

АНДАТПА

8D07201 «Геология және пайдалы қазба кен орнын барлау»
білім беру бағдарламасы бойынша «философия докторы» (PhD)
дәрежесін алу үшін диссертация

ЕСКАЛИЕВ ЕРТАЙ ТАЛГАТОВИЧ

«БАТЫС ҚАЛБА АЛТЫН КЕН БЕЛДЕУІ МЫСАЛЫНДА ЗАМАНАУИ СПУТНИКТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУМЕН АЛТЫН КЕН ОРЫНДАРЫН БОЛЖАУ ӘДІСТЕМЕСІ»

Жұмыстың жалпы сипаттамасы: Диссертацияда Шығыс Қазақстанның Батыс Қалба алтын кен аймағы негізінде спутниктік қашықтықтан зондтау әдістерін, атап айтқанда, ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) мультиспектрлік радиометрінің деректерін және EnMAP гиперспектрлік деректерін гидротермиялық өзгерістер аймақтарын картаға түсіру және алтын кен орындарын іздеу критерийлерін әзірлеу үшін қолдану қарастырылады. Зерттеу аймақтық геологиялық деректерді, кен орындарының минералогиялық және петрографиялық сипаттамаларын және гидротермиялық өзгерістер үлгілерін зертханалық анықтамалық спектрлермен (USGS кітапханасы) біріктіретін мақсатты минералдардың кешенді геологиялық негізделген жүйесін әзірледі. Бірлескен тіркеуді, атмосфералық түзетуді, NDVI маскалауды, спектрлік индекстерді есептеуді, жалған түсті композиттерді генерациялауды және көп көріністі деректердің мозаикасын қамтитын ASTER мультиспектрлік деректерін өңдеудің қайталанатын технологиялық процесі орнатылды. Зерттеу көрсеткендей, Al–OH, Mg/Fe–OH минералдарының, карбонаттар мен Fe³⁺ оксидтерінің диагностикалық спектрлік ерекшеліктерін және олардың электромагниттік сәулеленудің жұтылу және шағылысу қасиеттерін қолдану спутниктік спектрлік реакциялар мен алтын кенденуімен генетикалық байланысты гидротермиялық өзгерістердің зоналылығы арасындағы қайталанатын байланысты қамтамасыз етеді. Әдістеме белгілі кен орындарымен және іздестіру көріністерімен кеңістіктік корреляциялық талдау, сондай-ақ күшті кеңістіктік корреляцияны көрсететін EnMAP гиперспектрлік растауы арқылы расталды: 80-нен астам кен орындары мен геологиялық

барлау іздері ASTER деректері бойынша анықталған өзгерістер аймақтарымен сәйкес келеді.

Зерттеудің өзектілігі. Соңғы онжылдықтарда алтынға деген жаһандық сұраныс пен алтын өндіру көлемі тұрақты түрде өсіп келеді, ал кен орындарын ашу және игеру бай кендердің сарқылуы, кен құрамының төмендеуі және экологиялық талаптардың қатаюы салдарынан барған сайын күрделене түсуде. Шығыс Қазақстанда әртүрлі генетикалық типтегі көптеген алтын кен орындары шоғырланған, олардың негізгі бөлігі ұзақ уақыт бойы елдің минералдық-шикізаттық базасына елеулі үлес қосып келген Батыс Қалба алтынды белдеуінде орналасқан. Сонымен қатар, тек дәстүрлі іздеу тәсілдерін қолдану арқылы жаңа ірі объектілерді ашу әлеуеті төмендеп келеді, бұл ауқымды және қайталанатын скрининг әдістеріне деген қажеттілікті арттырады. Спутниктік қашықтан зондтау аймақтық деңгейде беткі өзгерістердің іздерін және құрылымдық бақылауды картаға түсіру арқылы осындай мүмкіндік ұсынады, алайда оның Қазақстанда қолданылуы әлі де шектеулі болып қалып отыр және жаңа әдістемелерді әзірлеуді талап етеді.

Зерттеу объектісі: Батыс Қалба металлогендік аймағының алтын кен орындары мен көріністері, атап айтқанда Бақыршық және Ақжал-Васильевское кен орындары (Шығыс Қазақстан).

Зерттеу пәні: алтын кенденуіне байланысты гидротермиялық өзгеру аймақтары, олардың спутниктік қашықтықтан зондтау арқылы анықталатын спектрлік қолтаңбалары және өзгеріс минералогиясы мен алтын кенденуінің түзілуі арасындағы байланыс.

Зерттеудің мақсаты: Батыс Қалба алтын кен белдеуінде (Шығыс Қазақстан) алтынды іздеу үшін қашықтықтан зондтаудың келісілген әдістемесін әзірлеу, ол гидротермиялық өзгерістердің іздерін картаға түсіреді және перспективалы аймақтарды анықтауға қолдау көрсетеді.

Зерттеудің міндеттері:

1) Батыс Қалба алтынды белдеуіндегі алтын кентасты жүйелерде кен түзілу үдерістерін бейнелейтін және спутниктік деректерді интерпретациялауға жарамды гидротермиялық өзгерістердің негізгі индикаторларының жиынтығын қалыптастыру және негіздеу; одан кейін оларды перспективалы алтын кентасты учаскелерді болжамды түрде бөлу кезінде диагностикалық ақпараттылығы мен шектеулерін бағалау.

2) Аймақтық геологиялық көздер мен анықтамалық зертханалық спектрлерді пайдалана отырып, гидротермиялық өзгерістердің

минералдары мен сәулеленудің диагностикалық спектрлерді картаға түсіретін мақсатты индикаторлар жүйесін құру.

3) ASTER мультиспектралдық деректерін өңдеудің қайталанатын технологиялық үдерісін әзірлеу, оған деректерді теңестіру, NDVI негізінде маскалау, спектралдық индекстерді есептеу, жалған түсті (псевдотүсті) композиттерді құру және көпсценалы деректерді мозаикалау кіреді.

4) Тәуелсіз объектіге бағытталған салыстыруды және қамту мүмкіндігі бар EnMAP гиперспектрлік спектрлерін пайдалана отырып, өзгерістерді картаға түсіру нәтижелерін растау.

5) Гидротермиялық өзгерістер бойынша аймақтық деректер жиынтығын құру және барлау жұмыстарын жүргізу үшін перспективалық аймақтарды анықтау.

Зерттеудің негізгі әдістері:

Батыс Қалба белдеуіндегі алтын кен объектілері бойынша геологиялық ақпаратқа шолу және талдау; алтын кен кендерін құрайтын жүйелердегі гидротермиялық өзгерістердің негізгі минералдар-индикаторлары жиынтығының негіздемесі; көп және гиперспектрлік суреттердегі минералдар-индикаторлардың зертханалық спектрлік өлшемдерінен каталогын құру; спутниктік қашықтықтан зондтау деректерін өңдеуді қамтитын кешенді аналитикалық зерттеулер (ASTER мультиспектрлік деректері және EnMAP гиперспектрлік деректері), спектрлік талдау, спектрлік индекстерді есептеу, жалған түсті композиттерді генерациялау, кеңістіктік корреляциялық талдау және геологиялық және минералогиялық деректермен интеграция. Жерді зондтау әдістерін қолданумен перспективалық алтын кен учаскелерін болжамды бөлу кезінде диагностикалық ақпараттылықты және шектеулерді бағалау.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:

1) Батыс Қалба алтын кен белдеуі үшін алғаш рет аймақтық геологиялық деректерді, кен орындарының минералогиялық және петрографиялық сипаттамаларын және гидротермиялық өзгеру заңдылықтарын зертханалық анықтамалық спектрлермен интеграциялау негізінде геологиялық негізделген минералогиялық-спектрлік аудандастыру схемасы жасалды (USGS кітапханасы). ASTER сенсоры тіркеген Al–OH, Mg/Fe–OH минералдарының, карбонаттардың және Fe³⁺ оксидтерінің диагностикалық спектрлік ерекшеліктерін пайдалану спутниктік спектрлік жауаптар мен гидротермиялық өзгерістердің аудандастырылуы арасындағы қайталанатын байланысты қамтамасыз ететіні көрсетілген. алтын кенденуімен генетикалық байланысты.

2) EnMAP деректері бойынша ASTER мультиспектрлік талдауын гиперспектрлік минералогиялық верификациямен біріктіретін минералогиялық верификациясы бар алтынды іздеудің интеграцияланған мульти– және гиперспектрлік әдістемесі әзірленді. Al–OH, Mg/Fe–OH, карбонаттар мен Fe³⁺ оксидтерінің диагностикалық жұтылу диапазондарына бағытталған мультиспектрлік коэффициенттердің жоғары ажыратымдылықтағы спектрлік салыстырумен үйлесуі аймақтық іздеу картасынан жергілікті минералогиялық сәйкестендіруге көшуді қамтамасыз ететіні көрсетілген. және қашықтықтан анықталған ауытқулардың геологиялық негізділігін арттырады.

3) Батыс Қалба белдеуі шегіндегі перспективалы алтын кен аймақтарын анықтау үшін гидротермиялық өзгерістерді қашықтықтан картаға түсірудің жоғары тиімділігі көрсетілген. Шамамен 30 750 км² аумақта ASTER деректері бойынша анықталған өзгеру аймақтары мен 80-нен астам белгілі алтын кен орындары мен кен орындары арасында тұрақты кеңістіктік корреляция бар. Кешенді валидация негізінде гидротермиялық өзгерістердің аймақтық аудандастырылуы жаңғыртылып, үш перспективалы аймақ (B1, B2 және A1) анықталды, бұл жасырын және бұрын анықталмаған минералдану объектілерін анықтау мүмкіндігін растайды.

Ғылыми жаңалығы. Бұл жұмыстың ғылыми жаңалығы Батыс Қалба белдеуі үшін геологиялық тұрғыдан негізделген нысаналы минералдар-индикаторлардың жүйесін көпсценалы ASTER деректерін өңдеудің қайталанатын технологиялық үдерісімен интеграциялауда болып табылады. Аталған үдеріс бүкіл зерттеу аумағы бойынша өзара салыстырмалы біріктірілген өнімдерді қалыптастырады және валидацияның екі деңгейлі стратегиясымен толықтырылады: ол кен орындары мен іздестіру көріністерімен объектіге бағдарланған кеңістіктік сәйкестікті қамтиды, сондай-ақ жабын аймақтары қабаттасқан аумақта EnMAP гиперспектралдық деректері арқылы растауды жүзеге асырады. Мұндай тәсіл индикатор минералдарды интерпретациялауды және белгісіздікті бағалауды едәуір күшейтеді. Қазақстанда алтын кен объектілерінде бұл жұмыстар алғаш рет жүргізілуде, бұл әр түрлі генетикалық типтегі кен орындарын іздеу және барлау үшін қашықтықтан технологияларды пайдалануды дамытуға елеулі үлес қосатыны сөзсіз.

Практикалық маңыздылығы. Практикалық маңыздылығы ықтимал алтын кен көріністерінің перспективалық учаскелерін, кен орындарын алдын-ала болжау үшін қашықтықтан әдістерді қолдану

әдістемесін құру болып табылады, бұл геологиялық барлау жұмыстарының тиімділігін едәуір арттырады.

Зерттеу нәтижелері «GEOSAT» ЖШС-нің өндірістік қызметіне енгізілген және «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАҚ 7М07302 «Геодезия» білім беру бағдарламасының «Қашықтан зондтау нәтижелерін жинау мен өңдеудің автоматтандырылған жүйелері» пәні бойынша оқу үдерісінде пайдаланылуда.

Нақты материал және автордың жеке үлесі.

Зерттеудің негізгі нақты материалы автордың докторантурада оқу барысында, сондай-ақ Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын келесі ғылыми жобаларға қатысу барысында алған мәліметтері мен тәжірибесіне негізделген:

1. ЖТН BR24992854 «Шығыс Қазақстан облысының тау-кен металлургия өнеркәсібінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін бәсекеге қабілетті ғылыми негізделген технологияларды әзірлеу және енгізу».

2. ЖТН AP25795761 «Спутниктік технологиялар, ГАЖ және терең оқыту ЖИ негізінде ПҚ алтын кен орындарын болжау үшін біріктірілген әдісін әзірлеу».

Біліктілікті арттыру аясында автор Берлин техникалық университетінде (Германия) екі ғылыми тағылымдамадан өтті, оның бағдарламасы диссертациялық жұмыста қолданылатын әдіснамамен және аналитикалық тәсілдермен тығыз үйлестірілді.

Диссертацияда Батыс Қалба белдеуінің алтын кен объектілері және шетелдік аналогтары бойынша монографиялық, анықтамалық және ғылыми жарияланымдарды талдау нәтижелері пайдаланылды. Жұмыс автор жинаған және түсіндірген аймақтық геологиялық материалдар мен мәліметтер базасына, сондай-ақ қашықтықтан зондтау спутниктік деректерін өңдеу нәтижелеріне және алынған тақырыптық картографиялық өнімдерге сүйенеді. Сонымен қатар, зерттеу аймағындағы белгілі кен орындары мен іздестіру-барлау объектілері туралы мәліметтер, оның ішінде алдыңғы жұмыстардың материалдары және егер бар болса, қарастырылып отырған объектілерде далалық жұмыстарды жүргізген әріптестерімен бірлесіп алынған қосымша мәліметтер тартылды.

Спутниктік деректерді өңдеу және әдістемені әзірлеу IRN AP25795761 жобасы аясында жүзеге асырылды және оны автор орындады. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, автор спутниктік

қашықтықтан зондтау мен геоакпараттық талдауды біріктіретін және аймақтық скринингтің тиімді құралы мен мақсаттарға басымдық беру арқылы дәстүрлі геологиялық барлау мүмкіндіктерін кеңейтетін алтын кенішінің объектілерін болжау мен іздеудің интеграцияланған әдістемесін ұсынды.

Жұмыстың апробациясы және жарияланымдары.

Жұмыстың нәтижелері 7 ғылыми мақалада жарияланған, оның ішінде 3 мақала ҚР ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда (Университет еңбектері, Қазақстанның кен журналы), 1 мақала Scopus/Web of Science мәліметтер базасына енген халықаралық журналдарда жарияланған (Minerals).

Зерттеу нәтижелері келесі жарияланымдарда көрсетілген:

Scopus/Web of Science енгізілген рецензияланатын ашық қолжетімді журнал:

1. D'yachkov B.A., Mizernaya M.A., Khromykh S.V., Bissatova A.Y., Oitseva T.A., Miroshnikova A.P., Frolova O.V., Kuzmina O.N., Zimanovskaya N.A., Pyatkova A.P., Zikirova K.T., Ageyeva O.V., Yeskaliyev Y.T. Geological history of Great Altai: Implications of Mineral Exploration. Minerals. 12(6), 744, 2022 <https://doi.org/10.3390/min12060744>.

ҚР ҒЖБССҚК ұсынған ғылыми журналдар:

1. Zikirova K.T., Mizernaya M.A., Yeskaliyev Y.T., Aitkazyyev T., Joyashish T. The Scientific Basis of the Investment Attractiveness of Geological Structures on the Example of Rudny Altai. Университет еңбектері, №1 (90), 2023, Б. 144-150.

2. Мизерная М.А., Дьячков Б.А., Мирошникова А.П., Ескалиев Е.Т. Бақыршық кенді кен орындарының геологиялық құрылымы, магматизмі мен кен түзу ерекшеліктері. Университет еңбектері, №3 (84), 2021. Б. 94-99.

3. Mizernaya M.A., Agaliyeva B.B., Shayakhmetova Z.A., Yeskaliyev Y.T. Features of the microelement composition of ore of the Artemyevskoye deposit (Rudny Altai). Қазақстанның кен журналы, №1, 2026, С. 25-30.

Зерттеу нәтижелері халықаралық конференцияларда баяндалды және талқыланды:

1. Methodology of scientific forecasting based on GIS of precious metal deposits in Eastern Kazakhstan. «Геоинформатика: теориялық және қолданбалы аспектілер» атты 20-шы халықаралық конференция, 11- 14 мамыр 2021, Киев, Украина.

2. Structural position, magmatism and mineralization of Bakyrchik ore field (Kazakhstan). 22-ші Халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференция SGEM, 4-10 шілде 2022, Альбения, Болгария.

3. WeedsGalore: A Multispectral and Multitemporal UAV-Based Dataset for Crop and Weed Segmentation in Agricultural Maize Fields. Компьютерлік көруді қолдану бойынша IEEE/CVF қысқы конференциясы (WACV), 28 ақпан–4 наурыз 2025 ж., Туксон, Аризона, АҚШ.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыс 161 беттен, соның ішінде кіріспеден, алты бөлімнен, қорытындыдан, 94 атаудан тұратын пайдаланылған дереккөздердің тізімінен, 56 суреттен, 14 кестеден және 2 қосымшадан тұрады.

Бірінші тарауда Қазақстандағы алтынның минералдық ресурстарының жай-күйі туралы ақпарат беріледі және зерттеу алаңдарын таңдау негізделеді.

Екінші тарауда Ертіс-Зайсан қатпарлы жүйесінің құрылымдарындағы Батыс Қалбының геологиялық жағдайының қысқаша сипаттамасы қарастырылады, Шығыс Қазақстанның негізгі алтын кен объектілерінің сипаттамасы беріледі.

Үшінші тарау докторант әзірлеген геологиялық мақсаттар үшін Жерді қашықтықтан зондтау технологиясын пайдалану әдістемесін ұсынуға арналған.

Төртінші тарауда электромагниттік сәулелену аймақтарының сіңіру көрсеткіштері негізінде гидротермиялық өзгерістер аймақтарын бағалау үшін қолданылатын қашықтықтан зондтау әдістері сипатталған.

Бесінші тарауда эталондық аумақтар шегінде (Бакыршық және Ақжал-Васильев кен алқаптары) қашықтықтан зондтау деректері негізінде карталау нәтижелері сипатталған.

Алтыншы тарауда әзірленген әдістеме негізінде В1, В2, А1 перспективалық кен алқаптары бөлінді.

Қорытындыда зерттеу нәтижелері бойынша негізгі тұжырымдар келтірілген.