АҢДАТПА

ПЕРНЕБАЕВ ЖАҚСЫЛЫҚ ДӘУЛЕТБАЙҰЛЫНЫҢ

диссертациялық зерттеуіне

Тақырыбы:

«ҚОРҒАСЫН-МЫРЫШ ҚОЖДАРЫН ҚАЙТА ӨҢДЕУ ӨНІМДЕРІМЕН ТОПЫРАҚТЫҢ ЛАСТАНУЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ»

8D05210 – «Экология» білім беру бағдарламасы

бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған.

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Әлемдік тәжірибеде қорғасын-мырыш шлакымен ластанған топырақтардың геохимиялық жағдайын зерттеудің салыстырмалы талдауы негізінде, Шымкент қаласындағы ластанған топырақтар мен қорғасын-мырыш шлактарының физика-химиялық және биологиялық сипаттамалары зерттеліп, адам денсаулығына төнетін экологиялық тәуекел деңгейіне сандық баға беру арқылы, Монте-Карло әдісімен қоршаған орта үшін белгіленген тәуекел деңгейлерінен асып кету ықтималдығы модельденіп, сондай-ақ есептелген тәуекелдердің мышьяктың сандық және сапалық сипаттамаларының өзгеруіне сезімталдығы бағаланды.

Диссертациялық зерттеу 2011 жылғы 31 наурыздағы №127 бұйрықпен бекітілген «Дәрежелер беру ережесінің» 5-1-тармағына және 2026 жылғы 3 қыркүйектегі №422 Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрінің бұйрығымен енгізілген өзгерістер мен толықтыруларды ескере отырып, ғылыми мақалалар топтамасы түрінде қорғауға ұсынылған.

Бұл нысанды таңдаудың негізі – ізденушінің Web of Science Core Collection дерекқорының 1 және 2-квартильдеріне (Q1, Q2) кіретін халықаралық рецензияланатын ғылыми басылымдарда 3 (үш) жарияланымының болуы. Ұсынылған мақалалар жиынтығы ортақ мақсатпен, әдістемемен және зерттеу нысанымен біріктірілген біртұтас аяқталған ғылыми зерттеу болып табылады.

Ғылымды дамыту бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі.

Диссертациялық зерттеу Қазақстан Республикасының «Экология, қоршаған орта және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану» атты ғылыми және ғылыми-техникалық қызметті дамытудың басым бағытына сәйкес орындалды.

Зерттеу 2025–2027 жылдарға арналған «Жас ғалым» бағдарламасы бойынша қаржыландырылатын AP25795537 «Қорғасын-мырыш шлактары

орналастырылған орындарға экологиялық баға беру және шлакты үйінділерді рекультивациялау технологиясын әзірлеу» ғылыми жобасы аясында жүргізілді.

Зерттеудің өзектілігі:

Қорғасын-мырыш шлактарын өңдеу нәтижесінде топырақта ауыр металдар мен мышьяктың жиналуы және олардың кеңістіктік таралуы экожүйелердің тұрақтылығына және экологиялық қауіпсіздікке әсер ететін өзекті экологиялық мәселе болып табылады (Kisiňska және т.б., 2021; Terzič және т.б., 2024; Nowiňska және т.б., 2024; Sun және т.б., 2025). Қолданыстағы ғылыми тәсілдер топырақтың ластануын бағалауда геохимиялық (Li және т.б., 2025), биологиялық көрсеткіштер мен экологиялық тәуекел көрсеткіштерін кешенді интеграциялау, сонымен қатар тәуекелдерді бағалау кезінде белгісіздіктерді есепке алу тұрғысынан жетілдіруді қажет етеді (Wang және т.б., 2025; Jia және т.б., 2025).

Шымкент қаласындағы қорғасын-мырыш шлактарын өңдеу аумағында анықталған ластанудың жоғары деңгейі және оның кеңістіктік біртекті еместігі экологиялық салдарларды сандық тұрғыдан бағалаудың ғылыми маңыздылығын айқындайды (Ramazanova және т.б., 2021). Осыған байланысты топырақтың техногендік ластану заңдылықтарын кешенді зерттеу, экологиялық тәуекелдер мен адам денсаулығына төнетін тәуекелдерді ықтималдық тұрғысынан болжау, тиісінше, ластанған аумақтарды қалпына келтірудің басым бағыттарын ғылыми тұрғыда негіздеу өзекті болып табылады.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты - қорғасын-мырыш қождарын қайта өңдеу өнімдерімен топырақтың ластану деңгейі мен кеңістіктік таралу заңдылықтарын анықтау, геохимиялық және биоиндикациялық әдістер негізінде экологиялық және адам денсаулығына төнетін тәуекелдерді кешенді бағалау және олардың шекті деңгейлерден асу ықтималдығын модельдеу арқылы ластанған аумақтарды қалпына келтірудің басым бағыттарын ғылыми негіздеу.

Зерттеу міндеттері:

1. Қорғасын-мырыш шлактарымен ластанған топырақтарды экологиялық бағалауға арналған халықаралық ғылыми тәжірибені жүйелеу, сондай-ақ геохимиялық зерттеу, экологиялық тәуекелдерді бағалау және болжау әдістерінің салыстырмалы талдауы негізінде қолданыстағы әдістемелік тәсілдердің ерекшеліктері мен толық зерттелмеген ғылыми мәселелерді анықтау.

2. Қорғасын-мырыш шлактарын өңдеудің әсеріне ұшыраған Шымкент қаласы аумағындағы топырақтар мен шлактардың химиялық құрамын, минералогиялық және микроструктуралық ерекшеліктерін зерттеу, ауыр металдардың ластану көзінен әртүрлі қашықтықта кеңістіктік таралу заңдылықтарын анықтау және топырақтың ластануынан туындаған эколого-экономикалық залалды бағалау.

3. Қорғасын-мырыш шлактарын өңдеу аумағындағы топырақ пен жергілікті өсімдіктердің элементтік құрамын кешенді зерттеу, топырақтың ластану деңгейін, экологиялық тәуекелдер мен адам денсаулығына төнетін тәуекелдерді геохимиялық көрсеткіштер негізінде сандық тұрғыда бағалау, экологиялық қауіпті аймақтарды анықтау және ластанған аумақтарды қалпына келтіру бойынша басым іс-шараларды ғылыми тұрғыда негіздеу.

4. Қорғасын-мырыш шлактарын өңдеу аумағындағы топырақтардың ауыр металдармен және мышьякпен (As) ластануы нәтижесінде пайда болатын канцерогендік және канцерогендік емес тәуекелдердің белгіленген шекті деңгейлерінен асып кету ықтималдығын Монте-Карло әдісі арқылы модельдеу, тәуекел деңгейлерін ықтималдық тұрғысынан болжау және есептелген тәуекелдердің мышьяктың токсикологиялық көрсеткіштерінің өзгеруіне сезімталдығын бағалау.

Зерттеу объектісі Шымкент қаласындағы қорғасын-мырыш шлактарын өңдеу аумағы және оған іргелес жатқан топырақ жамылғысы.

Зерттеу әдістемесі экологиялық бағалаудың жүйелі және кешенді тәсіліне негізделген. Зерттеу ғылыми-методологиялық талдаудан бастап, эксперименттік зерттеулерге, алынған нәтижелерді кешенді бағалауға және ықтималдық модельдеуге дейінгі бірізділік принципі бойынша жүргізілді.

Ластанған топырақ пен қорғасын-мырыш шлактарының сынамаларын іріктеу МЕМ стандарт Р 58595-2019, МЕМ стандарт 17.4.3.01-2017 және МЕМ стандарт 17.4.4.02-2017 талаптарына сәйкес жүргізілді.

Сынамалардың элементтік құрамы «КазЭкоАнализ» ЖШС аналитикалық зертханасында индуктивті байланысқан плазмамен атом-эмиссиялық спектрометр (ICP-OES, Shimadzu ICPE-9000) көмегімен, М 02-902-157-10 әдістемесіне сәйкес анықталды.

Ғылыми әдебиеттерге шолу PRISMA-ScR (2018) хаттамасына сәйкес орындалды. 2010–2025 жылдар аралығындағы жарияланымдарды іздестіру Dimensions (n = 351), PubMed (n = 10) және OpenAlex (n = 49) дерекқорларында жүргізіліп, барлығы 410 жұмыс анықталды (іздеу күні – 16.03.2026). Жарияланымдарды іріктеу Rayyan платформасында жүзеге асырылды, деректерді алу үшін Elicit және Microsoft Excel 2021 қолданылды. Қорытындысында 56 зерттеу таңдалып алынып, олардың сапасы төрт негізгі критерий бойынша бағаланды: сынама саны 20-дан кем болмауы, сапа бақылауы бар ICP-MS, ICP-OES, AAS немесе pXRF аналитикалық әдістерін қолдану, фондық сынамалардың болуы және стандартталған бағалау жүйесінің қолданылуы (1-мақала).

Шымкент қаласының өндірістік аймағындағы шлактар мен топырақтардың химиялық құрамы мен морфологиясы 2024 жылғы мамыр–маусым айларында

ластану көзінен 0, 50, 100, 200, 500 және 1000 м қашықтықта трансект бойынша іріктелген сынамаларда зерттелді. Сынамаларды алдын ала өңдеу ISO 11464:2006 стандартына сәйкес жүргізілді (105 °C-та кептіру, 0,1 мм-ге дейін ұнтақтау). Pb, Zn, Cu және Fe мөлшері атомды-абсорбциялық әдіспен (ContrAA 300) анықталды, шлактардың морфологиясы мен фазалық таралуы сканерлеуші электрондық микроскопия әдісімен (JSM-6490LV, JEOL), минералдық құрамы рентгендік дифракция әдісімен (XRD) зерттелді; анықталған концентрациялар шекті жол берілетін мөлшерлермен салыстырылды. Эколого-экономикалық залал қоршаған ортаны ластаудан келетін залалды экономикалық бағалау ережелеріне сәйкес есептелді (2-мақала).

Кешенді бағалау (3-мақала) 2026 жылғы 24 сәуірде жүргізіліп, зерттеуге төрт бағыт бойынша (солтүстік, оңтүстік, шығыс, батыс) 0–50 см қабаттан, үйінді периметрінен 0, 1, 5, 10, 50 және 100 м қашықтықта алынған 24 топырақ сынамасы, екі салыстырмалы сынама (300 м және 1,5 км), сондай-ақ Centaurea pseudosquarrosa және Plantago lanceolata өсімдіктерінің төрт жинақталған жерүсті биомассасы сынамасы енгізілді. Он элементтің (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) құрамы ICP-OES әдісімен анықталды (топырақ үшін – М 02-902-157-10, өсімдіктер үшін – ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98; ISO 17294-2, EPA 3050B), сапаны бақылау ISO/IEC 17025 стандартына сәйкес (бос сынамалар, стандартты үлгілер, экстракция тиімділігі 80–120%) жүзеге асырылды. Топырақтың ластану дәрежесі жоғарғы континенттік қыртыстың кларкіне қатысты алты геохимиялық индекс (CF, Igeo, EF, PLI, mCd және RI – Хакансон бойынша) арқылы бағаланды; металдардың өсімдіктерге өтуі Сөсімдік/Стопырақ қатынасы бойынша анықталды. Экологиялық тәуекел RCR = PEC/PNEC (REACH) коэффициентімен, ал адам денсаулығына төнетін тәуекел US EPA RAGS моделіне (пероральды, ингаляциялық және дермальды түсу жолдары; CDI, HQ, HI, CR) сәйкес бағаланды. Кеңістіктік талдау үшін 200, 500 және 1000 м буферлік аймақтар белгіленді.

Ықтималдық тәуекелді бағалау (4-мақала) ашық аумақтағы ересек жұмысшыға қатысты, сегіз элемент (Pb, Zn, Cd, Cu, As, Hg, Ni, Cr) бойынша 24 трансекттік сынама деректері негізінде жүргізілді: концентрациялардың таралуы логнормал заңымен (ең үлкен ұқсастық әдісі арқылы) аппроксималанды, экспозиция параметрлері стохастикалық үлестірімдермен берілді. Монте-Карло әдісімен модельдеу 100 000 итерацияда (PCG64 генераторы) жүргізіліп, мышьяктың екі түрлі токсикологиялық көрсеткіштер жиыны үшін орындалды – бастапқы (еңістіктік коэффициент 1,5 $(мг/кг·тәул)^{-1}$) және IRIS 2025 жылғы жаңартылған мәні (32 $(мг/кг·тәул)^{-1}$; RfD $6{,}0 \times 10^{-5}$ мг/кг·тәул). Канцерогендік тәуекелдің шекті мәндерінен (10^{-6}, 10^{-4}, 10^{-3}) және қауіптілік индексінің (HI = 1 және 10) асу ықтималдықтары есептелді.

Деректерді статистикалық өңдеу барысында сипаттамалық статистика (орташа мән ± стандартты ауытқу), ауыр металдардың концентрациялары үшін

Пирсонның корреляциялық анализі ($p < 0,05$) (2-мақала), трансекттер арасындағы айырмашылықтарды бағалау үшін бір факторлы дисперсиялық талдау (one-way ANOVA) және Тьюкидің апостериорлық критерийі (HSD, $\alpha = 0,05$) (3-мақала), сондай-ақ қалыптылықты анықтау үшін Шапиро–Уилк критерийі және сезімталдықты талдау үшін Спирменнің рангілі корреляциясы (4-мақала) қолданылды. Барлық есептеулер Python 3.11 ортасында (pandas, NumPy, SciPy кітапханалары) орындалды.

Барлық өлшеулер кемінде үш қайталымда жүргізілді.

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы:

1. Қорғасын-мырыш шлактарымен ластанған топырақтарды экологиялық бағалаудағы ғылыми-методологиялық тәсілдер бойынша әлемдік тәжірибе жүйеленіп, салыстырмалы талдау жүргізілді және шлактармен ластанған топырақтардың жай-күйін бағалау әдістерін қолдана отырып жүйелі картографиялау әдістемесі жоқ екені, сондай-ақ Орталық және Орта Азия, оның ішінде Қазақстан бойынша деректердің толықтай болмауы анықталды. Маңызды кемшіліктер болжамдық модельдеудің шектеулілігі мен стандартталған хаттамалардың болмауымен байланысты. Зерттеу нәтижелері шолу-талдамалық мақалада жарияланды (*Sustainability*, 2026, 18, 3934).

2. Шымкент қаласындағы қорғасын-мырыш шлактары мен ластанған топырақтардың геохимиялық сипаттамалары нақтыланып, ауыр металдардың кеңістіктік таралу ерекшеліктері анықталды және топырақтың ластануынан туындайтын эколого-экономикалық залалға сандық баға берілді. Ауыр металдардың концентрациялары арасында айқын оң корреляция анықталып, олардың ортақ антропогендік шығу тегі мен топырақ профилінде бір мезгілде миграцияланатыны көрсетілді. Жалпы экологиялық залал жылына 750 миллион теңгеден асады, оның ішінде ең үлкен үлесті темір мен қорғасын құрайды. Зерттеу нәтижелері эксперименттік ғылыми мақалада жарияланған (*Engineering, Technology & Applied Science Research*, 2026, 16(3), 36790–36795).

3. Геохимиялық ластану индекстерін, өсімдіктердің элементтік құрамына қатысты деректерді және экологиялық тәуекел көрсеткіштерін біріктіру арқылы топырақтың ластануына кешенді баға берілді; экологиялық қауіпті аймақтарды анықтау және ластанған аумақтарды қалпына келтіру шараларының үш деңгейлі басымдық жүйесін айқындау тәсілі ғылыми тұрғыда негізделді. Ең жоғары концентрациялар Қазақстандағы шекті рұқсат етілген деңгейден бірнеше есе асып түсетіні анықталды. Инженерлік оқшаулау, фитостабилизация және концентрацияны бақылаулы түрде төмендету кезеңдерінен тұратын үш деңгейлі рекультивация жүйесі әзірленді; бұл жүйе ресурстарды қалпына келтіру мен ластануды бақылауды ұштастырады және оны ұқсас аумақтарда қолдануға болады. Зерттеу нәтижелері *Sustainability* журналында жарияланды (2026, 18, 6742).

4. Монте-Карло әдісі арқылы жүргізілген ықтималдық моделдеу негізінде канцерогендік және канцерогендік емес тәуекелдердің белгіленген шекті деңгейлерінен асып кету ықтималдығы сандық тұрғыда анықталды және тәуекелді бағалау нәтижелерінің мышьяктың жаңартылған токсикологиялық параметрлеріне сезімталдығы бағаланды. Канцерогендік тәуекелдің 10^{-4} шекті мәнінен асып кету ықтималдығы 69,9 %, ал қауіптілік индексі (HI = 1) үшін – 82,1 % құрады; орташа және ең жоғары мәндер сайтта көрсетілгендей, модельденген таралу бойынша тиісінше 76,9 және 97,2 процентильдерге сәйкес келді. 2025 жылғы деректерге сәйкес, орташа тәуекел деңгейі 21 есе жоғары болды, ал шекті мәннен асып кету ықтималдығы сәйкесінше 99,3 % және 97,3 % құрады. Мышьяктың концентрациясы ($\rho = +0,867$) кез келген параметрлеу кезінде бағалау дәлдігі үшін шектеуші фактор болып табылатыны анықталды. Зерттеу нәтижелері *Toxics* журналында жарияланды (2026, 14, 894).

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

1. Қорғасын-мырыш шлактарын өңдеу аумағындағы топырақтардың ауыр металдармен ластануы кеңістіктік біртекті еместігімен сипатталады және ластану көзінен қашықтыққа байланысты өзгереді.

2. Топырақтағы ауыр металдар мен мышьяктың жоғары концентрациялары геохимиялық ластану деңгейінің артуымен және экожүйелер мен адам денсаулығына төнетін тәуекелдердің ұлғаюымен тікелей байланысты.

3. Ластанған аумақтарды қалпына келтіру шараларының басымдылығы геохимиялық ластану дәрежесі мен экологиялық тәуекел деңгейлерін кешенді ескеру негізінде айқындалады.

4. Адам денсаулығына төнетін канцерогендік және канцерогендік емес тәуекелдердің белгіленген шекті деңгейлерінен асып кету ықтималдығы мышьяктың белгіленген токсикологиялық көрсеткіштеріне тәуелді және олардың өзгеруі тәуекелді бағалау нәтижелеріне айтарлықтай әсер етеді.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңызы

Зерттеу нәтижелерінің практикалық мәні Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде Шымкент қаласындағы қорғасын-мырыш шлактарын өңдеу аумағында топырақтың ауыр металдармен ластануынан туындайтын эколого-экономикалық шығын жылына 750 миллион теңгеден асады деп бағаланды.

Геохимиялық ластану көрсеткіштері мен экологиялық тәуекел деңгейлерін кешенді бағалау негізінде ластанған аумақтарды қалпына келтіруге арналған іс-шаралардың үш деңгейлі басымдық жүйесі ғылыми тұрғыда негізделді. Бұл жүйені экологиялық және табиғат қорғау ұйымдарында қолдануға ұсынуға болады.

Монте-Карло әдісі арқылы жүргізілген ықтималдық моделдеу нәтижесінде мышьяктың жаңартылған токсикологиялық параметрлерін қолдану канцерогендік тәуекелдің белгіленген шекті мәнінен асып кету ықтималдығын 70 %-дан 99 %-ға дейін, ал канцерогендік емес тәуекел бойынша — 82 %-дан 97 %-ға дейін арттыратыны анықталды. Бұл нәтижелер адам денсаулығына төнетін тәуекелдерді бағалауда бақылаушы органдар үшін пайдалануға болады.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері «Экология» мамандығы бойынша білім алатын студенттер мен магистранттардың оқу үдерісінде қолдануға жарамды.

Зерттеудің жекелеген нәтижелерін іс жүзінде қолдану 2023 жылғы енгізу актісімен және 2024 жылы «Экологиялық сүйемелдеу және сараптама орталығы» ЖШС берген апробация актісімен расталған.

Зерттеу нәтижелерін апробациялау:

Зерттеудің негізгі нәтижелері VII халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда «Quality Management: Search and Solutions» (Хьюстон, АҚШ, 2021), IX халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда “Industrial Technologies and Engineering” ICITE-2022 (Шымкент, Қазақстан, 2022), «Productive forces and natural resources of Georgia» рецензияланатын журналында (Тбилиси, Грузия, 2022), халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда «Әуезов оқулары – 20» (Шымкент, Қазақстан, 2022), X халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда «Innovation Management and Technology in the Era of Globalization» (Манчестер, Ұлыбритания, 2023), «Auezov University» ғылыми журналында, №2(10) (Шымкент, Қазақстан, 2024), халықаралық ғылыми журналда «Вестник науки», №9(78) (Тольятти, Ресей, 2024), халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда “Environmental protection and Sustainable development” (Тбилиси, Грузия, 2024), рецензияланатын «International Journal of Innovative Research and Scientific Studies» журналында (2025), LXX халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда “Advances in Science and Technology” (Мәскеу, Ресей, 2025) ұсынылып, талқыланды.

Диссертациялық жұмыс келесі жарияланымдарды қамтиды:

1. **Pernebayev Z.,** Aitimbetova G. Scoping Review on Soil Contamination from Pb–Zn Slag and Environmental Assessment Methods // Sustainability. – 2026. – Vol. 18. – Article 3934. DOI: 10.3390/su18083934.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші шолу зерттеуін бастамалап, оның негізгі бөлімін әзірледі, ғылыми әдебиеттерге жүйелі талдау жүргізді, қорғасын-мырыш шлактарымен ластанған топырақтарды экологиялық бағалаудың қолданыстағы әдістерін салыстырмалы талдап, алынған нәтижелерді ғылыми тұрғыда қорытып шығарды.)

2. **Pernebayev Z.,** Aitimbetova G., Abubakirova A. Integrated Geochemical, Vegetation, and Risk Assessment of a Pb–Zn Slag Reprocessing Site in Southern Kazakhstan: Implications for Sustainable Remediation Prioritization // Sustainability. – 2026. – Vol. 18. – Article 6742. DOI: 10.3390/su18136742.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші геохимиялық ластану көрсеткіштерін талдауға, экологиялық тәуекелдерді бағалауға және ластанған аумақтарды қалпына келтірудің басым бағыттарын ғылыми тұрғыда негіздеуге негізгі үлес қосты, сондай-ақ анықталған тәуекелдерді азайтуға бағытталған экологиялық шешімдер ұсынды.)

3. Pernebayev Z., Issayeva A., Baiduisenova T., Ansari M.-u.-R., Aitimbetova A., Nurseiit K. Exceedance Probability and Toxicity-Value Sensitivity in Health-Risk Assessment of a Pb–Zn Slag Reprocessing Site Under the 2025 IRIS Arsenic Values // Toxics. – 2026. – Vol. 14, №10. – Article 894. DOI: 10.3390/toxics14100894.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші зерттеудің ғылыми концепциясын қалыптастыруға, тәуекелдерді ықтималдық тұрғысынан бағалау әдістемесін әзірлеуге, Монте-Карло әдісімен модельдеу нәтижелерін талдауға және алынған қорытындыларды ғылыми тұрғыда негіздеуге қатысты.)

Диссертациялық жұмысты орындау барысында алынған қорғау құжаттары.

Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша келесі зияткерлік меншік объектілеріне қорғау құжаттары алынған:

1. Авторлық құқықпен қорғалатын объектілердің мемлекеттік тізіліміне енгізу туралы №56867 куәлік (15.04.2025 ж.) – *The influence of lead-zinc wastes on the formation of phytocenoses*.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші қорғасын-мырыш қалдықтарының фитоценоздардың қалыптасуына әсерін зерттеуге, ғылыми деректерді талдауға және алынған нәтижелерді жалпылауға қатысты.)

2. Авторлық құқықпен қорғалатын объектілердің мемлекеттік тізіліміне енгізу туралы №57022 куәлік (22.04.2025 ж.) – «Влияние загрязнения почвы ионами свинца и кадмия на формирование фитоценозов загрязненных территорий».

(Ізденушінің үлесі – ізденуші қорғасын және кадмий иондарымен топырақтың ластануының фитоценоздардың қалыптасуына әсерін талдауға, зерттеу нәтижелерін ғылыми тұрғыдан түсіндіруге және қорытындыларды тұжырымдауға, сондай-ақ авторлық құқық объектісін тіркеуге арналған материалдарды дайындауға қатысты,)

Диссертациялық жұмыстың қорғауға ұсынылатын ғылыми қағидаларының негізделуі.

Диссертациялық жұмыс Web of Science (Q1, Q2) дерекқорындағы журналдарда ізденушінің бірлескен авторлығымен жарияланған төрт ғылыми мақаладан және зияткерлік меншік объектілеріне арналған қорғау құжаттарынан тұрады. Аталған еңбектерде диссертацияның негізгі ғылыми қағидаттары жүйелі түрде баяндалып, эксперименттік зерттеулердің, геохимиялық талдау мен математикалық модельдеудің нәтижелерімен дәлелденген және ғылыми тұрғыда негізделген.