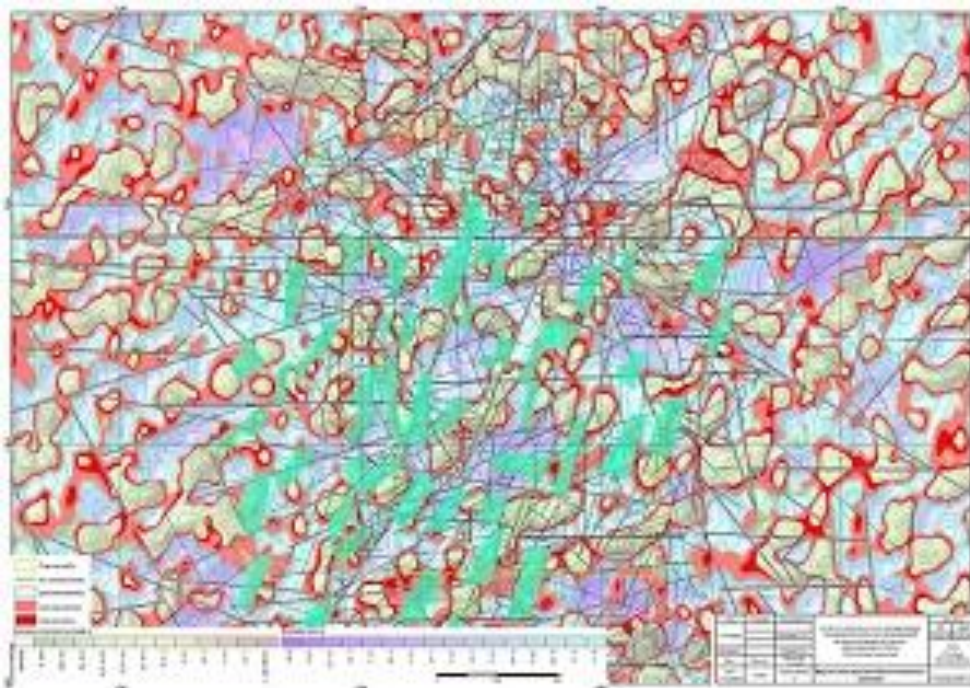
Биіктіктердің минималды өзгеруімен жазық учаскелер жағдайында морфометриялық модельдеу және оның негізінде іздеу белгілерін оқшаулау бірқатар қиындықтармен сипатталады. Жер беті туралы ЖҚЗ деректерінің техникалық шектеулері жүргізілетін жұмыстардың масштабымен салыстырылатын объектілерді ерекшелеп көрсетуге мүмкіндік береді: геологиялық объектілерді созылым бойынша 10 м-ден астам және құлау (ені) мен қалыңдығы бойынша 5 м-ден астам анықтауға болады. Осындай табиғи жағдайларда жұмыстың оң жағы – бұл жердің ашықтығы, ол спектрлік түсірілім деректерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Шағылысқан спектрдің сипаттамаларын анықтаудың дәлдігі тек сорлардың болуымен қиындайды.

Қалдық бедерді интерпретациялау негізінде (11-сурет) шартты түрде бөлінді:

- енгізу аймағы;
- ыстық енгізу аймағы;
- суық енгізу аймағы;
- жапсар аймағы;
- қанықтыру аймағы.

Кен минералдарының ең көп мөлшері қанығу аймағында шоғырланған. Жапсар аймағында ілеспе жағдайларға байланысты кендердің өнеркәсіптік концентрациясы болуы мүмкін.



11-сурет. Кешенді интерпретацияның карта-схемасы**12-сурет.** Іздеу және барлау перспективтілігінің картасы

Қорытынды болжамды модельде әрі қарай іздестіру және барлау үшін ұсынылған аудандардың контурлары белгіленген, олар қанықтыру аймағына сәйкес болады, сонымен бірге геофизикалық жұмыстар бойынша максималды жалған өткізгіштік учаскелеріне сәйкес келеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Геологический словарь <https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/>
2. Горкин Д.С., Шаталин С.А. «Отчет о результатах проведения геофизических исследований на месторождении Коскудук Карагандинской области», ТОО «Геоджет Эксплорейшн», г. Москва, 2021 г.
3. Калинин Л.С. «Геологическое строение и полезные ископаемые Тасарал-Кызылэспинского среднего массива» L-43-52-Б, Фонды ТУ «Центрказнедра»
4. Жуков М.И. «Отчет по поискам стратифицированных полиметаллических месторождений в пределах Тасарал-Кызылэспинского антиклинория», Фонды ТУ «Центрказнедра», 1974 г.
5. Могиллин В.С., Буханцов С.Г., Казанцев О.П., Оспанов С.А. «Отчет по доразведке золотополиметаллического месторождения Коскудук с технико-экономическим обоснованием кондиций и подсчетом запасов по состоянию на 01.07.2001г. (цинк, свинец, золото, серебро) Карагандинская область, Актогайский район, ТОО «Нурдаулет», г. Астана, 2001 г.
6. Основы аэрокосмофотосъемки / О. Н. Калинина, В.Н. Судариков, ОГУ, Оренбург 2013.
7. Стратиграфический кодекс. ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург. – 2006. – 96 с.
8. Нугманов И.И., Нугманова Е.В., Чернова И.Ю..Основы морфометрического метода поиска неотектонических структур: – Казань: Казанский университет. – 2016. – 53 с.
9. Horton, R.E. (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydro-Physical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of American Bulletin, 56, 275-370. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
10. Darma Y., Seyrek K. Determination of Watershed Boundaries in Turkey by GIS Based Hydrological River Basin Coding. Journal of Water Resource and Protection. – Vol. 8. – No. 11. – 2016. – P. 965-

981.

11. Якименко Э.Л. Морфометрия рельефа и геология / Новосибирск: Наука, отд-ние, 1990.
12. Strahler, A. N. (1960). Objective and Quantitative Field methods of terrain analysis. New York: Harper & Row.
13. Фролова О.В., Охотенко А.И., Зимановская Н.А., Щербачев Д.А., Тельгараева А. Геотехнический мониторинг Николаевского карьера с применением дистанционных методов зондирования. Труды Университета 4(87). – 2022. – С. 182-187
14. Kant, C., Kumar, G. & Meena, R.S. Modeling morphometric and geomorphological parameters of mountainous river basin for water resource management using remote sensing and GIS approach. Model. Earth Syst. Environ. (2022). <https://doi.org/10.1007/s40808-022-01614-0>
15. Corsi A.C., Bitar O., Siqueira A.G., Stabile R.A. Modelling and mapping mass movements using statistic method and morphometric parameters // Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice. – 2016. – 2224 p.
16. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1960.

References

1. Geologicheskij slovar' <https://www.vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/>
2. Gorkin D.S., SHatalin S.A. «Otchet o rezul'tatah provedeniya geofizicheskikh issledovanij na mestorozhdenii Koskuduk Karagandinskoy oblasti», TOO «Geodzhet Ekspl'rejshn», g. Moskva, 2021 g.
3. Kalinin L.S. «Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Tasaral-Kyzylespinskogo srednego massiva» L-43-52-B, Fondy TU «Centrkaznedra»
4. ZHukov M.I. «Otchet po poiskam stratificirovannykh polimetallicheskih mestorozhdenij v predelakh Tasaral-Kyzylespinskogo antiklinoriya», Fondy TU «Centrkaznedra», 1974 g.
5. Mogilin V.S., Buhancov S.G., Kazancev O.P., Ospanov S.A. «Otchet po dorazvedke zolotopolimetallicheskogo mestorozhdeniya Koskuduk s tekhniko-ekonomicheskim obosnovaniem kondicij i podschetom zapasov po sostoyaniyu na 01.07.2001g. (cink, svinec, zloto, srebro) Karagandinskaya oblast', Aktogajskij rajon, TOO «Nurdaulet». g. Astana, 2001 g.
6. Osnovy aerokosmofotos"emki / O. N. Kalinina, V.N. Sudarikov, OGU, Orenburg 2013.
7. Stratigraficheskij kodeks. FGBU «VSEGEI», Sankt-Peterburg. – 2006. – 96 s.
8. Nugmanov I.I., Nugmanova E.V., CHernova I.YU.. Osnovy morfometricheskogo metoda poiska neotektonicheskikh struktur: – Kazan': Kazanskij universitet. – 2016. – 53 s.
9. Horton, R.E. (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydro-Physical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of American Bulletin, 56, 275-370. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
10. Darama Y., Seyrek K. Determination of Watershed Boundaries in Turkey by GIS Based Hydrological River Basin Coding. Journal of Water Resource and Protection. – Vol. 8. – No. 11. – 2016. – P. 965-981.
11. YAkimenko E.L. Morfometriya rel'efa i geologiya / Novosibirsk: Nauka, otd-nie, 1990.
12. Strahler, A. N. (1960). Objective and Quantitative Field methods of terrain analysis. New York: Harper & Row.
13. Frolova O.V., Ohotenko A.I., Zimanovskaya N.A., SHCHerbakov D.A., Tel'garaeva A. Geotekhnicheskij monitoring Nikolaevskogo kar'era s primeneniem distancionnykh metodov zondirovaniya. Trudy Universiteta 4(87). – 2022. – S. 182-187.
14. Kant, C., Kumar, G. & Meena, R.S. Modeling morphometric and geomorphological parameters of mountainous river basin for water resource management using remote sensing and GIS approach. Model. Earth Syst. Environ. (2022). <https://doi.org/10.1007/s40808-022-01614-0>
15. A.C. Corsi, O. Bitar, A.G. Siqueira, R.A. Stabile. Modelling and mapping mass movements using statistic method and morphometric parameters // Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice. – 2016. – 2224 p.
16. Filosofov V.P. Kratkoe rukovodstvo po morfometricheskomu metodu poiskov tektonicheskikh struktur. – Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 1960.