

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

БЕГИМЖАНОВА ЕРКЕЖАН ЕРНАРҚЫЗЫ
«Экологиялық тәуекелдерді бағалауда геокеңістіктік деректерді
интеграциялау (Қарағанды облысының өнеркәсіптік аймақтары
мысалында) »

8D07306 - «Геокеңістіктік сандық инженерия»
Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясына
АҢДАТПА

Ғылыми кеңесші:
т.ғ.к., профессор
К.Б. Рысбеков
PhD доктор, профессор
Ы.Жакыпбек

Шетелдік ғылыми кеңесші: т.ғ.д.,
профессор Дай Хуаян (Қытай тау-
кен техникалық университеті,
Пекин)

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2025

КІРІСПЕ

Диссертациялық жұмыс тақырыбының өзектілігі. Өнеркәсіп пен урбанизацияның қазіргі дамуы қоршаған ортаға антропогендік жүктеменің артуымен және экологиялық мәселелердің ушығуымен қатар жүреді. Қазақстан үшін, әсіресе Қарағанды облысы үшін бұл мәселе ерекше маңызға ие. Аталған өңір елдің ірі индустриялық орталықтарының бірі болып табылады, мұнда металлургия, көмір, химия және энергетика салаларының кәсіпорындары шоғырланған. Табиғи ресурстардың қарқынды пайдаланылуы, шығарындылар мен жиналған қалдықтардың жоғары шоғырлануы аймақтың халқының денсаулығына және аумақтың тұрақты дамуына әсер ететін кешенді экологиялық тәуекелдерді қалыптастырады.

Дәстүрлі экологиялық мониторинг әдістері көбінесе кеңістіктік дәлдік пен тәуекелдерді кешенді бағалау деңгейін қамтамасыз ете алмайды. Ал геокеңістіктік деректермен жұмыс істеудің заманауи технологиялары — геоақпараттық жүйелерді (ГАЖ), Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ), экологиялық мониторинг пен статистикалық көрсеткіштер деректерін біріктіру — экологиялық тәуекелдерді неғұрлым дәл әрі жан-жақты бағалау үшін жаңа мүмкіндіктер береді.

Өртүрлі геокеңістіктік деректерді біріктіру ластанудың кеңістіктік заңдылықтарын анықтауға, ластаушы заттардың таралуын модельдеуге, экологиялық тұрғыдан осал аумақтарды айқындауға, сондай-ақ экологиялық жүктемені азайту бойынша негізделген шараларды әзірлеуге мүмкіндік береді. Қарағанды облысының өнеркәсіптік өңірлері үшін бұл мәселе ерекше өзекті, өйткені:

- экологиялық тәуекелдерді басқарудың тиімді құралдарын әзірлеу;
- ұлттық және халықаралық экологиялық саясат талаптарына сәйкестікті қамтамасыз ету;
- халық денсаулығы мен қоршаған ортаға теріс әсерді барынша азайту;
- тұрақты әлеуметтік-экономикалық дамудың негіздерін қалыптастыру қажеттілігі туындап отыр.

Зерттеудің маңыздылығын арттыратын факторлардың бірі — Қазақстан Республикасының стратегиялық құжаттарында экологиялық қауіпсіздік пен тұрақты даму мәселелерінің басым бағыттар ретінде айқындалуы:

- «Жасыл Қазақстан» ұлттық жобасы (2021–2025 жж.) – өнеркәсіптің қоршаған ортаға тигізетін теріс әсерін азайту мен өңірлердің экологиялық жағдайын жақсартуды көздейді;
- Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі (жаңа редакциясы, 2021 ж.) – қоршаған ортаға әсерді бағалау және экологиялық тәуекелдерді басқарудың заманауи тәсілдерін бекітеді.

Халықаралық тұрғыдан алғанда да бұл тақырыптың өзектілігі жоғары. Қазақстан жаһандық бастамаларға қатысушы ретінде БҰҰ-ның Тұрақты даму мақсаттарын (ТДМ, 2015–2030 жж.) іске асыру жөнінде міндеттеме алынған.

Зерттеу жұмысы Тау-кен металлургия институтының ТКМК инновациялық-инжиниринг орталығының «Экологиялық мониторинг»

зертханасында БНҚ ЖТН BR21881939 «Тау-кен металлургия кешені үшін ресурс үнемдейтін энергия өндіруші технологияларды әзірлеу және инновациялық инжинирингтік орталық құру» нысаналы бағдарламаның аясында орындалды.

Сондықтан Қарағанды облысы мысалында экологиялық тәуекелдерді бағалау кезінде геокеңістіктік деректерді интеграциялауға бағытталған бұл зерттеу өзекті болып табылады. Ол экологиялық қауіпсіздікті басқарудың ғылыми негіздерін және практикалық құралдарын жетілдіруге, мониторингтің тиімділігін арттыруға, тәуекелдерді болжаудағы белгісіздікті азайтуға және ұлттық пен халықаралық стратегиялық басымдықтарға сәйкес келуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың мақсаты: Қарағанды облысының өнеркәсіптік аймақтарында геокеңістіктік деректерді интеграциялау негізінде экологиялық тәуекелдерді бағалау болып саналады.

Диссертациядағы шешілетін негізгі мәселелер:

- Геокеңістіктік және статистикалық мәліметтерді интеграциялау әдісін зерделеу;
- Экологиялық тәуекелдерді бағалау әдістемесін құру;
- Ауыр металдардың құрамдық корреляциялық-геостатистикалық моделін жасау;
- Экологиялық тәуекел аймақтарын кеңістіктік талдау және картографиялау;
- Тұрғылықты тұрғындардың экологиялық тәуекел аймақтарында кеңістіктік орналасуын және өзара байланысын бағалау.

Зерттеу әдістері:

Алға қойылған міндеттерді шешуде жүйелі талдаулар, геокеңістіктік және статистикалық мәліметтер мен ауыр металдардың өзара құрамдық корреляциялық-геостатистикалық моделі қолданылды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- Геокеңістіктік және статистикалық мәліметтерді интеграциялау арқылы өнеркәсіп аймақтарындағы экологиялық тәуекелдерді бағалау әдістемесі ұсынылды.
- Экологиялық тәуекел аймақтарын анықтауда ауыр металдардың өзара құрамдық корреляциялық-геостатистикалық моделі ұсынылды.

Диссертациядағы қорғалатын ғылыми қағидалар:

- Геокеңістіктік және статистикалық мәліметтерді интеграциялау арқылы өнеркәсіп аймақтарындағы экологиялық тәуекелдерді бағалау әдістемесін құруға мүмкіндік береді.
- Ауыр металдарды өзара құрамдық корреляциялық-геостатистикалық моделі экологиялық қауіпті зоналарды анықтауға мүмкіндік береді.

Ғылыми нәтижелер мен қорытындылардың негізделгендігі және сенімділігі мыналармен дәлелденеді:

- тәуекелдерді бағалауда геокеңістіктік және статистикалық мәліметтерді пайдаланумен;

- тау кен өндірудегі шығарындылардың денсаулыққа қауіп қатерін сандық бағалау және корреляциялық-геостатистикалық моделі қолдаунудан;
- ғылыми нәтижелерді оқу үдерісінде енгізумен, техникалық және ғылыми жобаларын орындауда пайдаланумен.

Жұмыстың апробациясы.

Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары мен нәтижелері мынадай конференцияларда баяндалды және талқыланды: Халықаралық-тәжірибелік конференция «Сатпаев оқулары» (Алматы, 2021), materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Zprávy vědecké ideje -2021» (Польша, 2021), materials of the XVII International scientific and practical Conference Conduct of modern science (Praha, 2021), materiały XXII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2025» (Przemyśl, 2025).

Ғылыми жариялымдар.

Диссертация тақырыбы бойынша 11 ғылыми еңбек жарияланды. Олардың ішінде 4 мақала Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігінің білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда, 1 мақала Journal of Advanced Research in Natural Science журналында, 4 мақала халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция жинақтарында, 2 мақала Scopus/Web of Science базасында Q1 квартиліне енетін, процентилі 96% General Engineering және 86% Environmental Science журналында жарияланды.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі.

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан және 115 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 105 беттен, 56 суреттен тұрады.

ЖҰМЫСТЫҢ НЕГІЗГІ МАЗМҰНЫ

Бірінші тарауда қоршаған ортаның физикалық және биологиялық компоненттерінің қалыпты экологиялық процестерге кері әсер ететіндей дәрежеде ластануы 21 ғасырдың ең өзекті мәселелерінің біріне айналып отыр. Бұл ластанулар адам денсаулығына, экожүйелерге және планетамыздың жалпылама қауіп төндіруде. Қоршаған ортаның ластануы қазіргі уақытта ғаламдық деңгейдегі экологиялық дағдарыстардың негізгі көзіне айналып отыр. Ауаның, судың және жердің ластануы экожүйелердің тұрақтылығын бұзып, адам денсаулығына тікелей қауіп төндіруде. Жалпы алғанда, экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін атмосфералық, жер және су ресурстарын тұрақты мониторингілеу, қалдықтарды өңдеудің заманауи технологияларын енгізу, энергия көздерін газдандыру мен көлік секторының экологиялық тиімділігін арттыру бағытында жүйелі шаралар қабылдау қажет.

Әлем бойынша ең үлкен экологиялық проблемалардың бірі парниктік газдар шығарындылары әсерінен күннің жылуын ұстап, жаһандық жылынуға алып келуі саналады. Зерттеу бойынша 2024 жыл рекордтық ең ыстық жыл болып расталды. Бұндай көрсеткіштерге ді көрсетудің басты себептері көмірді, табиғи газды және мұнайды электр және жылу үшін жағу парниктік газдар шығарындыларын арттырады, атмосферадағы жылуды ұстайды және жер бетінің температурасын жоғарлатады. Сондықтан соңғы жылдары әлем бойынша ең жойқын орман өртерінің болуы, Африканың, Таяу Шығыстың және Азияның бөліктерінде шегірткелердің қаптауы, Арктика аймақтарында мәңгілік мұздың еруі мен теңіз деңгейінің көтерілуі кездесуде. Ал басқада экологиялық апаттарға тағам қалдықтары, ормандарды кесу, биоәртүрліліктің жоғалуы сияқты жағдайлардың тіркелуі.

Биоәртүрліліктің жоғалуы әлемнің көптеген жерлерінде өсімдіктердің, жануарлардың және басқа организмдердің азаюын сипаттайды. Соңғы 50 жылда адам тұтынуының, халық санының және урбанизацияның қарқынды өсуі байқалды. 2020 жылы сүтқоректілердің, балықтардың, құстардың, бауырымен жорғалаушылар мен қосмекенділердің популяциясы 1970 және 2016 жылдар аралығында орта есеппен 68%-ға азайғанын көрсетті.

Республикамызда 2022 жылы тау-кен өндіру өнеркәсібінде пайда болған қалдықтардың жалпы көлемі 712 197,5 мың тонна, жалпы қалдықтардың 78,16 %-ын құрап отыр. Бұл көрсеткіш 2021 жылмен салыстырғанда 242 298,6 мың тоннаға немесе 51,5%-ға артық. Ал, 2021 жылдың қорытындысы бойынша республикада өнеркәсіптік объектілерді, желілік құрылыстарды және басқа да кәсіпорындарды салу кезінде, пайдалы қазбалар кен орындарын игеру, оларды өңдеу және геологиялық барлау кезінде бұзылған 245,2 мың га жер бар, оның ішінде 55,8 мың га жер игерілген және рекультивацияға жатады.

Барлық өнеркәсіптік аймақтарда экологиялық қауіпті әсер ету зоналары бар: қоқыс үйінділері, үйінділер, карьерлер, ұңғымалар, жалпы ауданы 60 мың гектардан асатын тау-кен қалдықтары, олар үнемі топырақты ластайды.

Тек түсті металлургия кәсіпорындарының қызметі нәтижесінде 22 миллиард тоннадан астам қалдықтар жинақталды, оның ішінде 4 миллиард тоннаға жуық тау-кен қалдықтары, улы – 1,1 миллиард тоннадан астам байыту қалдықтары және 105 миллион тонна металлургиялық қайта бөлу қалдықтары.

Түсті металлургия қалдықтары алып жатқан аумақ шамамен 15 мың гектарды құрайды, оның ішінде тау жыныстары үйінділері 8 мың гектарды, өңдеу зауыттарының қалдықтары – 6 мың гектарға жуығын және металлургиялық зауыттардың үйінділері – 500 гектардан астам жерді алып жатыр. Қара металлургия мен химия өнеркәсібіндегі қалдықтардың көлемі де шамамен осындай. Жалпы елімізде 2019 жылы ауаның ластану индексінің деректері бойынша Астана (Нұр-Сұлтан), Қарағанды, Теміртау, Ақтөбе, Балқаш, Өскемен, Жезқазған және Алматы сияқты сегіз қалада ауаның ластану деңгейі «жоғары» болған (жетіден көп немесе оған тең). Қазақстанның халқы ең көп қоныстанған Астана (Нұр-Сұлтан) мен Алматы қалаларында қатты ластанған.

Экологиялық картографиялау мақсаты экологиялық жағдай мен оның таралу динамикасын, ластаушы факторлардың кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін анықтау болып табылады. Сондықтан адам денсаулығына, табиғи ортаға және экожүйелерге әсерін экологиялық картографиялау үшін мәліметтерді жинау, талдау, бағалау, интеграциялау, аумақтық интерпретация жүргізу және әртүрлі, жиі салыстыруға қиын экологиялық ақпараттың географиялық тұрғыдан дұрыс картографиялау өте маңызды мәселеге айналып отыр.

Экологиялық-картографиялық әдіс экологиялық-географиялық зерттеудің, экологиялық-географиялық болжамдаудың, экологиялық-географиялық сараптаманың қажетті құрамдас бөлігі болып табылады. Экологиялық картаға түсіру табиғи ресурстарды пайдалану және экологиялық картаға түсіру аясында пайда болды және қазіргі уақытта тақырыптық картаға түсірудің жаңа бөлігі болып табылады.

Бірінші тарау бойынша тұжырым

1. Жер және су ресурстарының ластануы да экологиялық жағдайды нашарлатып, тұрмыстық және өндірістік қалдықтардың бақылаусыз жиналуы, қауіпті заттардың полигондарға дұрыс орналастырылмауы мен тау-кен өнеркәсібінің әсері жер асты суларының, топырақтың және экожүйелердің деградациясына әкеліп жатқандығы байқалады.

2. Ластаушы заттар қоршаған табиғи ортаға, адамның денсаулығына және ландшафтың өзгеруіне әр елде әртүрлі дәрежеде алып келіп отыр, сондықтан жер ресурстарын тиімді пайдалану және өнеркәсіптерден шығарылатын қауіпті заттар көлемін заң бойынша басқару мен қадағалау негізгі шешім болып саналады.

3. Экологиялық картографиялау табиғи және әлеуметтік-экономикалық процестердің өзара байланысын айқындап, экологиялық жағдайдың аумақтық ерекшеліктерін визуалды және талдамалық тұрғыда көрсету

арқылы экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге, тұрақты даму стратегияларын әзірлеуге және қоршаған ортаны басқаруға мүмкіндік береді.

Екінші тарауда қоршаған ортаның тұрақсыздануы, антропогендік және табиғи факторлардың күшеюі экологиялық тәуекелдерді дәл және уақтылы бағалаудың маңыздылығын арттыруда. Бұл тұрғыда геодезиялық тәсілдер экологиялық зерттеулердің ажырамас бөлігі болып табылады және тәуекелдерді кеңістіктік-уақыттық тұрғыда бағалау үшін негізгі ақпараттық негізді қамтамасыз етеді.

Геодезиялық өлшеулер мен координаттық бақылаулар табиғи және техногендік процестердің кеңістіктік динамикасын анықтауға, экологиялық өзгерістердің сандық сипаттамасын беруге және жер бедерінің деформациясын, шөгуін, эрозиясын немесе су деңгейінің ауытқуын жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл мәліметтер экологиялық қауіпті аймақтарды анықтау, тәуекел дәрежесін бағалау және экологиялық мониторинг жүйесін жетілдіру үшін аса маңызды. Сонымен қатар, геодезиялық тәсілдер спутниктік навигация (GNSS/GPS) және қашықтан зондтау (ДЗЗ) технологияларымен ұштаса отырып, геоақпараттық жүйелермен (ГАЗ) интеграцияланады. Мұндай біріктірілген тәсіл табиғи ортаның кеңістіктік өзгерістерін жоғары дәлдікпен картографиялауға, экологиялық тәуекелдердің таралу аймақтарын болжауға және уақыт бойынша өзгерістерді динамикалық бақылауға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы геоақпараттық жүйелер (ГАЗ) — бұл географиялық деректермен жұмыс істеуге арналған күрделі және көпфункционалды құралдар, олар деректермен жұмыс істеудің бес негізгі кезеңін орындайды (1-сурет): енгізу— бастапқы кеңістіктік және атрибутивтік деректерді жүйеге енгізу; өңдеу— масштабты өзгерту, картографиялық проекцияны түрлендіру және басқа геометриялық түрлендірулер; басқару — деректерді сақтау, құрылымдау және ұйымдастыру; сұрау және талдау — қарапайым және күрделі кеңістіктік сұраныстар мен іріктеулерді орындау; визуализация — алынған нәтижелерді карта түрінде бейнелеу, оған қосымша есептік құжаттар, үшөлшемді кескіндер, графиктер, кестелер, диаграммалар, фотосуреттер және мультимедиялық элементтер қоса берілуі мүмкін. Осы мүмкіндіктердің жиынтығы ГАЗ-ды кеңістіктік деректерді талдау мен шешім қабылдаудың тиімді құралына айналдырады.

Қазіргі заманғы геоэкологиялық зерттеулер геоақпараттық жүйелерді (ГАЗ) пайдаланусыз мүмкін емес, өйткені геоэкология мен табиғатты пайдалану салаларындағы ақпарат географиялық байланысқа ие. Сондықтан осы бағыттардағы мамандар өз жұмысында ГАЗ технологияларын деректерді визуализациялау (электрондық карталар жасау), кеңістіктік талдау жүргізу, бастапқы ақпаратты сақтау, экологиялық сараптама орындау және басқарушылық шешімдер қабылдауға дайындық үшін кеңінен қолданады. Сонымен қатар, геоақпараттық жүйелердің құрамына ақпараттық-өлшеуіш модульдер енгізілуі мүмкін. Мұндай жағдайда қоршаған ортаны үздіксіз мониторингілеу нәтижелерін нақты уақыт режимінде визуализациялау

мүмкіндігі пайда болады. Бұдан бөлек, ГАЖ жүйелері қоршаған ортадағы ластанушы заттардың таралуын модельдейтін компьютерлік модельдер үшін дерек көзі бола алады, сондай-ақ экологиялық жүйелердің жұмыс істеу модельдерінің нәтижелерін электрондық карталар түрінде көрсетуге мүмкіндік береді.

Геостатистикалық әдістер экологиялық процестердің кеңістіктік құрылымын талдауға, ластану мен топырақ сапасының өзгерістерін бағалауға және экологиялық тәуекел карталарын жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар геостатистикалық және корреляциялық талдау әдістері экологиялық деректердің кеңістіктік таралуын дәл бағалап, табиғи және антропогендік факторлардың әсерін анықтауға мүмкіндік береді.

Екінші тарау бойынша тұжырым

1. Геодезиялық және ғарыштық әдістер экологиялық тәуекелдерді бағалаудың жаңа ғылыми-тәжірибелік деңгейін қалыптастырып, өнеркәсіптік аймақтардағы табиғи және антропогендік процестердің әсерін кешенді талдауға болады.

2. ГАЖ технологиялары мен буферлеу, қабаттастыру, интерполяция, кригинг және кокригинг сияқты геостатистикалық әдістердің интеграциялау экологиялық мониторингтеудің тиімділігін арттырып мен кеңістіктік талдаудың ғылыми негізін қамтамасыз етеді.

3. Геостатистикалық және корреляциялық талдау әдістері экологиялық процестердің кеңістіктік құрылымын талдауға, ластану мен топырақ сапасының өзгерістерін бағалауға және экологиялық тәуекел карталарын жасауға, табиғи және антропогендік факторлардың әсерін анықтауға мүмкіндік береді.

Үшінші тарауда Қарағанды республиканың ең ірі өнеркәсіптік облыстарының бірі болып табылады да, техногендік ластануы жағынан өсуі жыл сайын артуда. Облыс бойынша қоршаған ортаның ірі ластанушы көздері болып, көмір өнеркәсібі («АрселорМитталТеміртау» АҚ, «ШұбаркөлКөмір» АҚ), пайдалы қазбаларды өндіру («Қазақмыс» корпорациясы» ЖШС, «ЖәйремКБК» АҚ, «Нова-Цинк» ЖШС, «Қазхром» АҚ), жылу энергия орталығының қазандық қондырғылары («ҚарағандаЭнергоцентр» ЖШС (1-ЖЭО, 3-ЖЭО), құрылыс материалдарын өндіретін кәсіпорындар («ЦентралАзияЦемент» АҚ), жылу энергетика саласының («Қазақмыс Энерджи» ЖШС) және металлургия өнеркәсібі («Қазақмыс Сметалтинг» ЖШС, «Теміртау электр металлургиялық комбинаты» АҚ) сияқты кәсіпорындары жатқызылады. Сонымен қатар Қарағанды облысының аумағында құрамында хромы бар шламдар және кокс-химия өндірісінің қалдықтары үйінділенген (қышқыл шайыр, фустар). уытты 2 полигоны орналасқан. Аталмыш объектілердің меншік иесі «Арселор Миттал Теміртау» АҚ болып табылады.

Теміртау қаласында «АрселорМиттал Теміртау» АҚ Қазақстандағы ең ірі металлургиялық өндірістік кәсіпорын және металлургиялық қалдық қоймалары (73°05'-73°55' шығыс бойлық және 50°00'-50°45' солтүстік ендік) орналасқан. Бұл қалдық қойманың ауданы шамамен 5000 км² құрайды.

Сондай ақ Қазақстанның зерттеу институттары нәтижесі бойынша Теміртаудағы полиметалдармен ластану дәрежесі «төмен» деп бағаланып, бірақ топырақтың 40 пайызының ластану индексі өте жоғары екенін дәлелдеді. Осы Теміртаудағы жердің ластануы тау-кен және металлургия өнеркәсібінің қалдықтарымен байланысты болып келеді. «Қазгидромет» РМК топырақтың ауыр металдармен ластануын бақылау есебі бойынша 2020 жылдың көктемгі-күзгі мезгіліндегі зерттеу нәтижесіне сәйкес, Теміртау қаласында топырақ сынамалары құрамында көп мөлшерде мырыш 26,4 мг/кг, мыс 3,64 мг/кг, хром 2,84 мг/кг, қорғасын 37,8 мг/кг және кадмий 0,64 мг/кг ауыр металдар концентрациясы анықталған.

Теміртау қаласының экологиялық ахуалы ауыр металлдармен, өндірістік қалдықтармен және атмосфералық шығарындылармен күрделі ластанған. Бұл жағдай аймақтың топырақ, су және ауа сапасына, сондай-ақ халық денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіреді.

Экологиялық тәуекелдерді бағалаудың заманауи тәсілдері табиғи және антропогендік факторлардың кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін ескеруді талап етеді. Сондықтан зертханалық, гескеңістіктік және статистикалық деректерді біріктіру (интеграциялау) әдіснамасы қоршаған ортаны кешенді бағалаудың ең тиімді ғылыми құралдарының бірі болып табылады.

Мұндай интеграциялық әдістеме бірнеше маңызды артықшылықтарға ие:

1. *Кешенді талдау мүмкіндігі.* Геоақпараттық жүйелер кеңістіктік деректерді (топырақ, су, ауа, бедер, жер пайдалану, климаттық параметрлер) визуализациялап, оларды сандық сипаттамалармен (мысалы, ауыр метал концентрациясы, радиация деңгейі, эрозия коэффициенті) біріктіреді. Бұл әртүрлі сипаттағы ақпаратты бір координаттық жүйеде талдауға мүмкіндік береді, нәтижесінде экологиялық тәуекелдің себеп-салдар байланыстары толық ашылады.

2. *Кеңістіктік заңдылықтарды анықтау.* Интеграцияланған әдістер арқылы қоршаған орта көрсеткіштерінің географиялық үлгілері мен таралу заңдылықтары анықталады. Мысалы, ауыр металдардың жоғары концентрациясы өндірістік аймақтарға немесе өзен аңғарларына шоғырлануы мүмкін — мұндай тәуелділіктер тек кеңістіктік модельдеу арқылы көрінеді.

3. *Тәуекел карталарын құру.* ГАЗ негізіндегі геостатистикалық модельдер (мысалы, кригинг, IDW, регрессиялық талдау) көмегімен ластану немесе экологиялық қауіп деңгейінің кеңістіктік таралу карталары жасалады. Бұл карталар экологиялық мониторинг пен басқару шешімдерін қабылдауда маңызды құрал болып саналады.

4. *Деректердің дәлдігін арттыру.* Статистикалық және геоақпараттық деректерді біріктіру тәуекел бағалау нәтижелерінің сенімділігін арттырады. Мысалы, жергілікті мониторинг деректерін спутниктік суреттермен салыстыра отырып, нақты жағдайға жақын экологиялық модель алуға болады.

5. *Болжау және сценарийлік талдау.* Интеграциялық әдіс экологиялық

жағдайдың болашақтағы өзгерісін модельдеуге мүмкіндік береді. Мысалы, егер белгілі бір аймақта жер жырту немесе өндіріс көлемі артса, онда ГИС пен регрессиялық модельдерді пайдалану арқылы экожүйеге әсер ететін тәуекел сценарийлері құрастырылады.

Қоршаған орта жағдайын бағалауда ауыр металдардың топырақтағы жинақталуы мен таралуын зерттеу экологиялық қауіпсіздік тұрғысынан өте маңызды болып саналады. Теміртау қаласы мен «Кармет» АҚ өндіріс аймағынан 25 топырақ үлгісі алынып, олардың құрамындағы ауыр металдардың концентрациясы анықталды. Алынған деректер негізінде геостатистикалық және корреляциялық әдістер қолданылып, ауыр металдардың өзара байланысын және олардың таралу заңдылықтарын сипаттайтын құрамдық-кеңістіктік модель құрастырылды.

Геостатистикалық әдістерді қолданып, нүктелік деректерді өңдеу нәтижесінде зерттеу аймағындағы ауыр металдардың кеңістік бойынша таралуын көрсететін бірнеше карта сериясы жасалды, соның ішінде Теміртау қаласының маңайы да қамтылды. Интерполяция алгоритмі ретінде зерттелген деректердің кеңістік өзгергіштігін есепке алуға ең қолайлы әдіс болып саналатын Ordinary Kriging (қалыпты кригинг) интерполяция әдісі қолданылып Теміртау қаласының топырақтарындағы ауыр металдар концентрацияларының кеңістіктік таралуы картасы құрастырылды.

Зерттелетін аумақтағы 25 нүктеде жиналған деректерге жүргізілген корреляциялық талдау нәтижелері біркелкі емес нәтижелерді көрсетті. Алайда айнымалылар арасындағы байланыс дәрежесі әртүрлі болғанына қарамастан, теріс корреляция анықталған жоқ.

Корреляциялық талдау нәтижелері зерттелген металдардың бес жұбы үшін оң мәндерді көрсетті. Ең жоғары корреляция Mn мен Cu арасында тіркелді ($r = 0.64$, $p = 0.0005$). Маңызды корреляциялық байланыстар Mn мен Pb, Mn мен Zn, Cr мен Zn, Ba мен Zn арасында да байқалады, мұнда корреляция коэффициенті 0.5-тен жоғары және маңыздылық деңгейі $p < 0.004$.

Орташа дәрежедегі корреляция Cr мен Cu, сондай-ақ As пен Cr арасында байқалды. Қалған металл жұптарында корреляция коэффициенттері 0.4-тен төмен, бұл айнымалылар арасындағы байланыстың әлсіз екенін көрсетеді және статистикалық тұрғыдан маңызды заңдылықтарды анықтауға жеткіліксіз деп саналады.

Корреляция коэффициенті 0,5-тен жоғары болған элементтер жұбының арасындағы бір айнымалы функциясының жуықтауы есептелініп қауіпті аймақтарды анықтауда ауыр металдардың өзара құрамдық корреляциялық-геостатистикалық моделі құрылды.

Ауыр металдардың концентрациясы мен ластаушы көзге дейінгі арақашықтық арасындағы байланысты геокеңістіктік әдістер негізінде сипаттау — экологиялық талдаудың маңызды бөлігі болып табылады. Мұндай зерттеу аймақтың ластану деңгейін кеңістіктік тұрғыдан бағалауға және қауіпті аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу жұмысында ластаушы көзден ауыр металдардың 1-13 км-ға дейінгі радиус аралығында

калай таралатындығы бағаланды. Ол үшін ластаушы көздер (өнеркәсіптік кәсіпорындар) нүктелік немесе полигондық объектілер ретінде енгізіліп, ал сынама алынған нүктелер — ауыр металл концентрациясы көрсетілген деректермен байланыстырылды. Бағалау үшін келесідей геокеңістіктік және статистикалық әдістер қолданылды:

- Буферлік талдау (Buffer analysis): ластаушы көздің айналасында әртүрлі радиусты аймақтар құрылады және әр буфердегі орташа концентрация есептеледі.

- Корреляциялық талдау: әр сынама нүктесінің ластаушы көзге дейінгі арақашықтығы есептеліп, концентрациямен статистикалық байланысы анықталады.

Нәтижесінде алынған картографиялық модель ауыр металдардың таралуының кеңістіктік заңдылықтарын және антропогендік әсердің радиустық шегін көрсетеді. Мұндай тәсіл экологиялық тәуекел аймақтарын анықтап, табиғатты қорғау шараларын жоспарлауға мүмкіндік береді.

Model Builder-ортасында деректерді автоматтандырылған өңдеу, көпфакторлы кеңістіктік талдау және салмақталған қабаттық бағалау әдісі арқылы қауіптіліктің болжам карталары жасалынды. Кіріс факторлары корреляциялық талдау негізінде салмақтық коэффициенттерге түрлендірілді. Алынған модель ауыр металдардың кеңістіктік таралуын болжауға және ластану тәуекелін бағалауға мүмкіндік берді.

Осылайша, алынған нәтижелер экологиялық жағдайдың нашарлауын дәлелдейді және Теміртау мен Қарағанды өнеркәсіптік аймағында ауыр металдармен ластану процестерінің кеңеюіне тікелей әсер ететінін көрсетті. Бұл бағытта жүргізілген зерттеу деректері болашақта қалдықтарды қайта өңдеу мен экологиялық ремедиация шараларын жоспарлауға ғылыми негіз бола алады.

Үшінші тарау бойынша тұжырым

1. Өндірістік қалдықтар мен шығарындыларылардың көлемі мен құрамын талдау арқылы аймақтың топырақ, су және ауа сапасына, сондай-ақ Теміртау қаласының халық денсаулығына әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

2. Экологиялық тәуекелдерді кешенді бағалаудың ең тиімді әдіснамасы ретінде зертханалық, гескеңістіктік және статистикалық деректерді біріктіру бағалау ұсынылды.

3. Нәтижелер негізінде ауыр металдардың құрамдық-геостатистикалық моделі жасалып, зерттеу аумағындағы техногендік ластану деңгейін кешенді бағалауға және экологиялық тәуекелдерді басқару шараларын ғылыми негізде жоспарлауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмыста геокеңістіктік және статистикалық деректерді интеграциялау арқылы Қарағанды облысының өнеркәсіптік аймақтарындағы экологиялық тәуекелді кешенді бағалау әдістемесі әзірленді. Ұсынылған ғылыми-тәжірибелік тәсіл қоршаған ортадағы ластаушы заттардың таралуын модельдеудің, экологиялық тәуекелдерді болжаудың және халық денсаулығына әсерін анықтауға бағытталған.

Диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері мен қорытындылары төмендегідей:

- Геокеңістіктік және статистикалық мәліметтерді интеграциялау негізінде экологиялық тәуекелді қаупін нақты анықтау мәселелерін кешенді шешуге болатындығы келтірілді.

- Ауыр металдар мен ластаушы заттардың шоғырлану деңгейін, таралу заңдылығын және олардың қоршаған орта сапасына әсерін анықтау арқылы өнеркәсіптік аумақтардағы экологиялық тәуекелдерді бағалау әдістемесі ұсынылды.

- Кеңістіктік таралу ерекшеліктерін және экологиялық қауіпті аймақтарды анықтаудағы ықпалын бағалауға бағытталған ауыр металдардың құрамдық корреляциялық-геостатистикалық моделі ұсынылды.

- Геостатистикалық талдау нәтижесінде өнеркәсіптік аймақтар экологиялық тәуекел деңгейі бойынша зонирленіп, қауіптілік дәрежесін бейнелейтін тақырыптық карталар әзірленді.

- Халықтың орналасу тығыздығы мен ластану ошақтарының кеңістіктік сәйкестігі анықталып, экологиялық тәуекелге ұшырау ықтималдығы жоғары аумақтар және халық саны келтірілді.

- Model Builder моделінің ашықтығы мен бейімделгіштігі оны болашақ ғылыми зерттеулер мен экологиялық мониторингте кеңінен пайдалануға жағдай жасайды.

Зерттеу нәтижелері геоақпараттық және статистикалық деректерді интеграциялау арқылы өнеркәсіптік аймақтардағы экологиялық тәуекелдерді бағалау мен қауіпті аймақтарды анықтаудың ғылыми негізін қалыптастырды. Ұсынылған әдістемелер экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, аумақтық жоспарлау және экологиялық мониторинг жүйелерін жетілдіру бағытында қолданылады.

Диссертацияның негізгі мазмұны келесі ғылыми еңбектерде жарияланған:

1. Gulmira Kezembayeva, Kanay Rysbekov¹, Zhuldyz Dyussenova, Almas Zhumagulov, Umbetaly Sarsembin, Madina Barmenshinova, Yerkezhan Begimzhanova, Yryszhan Zhakypbek. Public health risk assessment of quantitative emission from a molybdenum production plant: case study of Kazakhstan. *Engineered Science*, 2025, 34, 1454 DOI: 10.30919/es1454
2. Yryszhan Zhakypbek, Kanay Rysbekov, Bi Yinli, V Lozynskyi, Salmurzauly Ruslan, Yerkezhan Begimzhanova, Gulmira Kezembayeva, Yelikbayev Bakhytzhan, Assel Sankabayeva. Geospatial and Correlation Analysis of Heavy Metal Distribution on the Territory of Integrated Steel and Mining Company Qarmet JSC . *Sustainability (Switzerland)*. 2025. DOI: 10.3390/su17157148
3. Е.Е. Бегимжанова, Ы. Жакыпбек, С.В. Турсбеков. Қатты тұрмыстық қалдықтар полигонын қашықтықтан ұшқышсыз ұшу аппараттарымен бақылау. *Горный журнал Казахстана*, №5, 2021; 48-51.
4. Kalybekov T., Rysbekov K.B., Sandibekov M.N., Zhakypbek Y., Begimzhanova Y.Y. The study of rational technology of reclamation of the mine-out quarry space. *Journal of Advanced Research in Natural Science*. – Seattle, USA: SRC MS, AmazonKDP. – 2020. – Issue 9. 63– 70p. ISSN 2572-4347.
5. Е.Е. Бегимжанова, Ы. Жакыпбек, С.С. Абдыгалиева. Зарубежный опыт обращения с твердыми отходами и возможность его применения в условиях Казахстана. *Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Zprávy vědecké ideje -2021»*, Volume 4:. Publishing House «Education and Science». 2021. С.: 3-12.
6. Бегимжанова Е. Е., Жакыпбек Ы. Причины самовозгорания твердых бытовых отходов. *Materials of the XVII International scientific and practical Conference Conduct of modern science - 2021*, No: Sheffield. Science and education LTD. С. 52-57.
7. Ы. Жакыпбек, Е.Е. Бегимжанова, Г.Б. Кезембаева С.В. Турсбеков. Қоршаған ортаға қатты тұрмыстық қалдықтардың тигізетін әсерін зерделеу. *Materialy XXII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2025»*. С. 13-23.
8. Е.Е. Бегимжанова. Қатты тұрмыстық қалдықтар классификациясы. *Сатпаев оқулары*. – Алматы, 2021; 353-356.
9. Ы. Жакыпбек, А. Айдаркызы, Е.Е. Бегимжанова, Г.Б. Кезембаева. Теміртау қаласының өнеркәсіптік ластануын қашықтықтан зондтау арқылы бағалау. *Горный журнал Казахстана*. – 2024. – №9. – Б. 66–70. – ISSN 1684-2822.
10. Ы. Жакыпбек, А. Айдаркызы, Е.Е. Бегимжанова, Г.Б. Кезембаева. Қашықтықтан зондтау деректері негізінде Теміртау қаласындағы қалдық үйінділерінің өзгеруін және қоршаған ортаның ластануын бағалау. *Горный журнал Казахстана*. – 2025. - №8. Б. 42-47.

11. Ы. Жакыпбек, Е.Е. Бегимжанова, Г.Б. Кезембаева, С.В. Турсбеков, Ж.Т. Кожаев. Алматы қаласы ауасын ластаушы заттардың кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін картографиялық талдау. Гидрометеорология и экология, №1 (116), 2025, 116-131.