

Хожанепесова Фариза Мусабековнаның 68D05201 (6D060800) - «Экология» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған «Мұнаймен ластанған топырақты адсорбциялық-иммобилизацияланған микроорганизм - деструкторлармен тазарту әдісін әзірлеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

Шешілетін ғылыми немесе ғылыми-технологиялық проблеманың қазіргі жай-күйін бағалау

Қазақстан Республикасының әлемнің ең дамыған 30 елінің қатарына кіру стратегиясы «жасыл экономикаға» көшумен тығыз байланысты. Бұл бағытта ластанған аумақтарды қалпына келтіру және өндірістік қалдықтарды тиімді басқару басым міндеттер болып табылады. Мұнай-газ саласының қарқынды дамуы, әсіресе Батыс Қазақстан мен Маңғыстау облыстарында, топырақтың кең көлемде мұнаймен ластануына әкеліп отыр. Аталған өңірлерде аридті климат, жоғары тұздылық және төмен биологиялық белсенділік топырақты қалпына келтіруді күрделендіреді. Әлемдік тәжірибеде микроорганизмдерді иммобилизациялау үшін әртүрлі тасымалдағыштар қолданылғанымен, агроөнеркәсіптік өсімдік қалдықтарын пайдалану және олардың құрғақ аймақтардағы тиімділігі жеткілікті зерттелмеген, бұл бағытта ғылыми ізденістердің өзектілігін айқындайды.

Тақырыпты әзірлеу үшін негіз және бастапқы деректер

Диссертациялық жұмыстың тақырыбын әзірлеуге Қазақстан Республикасының экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету, мұнай-газ өндіретін өңірлердің табиғи ортасын қорғау және мұнаймен ластанған топырақтарды қалпына келтіру мәселелерінің өзектілігі негіз болды. Батыс Қазақстан өңірлерінде, әсіресе Маңғыстау облысында мұнай өндірудің қарқынды дамуы топырақ жамылғысының мұнай көмірсутектерімен ластану деңгейінің артуына алып келіп, экожүйелердің деградациясына және техногендік жүктеменің күшеюіне себеп болып отыр.

Зерттеу тақырыбы Қазақстан Республикасының ғылыми-техникалық даму басымдықтарына, «жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасына, сондай-ақ қоршаған ортаны қорғау және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану саласындағы мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес таңдалған. Сонымен қатар зерттеудің бастапқы дереккөздері ретінде автордың алдыңғы жылдары жүргізген зертханалық эксперименттерінің нәтижелері, микробиологиялық, физика-химиялық және аналитикалық талдау деректері, сондай-ақ диссертациялық жұмыстың ҚР «Жас ғалым» бағдарламасы

аясындағы ғылыми-зерттеу жобасы (ЖТН АР257960069) шеңберінде алынған материалдар қолданылды.

Осылайша, диссертациялық жұмыстың тақырыбы нақты экологиялық мәселелерден туындап, заманауи ғылыми деректер мен эксперименттік нәтижелерге негізделіп отырып әзірленген және оның ғылыми және практикалық маңыздылығы бастапқы деректермен толық дәлелденген.

Ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу қажеттілігінің негіздемесі

Қазіргі таңда мұнай-газ өнеркәсібінің қарқынды дамуы, әсіресе Қазақстанның батыс өңірлерінде, соның ішінде Маңғыстау облысында, топырақтың мұнай көмірсутектерімен кең көлемде ластануына әкеліп отыр. Мұнай көмірсутектері топырақтың физика-химиялық және биологиялық қасиеттерін бұзып, экожүйелердің табиғи қалпына келуін шектейді. Мұнаймен ластанған топырақтарды тазартуда қолданылатын дәстүрлі физика-химиялық әдістердің жоғары құны, экологиялық тәуекелдері және аридті климат жағдайларында тиімділігінің төмендігі экологиялық қауіпсіз биоремедиация әдістерін дамыту қажеттілігін туындатады.

Соңғы жылдары көмірсутек тотықтыратын микроорганизмдерді қолдану тиімді әдіс ретінде қарастырылғанымен, бос жасушалардың қолайсыз экологиялық факторларға төзімділігінің төмендігі олардың практикалық қолданылуын шектейді. Осыған байланысты микроорганизмдерді тасымалдауыштарда иммобилизациялау тәсілдерін жетілдіру өзекті ғылыми міндет болып табылады. Әдеби деректер минералды тасымалдағыштардың бірқатар кемшіліктерін көрсетеді, бұл арзан, қолжетімді және экологиялық таза балама тасымалдағыштарды іздеуді талап етеді.

Осы тұрғыда агроөнеркәсіптік қалдықтар негізіндегі өсімдік текті тасымалдағыштарды пайдалану ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті. Олардың микроорганизмдердің тіршілікке қабілеттілігін арттырудағы және аридті климат жағдайларында биодеградация тиімділігін жоғарылатудағы мүмкіндіктері жеткілікті зерттелмеген. Сондықтан көмірсутек тотықтыратын микроорганизмдерді өсімдік тасымалдауыштарында иммобилизациялау арқылы мұнаймен ластанған топырақтарды биоремедиациялау технологияларын әзірлеу тәсілдеріне негізделген.

Ғылыми жаңалығы.

Диссертациялық зерттеу барысында оның ғылыми жаңалығын анықтайтын келесі ғылыми нәтижелер алынды:

- Алғашқы рет стандартты зертханалық жағдайларда (25-28°C, рН 7,0-7,5) минералды (цеолит, керамзит) және агроөнеркәсіптік қалдықтарға (қарақұмық және күріш қауыздары) иммобилизацияланған *Dietzia maris* 22K және *Rhodococcus erythropolis* AT7 консорциумының биодеградация тиімділігі салыстырылып, органикалық тасымалдағыштардың 1,3-4,7 есе артықшылығы анықталды (қарақұмық қауызы 58,4%, күріш қауызы 52,1% салыстырмалы цеолит 42%, керамзит 23%).

- Адсорбциялық иммобилизация мен жергілікті агроөнеркәсіптік қалдықтарды біріктіру негізінде Маңғыстау облысының аридті жағдайларына бейімделген мұнаймен ластанған топырақты биоремедиациялау әдісі әзірленді. Әдісте тасымалдағыш ретінде қарақұмық және күріш қауыздары салыстырмалы зерттелді, нәтижесінде қарақұмық қауызы оңтайлы тасымалдағыш ретінде анықталды (целлюлоза 20-27%, лигнин 8-15%, рутин $\geq 28,0$ мг/100г; иммобилизация тиімділігі 92,3%, бекіну тығыздығы $3,2 \pm 0,4 \times 10^6$ клетка/см²). Әдістің тиімділігі далалық сынақтарда расталды: қарақұмық қауызы негізіндегі биопрепарат 94,0% ТМӨ деградация тиімділігін көрсетті. Зертханалық (58,4%) және далалық (94,0%) нәтижелердің айырмашылығы жергілікті микрофлорамен синергизмге, температура тәуліктік ауытқуларына және далалық мұнайдың ескірген құрамына байланысты.

- Қарақұмық қауызындағы рутиннің (28,8 мг/100г) микроорганизмдерді қорғаудағы рөлі негізделді. Қарақұмық қауызы барлық зерттелген жағдайларда күріш қауызынан басым болды: стандартты жағдайда 58,4% керісінше 52,1%, оңтайлы температурада жоғары тұздылықта (+32°C, 10% NaCl) 75,0% керісінше 35,0%, комбинирленген стресте (+42°C, 10% NaCl) 54,0% керісінше 38,4%. Алайда, экстремалды жағдайлар күшейген сайын қарақұмықтың басымдылық дәрежесі төмендейді: +32°C кезінде 2,1 есе, +42°C кезінде 1,4 есе айырма, бұл рутиннің антиоксидантты қорғаныс қабілетінің шегі бар екенін көрсетеді. Далалық сынақтарда (+22-28°C) қарақұмық қауызының басымдылығы расталды: 94,0% керісінше 57,9% (1,6 есе).

Қорғауға шығарылатын негізгі қағидалар:

- *Dietzia maris* 22К және *Rhodococcus erythropolis* АТ7 консорциумын минералды (цеолит, керамзит) және органикалық (қарақұмық, күріш қауыздары) тасымалдағыштарға иммобилизациялау арқылы жүргізілген салыстырмалы зерттеу нәтижесінде органикалық тасымалдағыштардың мұнай көмірсутектерін биодеградациялау тиімділігі минералды тасымалдағыштардан 1,3-4,7 есе жоғары екені анықталды: қарақұмық қауызы — 58,4%, күріш қауызы — 52,1%, цеолит — 42%, керамзит — 23% (стандартты жағдай: 25-28°C, рН 7,0-7,5).

- Жергілікті агроөнеркәсіптік қалдықтарды адсорбциялық иммобилизация тасымалдағышы ретінде пайдалануға негізделген мұнаймен ластанған топырақты биоремедиациялау әдісі әзірленді. Қарақұмық қауызы оңтайлы тасымалдағыш ретінде негізделді: целлюлоза құрамы 20-27%, лигнин 8-15%, иммобилизация тиімділігі 92,3%, бекіну тығыздығы $3,2 \pm 0,4 \times 10^6$ КТБ/см². Деградация бірінші ретті кинетикаға сәйкес келеді ($R^2 > 0,95$, $k = 0,0187$ тәулік⁻¹). Әдістің тиімділігі Маңғыстау облысының далалық жағдайында расталды — жалпы мұнай өнімдерінің деградациясы 94,0%-ға жетті.

- Қарақұмық қауызындағы рутиннің (28,8 мг/100г) микроорганизмдерді абиотикалық стресстен қорғаудағы рөлі эксперименттік түрде дәлелденді. Қарақұмық қауызының биодеградация тиімділігі барлық зерттелген

жағдайларда күріш қауызынан басым болды: стандартты жағдайда 1,1 есе (58,4% және 52,1%), жоғары тұздылық пен температурада (+32°C, 10% NaCl) 2,1 есе (75,0% және 35,0%), комбинирленген стресте (+42°C, 10% NaCl) 1,4 есе (54,0% және 38,4%). Экстремалды жағдайлар күшейген сайын рутиннің антиоксидантты қорғаныс қабілетінің шектеулі екені көрсетілді.

Жұмыстың тәжірибелік маңызы.

Диссертациялық зерттеу барысында алынған нәтижелер мұнаймен ластанған топырақтарды биоремедиялаудың әдісінің теориялық және әдіснамалық негіздерін дамытуға маңызды үлес қосады.

Зерттеу барысында микроорганизмдердің өсімдік материалдарына адсорбциялық иммобилизациясының механизмдері, аридті климаттың абиотикалық факторларының (жоғары температура, тұздылық) иммобилизацияланған биодеструкторлардың белсенділігіне әсер ету заңдылықтары, мұнайласқан топырақтардағы мұнай көмірсутектерінің биодеградациясының кинетикалық заңдылықтары, сондай-ақ өсімдік тасымалдаушылардың биохимиялық құрамының (рутин, лигнин) микробтық белсенділікке жағдайларға тәуелді әсері туралы жаңа ғылыми білім алынды.

Диссертациялық зерттеудің нәтижелері агроөнеркәсіптік қалдықтарды пайдалану, биоремедиацияның инновациялық әдістерін әзірлеу және "жасыл экономикаға" көшу принциптерін іске асыру саласында жаңа фундаменталды және қолданбалы зерттеу міндеттерін қою үшін теориялық және әдіснамалық негіз бола алады.

Әзірленген әдіс Батыс Қазақстанның мұнай өндіруші өңірлерінде (Маңғыстау, Атырау облыстары) мұнаймен ластанған топырақтарды, өнеркәсіптік алаңдарды, шламжинақтағыштарды тазартуда, сондай-ақ мұнай мен мұнай өнімдерінің апаттық төгілуінің салдарын жоюда қолданылуы мүмкін. Әдістің экономикалық тиімділігі қол жетімді өсімдік шикізатын (күріш және қарақұмық қауыздары) пайдалану және қымбат жабдықтарды қажет етпеуі себепті дәстүрлі физика-химиялық әдістермен салыстырғанда 30-40% құрайды.

Әзірленген әдіс бойынша Қазақстан Республикасының пайдалы үлгісіне патент алуға өтінім берілді, бұл әдістің инновациялық сипатын және өнеркәсіпте қолдану мүмкіндігін растайды.

Диссертациялық жұмыстың материалдары жоғары оқу орындарында «Экология», «Биотехнология», «Қоршаған ортаны қорғау және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану» мамандықтары бойынша студенттерді даярлауда, сондай-ақ мұнай-газ компанияларының экологиялық қызметкерлерін оқытуда пайдаланылуы мүмкін.

Автордың жеке үлесі.

Автор мұнаймен ластанған топырақтарды биоремедиялауды (Маңғыстау облысы) зерттеу міндеттерін анықтап, сынама үлгілерін алып, зертханалық микробиологиялық және физика-химиялық талдауларды жүргізді. Өсімдік тасымалдағыштарына микроорганизмдерді иммобилизациялау, оңтайлы параметрлерді анықтау және биодеградация кинетикасын зерттеу бойынша

тәжірибелік жұмыстар орындады. Алынған нәтижелерге статистикалық талдау мен кешенді жалпылау жүргізді.

Жұмыстың апробациясы.

Зерттеу нәтижелері келесі халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда баяндалды және талқыланды: «Қазіргі ғылым: жаңа тәсілдер және өзекті зерттеулер» (Modern science: New approaches and actual studies) халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясында, «Биологиялық ғылымдар» секциясындағы «Үздік ғылыми жұмыс» байқауына қатысқаны үшін 3-ші дәрежелі диплом; 21 сәуір 2020 жылы, Чехия, Прага қаласы; «Жастар, ғылым және инновация» атты студенттер, магистранттар, PhD докторанттардың XVI Республикалық ғылыми-тәжірибелік конференциясы»; 9 сәуір 2020 жылы, Ақтөбе, «Фараби Әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы; 6-9 сәуір 2020 жылы, Алматы қаласы, «Каспий өңірі дәуірлер мен мәдениеттер тоғысында: тұрақты даму парадигмасының мәселелері мен перспективалары» атты Халықаралық ғылым-білім беру форумы, 22-26 қыркүйек, 2025 жылы Ақтау қаласы; 6-8 наурыз, 2026 жылы, Фукуока, Жапония еліндегі 16-шы Халықаралық "Болашақ қоршаған орта және энергетика" (ICFEE 2026) (Scopus индекстелінген E3S Web of Conferences басылымында жарияланады) конференциясына мақала қабылданды.

Жарияланымдар.

Диссертация материалдары бойынша 10 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде: 3 мақала ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдарда, Scopus мәліметтер базасына енген журналдарда 2 жарияланым жарияланды. Басқа мақалалар халықаралық ғылыми және ғылыми-практикалық конференциялар жинақтарындағы басылымға шықты.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, төрт тараудан, қорытындыдан, 194 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі 27 кестелерден және 15 суреттерді қоса алғанда, 125 беттен тұрады.

Диссертациялық жұмыс Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университетінің «Экология және тіршілік қауіпсіздігі» кафедрасында орындалды.