

Бауенова Меруерт Өмірбайқызының
6D070100-«Биотехнология» мамандығы бойынша
фиолософия докторы дәрежесін (PhD) алуы диссертациясына
АҢДАТПА

**Микробалдыр және су өсімдіктерінің ассоциациясы негізінде ластанған
су экожүйелерін биоремедиациялау**

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Диссертациялық жұмыс микробалдырлар мен жоғары сатыдағы су өсімдіктерінің ассоциациясын құруға және оның негізінде ластанған су экожүйелерін биоремедиациялауға арналған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Әлемнің көптеген аймақтарында тұрмыстық және өнеркәсіптік кәсіпорындарының қалдық суларын тазалау өзекті экологиялық проблема болып табылады. Қазіргі таңда қалдық суларды тазалауда қолданылатын заманауи әдістермен іс-шараларға қарамастан, су экожүйелерінің ластануы жалғасып келеді. Әр түрлі экожүйелерге антропогенді әсерлердің артуына байланысты, экожүйе құрамының биологиялық алуантүрлілігінің динамикасы және сақтау мәселелері өзіне көп назарын аудартуда. Әлемнің көптеген аймақтарында қалыптасқан қауырт экологиялық жағдайда, ауыр металдардың биосферадағы геохимиялық айналымы тек қана табиғи жолмен ғана емес, сонымен қатар антропогендік іс-әрекеттің есебінен өзгерістерге ұшырау үстінде. Әр түрлі экотоксиканттармен табиғи ортаның ластану мәселесі мемлекеттің урбанизациялану және индустриализациялану деңгейіне байланысты күшейіп келеді. Кең тараған қауіпті ластағыштардың біріне ауыр металл (АМ) иондары жатқызылады. Ауыр металдар басқа заттармен әрекеттесіп, және «су-өсімдік-жануар-адам» қоректік тізбегінде шамадан тыс жинақталып, өте токсинді қосындыларды түзуі мүмкін екені белгілі. Ол адамдарда көптеген жүйке жүйесі, онкологиялық және т.б. аурулардың туындауына себепші болуы мүмкін.

Соңғы жылдары эколог мамандар қоршаған ортаның ластану деңгейін бағалау және олардың ластану көзін анықтауға байланысты табиғи ортаға түскен заттардың «тағдырын», олардың өзгеруін және тірі ағзалармен байланысын анықтауға үлкен көңіл бөлуде. Ластанған су экожүйелерін тазалау және қайта қалпына келтіру үдерістерін жылдамдату үшін бактериялардың ғана биологиялық қорын пайдаланып қана қоймай, сонымен қатар құрамында биохимиялық мүмкіндіктері бар әр түрлі ағзалар қауымдастықтарын пайдалану қажет. Себебі, табиғи ассоциациялардың қайта қалпына келу қызметі айтарлықтай бай, олар әртүрлі физиологиялық топтардан, оның ішінде фотосинтезге қабілетті - жоғары сатыдағы өсімдіктер, эукариотты балдырлар және цианобактериялардан тұрады.

Сондықтан ластанған суларды тазалаудың жасанды жүйелерінде әр түрлі таксономиялық топтардың консорциумдарын, деструктор-микроорганизмдердің белсенді штамдарын пайдалану, ластанған суларға төзімді микробалдырларды бөліп алу және пайдалану, сонымен қатар,

консорциумға жоғары сатыдағы су өсімдіктерін енгізу, әр түрлі поллютанттармен, оның ішінде ауыр металдармен ластанған су қоймаларын тазалау мен қайта қалпына келтірудің жаңа кешенді әдістерін дайындауға мүмкіндік береді.

Сол себепті, консорциум құрастыру үшін белсенді биообъектілерді іздеу және іріктеу, жасанды құрастырылған ассоциациялардың арасындағы қарым-қатынастың негізгі типтерін анықтау және осы негізде ауыр металдарды жоғары деңгейде сіңіретін консорциум құрастыру, оларды табиғи және қалдық сулардың биоремедиациясында ауқымды пайдалану өзекті мәселелердің бірі болып саналады.

Зерттеу жұмысының мақсаты:

Микробалдырлар және жоғары сатыдағы су өсімдіктерінің ассоциациясын құрастыру және оның негізінде ластанған су экожүйелерін биоремедиациялау.

Зерттеу жұмысының міндеттері:

1. Әртүрлі ластанған су экожүйелерінен микробалдырлардың альгологиялық және бактериологиялық таза штамдарын іздестіру және бөліп алу.

2. Биоремедиацияда пайдалану үшін микробалдырлардың өнімді түрлерін іріктеу;

3. Ауыр металдарды жоғары сіңіру қабілетіне ие микробалдырлардың түрлерін іріктеу;

4. Ауыр металдарды жоғары сіңіру қабілетіне ие жоғары сатыдағы су өсімдіктерін іріктеу;

5. Ластанған су экожүйелерін биоремедиациялауда қолдану үшін жоғары сатыдағы су өсімдіктері мен микробалдырлардың ассоциациясын құрастыру;

6. Ластанған қалдық суларды биоремедиациялауда жоғары сатыдағы су өсімдіктері мен микробалдырлардың ассоциациясын қолдану мүмкіншілігін зерттеу.

Зерттеу объектілері

Зерттеу объектілері ретінде Ақтөбе облысындағы Елек өзені, Жамбыл облысындағы Билікөл көлінен бөлініп алынған *Chlorella vulgaris* BB-2, *Chlorella vulgaris* BB-1, *Chlorella vulgaris* B-12, *Scenedesmus obliquus* B-3, *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Chlamydomonas reinhardtii* B-4, *Ankistrodesmus* sp. VI-1 микробалдырлар дақылдары және Алматы облысы, Іле ауданының «Бірінші май» су қоймасынан алынған *Pistia stratiotes*, *Elodea canadensis*, *Lemna minor* жоғары сатыдағы су өсімдіктері қолданылды.

Зерттеу әдістері

Жұмыс барысында биотехнологиялық, микробиологиялық, генетикалық және физика-химиялық әдістері қолданылды.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы

Алғашқы рет Билікөл көлі және Елек өзені альгофлорасының түрлік құрамы анықталды. Жасалынған жұмыстардың нәтижесінде зерттелінген объектілерден микробалдырлардың 7 альгологиялық және бактериологиялық

штамдары бөлініп алынды: *Chlorella vulgaris* BB-2, *Chlorella vulgaris* BB-1, *Chlorella vulgaris* B-12, *Scenedesmus obliquus* B-3, *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Chlamydomonas reinhardtii* B-4, *Ankistrodesmus* sp. VI-1.

Бірінші рет әр түрлі ауыр металдарды жоғары сіңіру қабілетімен сипатталатын микробалдырлар және жоғары сатыдағы су өсімдіктерінің іріктелініп алынған түрлерінің негізінде ассоциация құрастырылды және оның ластанған су экожүйелерін биоремедиациялаудағы мүмкіншілігі зерттелінді.

Жұмыстың ғылыми және практикалық маңызы

Әр түрлі биогенді элементтер және ауыр металдармен ластанған су экожүйелерін тазалау мақсатында *Ankistrodesmus* sp. VI-1 микробалдыры және *Pistia stratiotes* өсімдігінің негізінде тиімді ассоциация құрастырылды.

Бөлініп алынған *Chlorella vulgaris* BB-2, *Chlorella vulgaris* BB-1, *Chlorella vulgaris* B-12, *Scenedesmus obliquus* B-3, *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Chlamydomonas reinhardtii* B-4, *Ankistrodesmus* sp. VI-1 микробалдырлары экобиотехнологиялық мәселелерді шешуде қолдану үшін әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің фототрофты микроорганизмдер коллекциясына енгізілді.

Chlorella vulgaris BB-2, *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Chlamydomonas reinhardtii* B-4, *Ankistrodesmus* sp. VI-1 штамдары Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министірлігі комитетінің Микроорганизмдердің республикалық коллекциясында сәйкесінше RKM 0713, RKM 0709, RKM 0710, RKM 0714 атауларымен депонирленді.

«Тұрмыстық және өндірістік қалдық суларды биологиялық тазалау тәсілі» пайдалы модельіне ҚР патенті алынды. Патент № 2551, 12.12.2017 ж..

Ғылыми зерттеу барысында алынған нәтижелер әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «6B070100-Биотехнология» мамандығының «Экологиялық биотехнология» пәнінің оқу мазмұнына енгізілді.

Қорғауға шығарылған негізгі қағидалар

Су экожүйелерінен бөлініп алынған альгологиялық және бактериологиялық таза микробалдырлардың дақылдары *Chlorella vulgaris* BB-2, *Chlorella vulgaris* BB-1, *Chlorella vulgaris* B-12, *Scenedesmus obliquus* B-3, *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Chlamydomonas reinhardtii* B-4, *Ankistrodesmus* sp. VI-1 ретінде идентификацияланды;

Chlorella vulgaris BB-2, *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Chlamydomonas reinhardtii* B-4, *Ankistrodesmus* sp. VI-1 микробалдырлары кадмий, қорғасын, мырыш және мыс ауыр металдарының 10 ШМК концентрациясына жоғары төзімділігі және сіңіру қабілеттілігімен сипатталады;

Pistia stratiotes және *Elodea canadensis* жоғары сатыдағы су өсімдіктері кадмий, қорғасын, мырыш және мыс ауыр металдарының 10 ШМК концентрациясына жоғары төзімділігі және сіңіру қабілеттілігімен ерекшелінеді;

Ауыр металдардан және биогенді элементтерден қалдық суларды жоғары биоремедиациялау қабілетіне ие *Pistia stratiotes* жоғары сатыдағы су өсімдігі және *Ankistrodesmus* sp. VI-1 микробалдырының ассоциациясы алынды.

Зерттеудің негізгі нәтижелері және қорытынды:

1. Билікөл көлі су сынамаларының альгофлорасының түрлік құрамын

зерттеу нәтижесінде 4 бөлім (*Cyanophyta* - 31, *Bacillariophyta* - 20, *Euglenophyta* - 19, *Chlorophyta* – 26), 9 класс, 9 қатар, 17 тұқымдас, 32 туысқа жататын микробалдырлардың 96 түрі анықталды. Елек өзені түрлік құрамы 4 бөлім (*Cyanophyta* - 58, *Bacillariophyta* - 54, *Euglenophyta* - 6, *Chlorophyta* – 63), 12 класс, 20 қатар, 49 тұқымдас, 76 туыс, 181 түрден тұратыны анықталды. Билікөл көлі және Елек өзенінен жасыл микробалдырлардың 10 альгологиялық таза, оның ішінен 7 бактериологиялық таза штамдары бөлініп алынды. Дақылдық-морфологиялық қасиеттерін зерттеу және 18S рРНК гендерінің нуклеотидтік бірізділігі сараптамаларының негізінде бактериологиялық таза микробалдырлар *Chlorella vulgaris* ВВ-2, *Chlorella vulgaris* ВВ-1, *Chlorella vulgaris* В-12, *Scenedesmus obliquus* В-3, *Scenedesmus quadricauda* В-1, *Chlamydomonas reinhardtii* В-4, *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 деп идентификацияланды.

2. Бөлініп алынған микробалдыр дақылдарының ішінен *Chlorella vulgaris* sp. ВВ-2, *Scenedesmus quadricauda* В-1, *Chlamydomonas reinhardtii* В-4, *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 штамдары 4000 лк жарық қарқындылығында және 26-28⁰С температурада жоғары өнімділікті көрсететіні анықталды.

3. Зерттелінген микробалдыр дақылдарынан мыс үшін жоғары биоаккумулятор - *Chlorella vulgaris* ВВ-2, кадмий үшін - *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 және *Chlamydomonas reinhardtii* В-4, қорғасын үшін - *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 және *Chlorella vulgaris* ВВ-2 екені анықталды. Мырыш барлық зерттелінген микробалдыр дақылдарымен аккумуляцияланады. Ортадағы ауыр металдар $Zn^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+} > Pb^{2+}$ бірізділігінде микробалдырлармен селективті сіңірілетіні анықталды.

4. *Pistia stratiotes* және *Elodea canadensis* жоғары сатыдағы су өсімдіктері кадмий, қорғасын, мырыш және мыс ауыр металдарының 10 ШМК концентрациясына жоғары төзімділігімен және сіңіру қабілеттілігімен сипатталатыны анықталды, сонымен қатар *Pistia stratiotes* және *Elodea canadensis* жоғары сатыдағы су өсімдіктері мырыш, қорғасын және мысқа қатысты макроконцентратор, ал кадмийге қатысты микроконцентратор екенін атап өту қажет. Ал, *Lemna minor* барлық зерттелген ауыр металдарға микроконцентратор болып табылды.

5. *Chlorella vulgaris* ВВ-2 жасыл микробалдыры *Pistia stratiotes* және *Elodea canadensis* жоғары сатыдағы су өсімдіктерімен бейтарап типті қарым-қатынас құрайтыны белгілі болды, ал *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 микробалдырлары мен *Pistia stratiotes* жоғары сатыдағы су өсімдігі арасында қарым-қатынастың симбиотикалық типі қалыптасты. Алынған нәтижелердің негізінде, ауыр металдармен ластанған суларды биоремедиациялау үшін *Pistia stratiotes* жоғары сатыдағы су өсімдігі мен *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 микробалдырларының ассоциациясы құрастырылды.

6. Ластанған суларды тазалауда *Pistia stratiotes* жоғары сатыдағы су өсімдігі және *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 микробалдырының ассоциациясын *Ankistrodesmus* sp. ВІ-1 штамын $40,0 \times 10^6$ кл/мл мөлшерде және *Pistia stratiotes* 600 г/м^3 (60 ± 2 дана) көлемінде пайдалану кезінде, судағы биогенді элементтердің жойылу тиімділігі 8 тәулікте 98%-ды құраса, ауыр металдардың

иондары үшін 89-93%-ды құрады.

Автордың жеке үлесі

Зерттелетін мәселеге қатысты әдеби деректерге талдау, жұмыстың мақсат-міндеттерін анықтау, тәжірибелік зерттеулерді жүргізу, нәтижелерді статистикалық өңдеу және талдау, диссертацияны жазу мен қол жазбаны рәсімдеу автордың жеке қатысуымен орындалды.

Жұмыстың мемлекеттік бағдарламалар жоспарымен байланыстылығы

Диссертациялық жұмыс №4256/ГФ4 «Фито-альго-цианобактериалды консорциумдарды пайдалану негізінде ауыр металдардан әр түрлі қалдық суларды биоремедиациялау», № 0115РК00395 (2015-2017 жж.); №0477/ГФ4 «Биожанармай, биотыңайтқыш және биологиялық белсенді қоспалар алу үшін келешегі мол фототрофты микроорганизмдердің коллекциялық дақылдарын толықтыру, сақтау, құжаттандыру және мәліметтер банкін құрастыру», № 012РК00290 (2015-2017 жж.); АР05131743 «Биомониторинг технологиясының ғылыми-әдістемелік негізін өңдеу және фототрофты микроорганизмдерді пайдалана отырып, ластанған су экожүйесінің жағдайын болжау», № 0118РК00086 (2018-2020 жж.) жобаларының шеңберінде орындалды.

Жұмыстың сыннан өтуі

Зерттеу нәтижелері және диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары төмендегідей халықаралық ғылыми конференциялар мен симпозиумдарда баяндалды және талқыланды:

– Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» атты халықаралық ғылыми конференциясында, Алматы, Қазақстан 2015-2018 жж.;

– «Автотрофты микроорганизмдер атты 5-ші Бүкілресейлік халықаралық симпозиум», Ресей, Мәскеу, 2015 ж.

– «Биотехнологияның қазіргі мәселелері: зертханалық зерттеулерден өндіріске» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, 2016 ж.

– «Биотехнология, экология және физика-химиялық биологияның өзекті мәселелері» Ғылыми-практикалық конференциясы, Алматы, 6-7 сәуір, 2017ж.

– «Балдырлардың жаппай дамуы: алуантүрлілігі, экологиясы және даму болашағы» атты Польша альгологиялық қауымдастықтың 36-халықаралық конференциясы, Польша, Люблин- төменгі Казимеж, 24-27 мамыр 2017 ж.

– «Жасыл болашақ: балдырларды пайдалану және олардың болашағы» атты Польша альгологиялық қауымдастығының 37-халықаралық конференциясы, Польша, Краков, 21-25 мамыр 2018 ж.

Басылымдар

Диссертацияның негізгі құрамы 22 басылып шығарылған жұмыстарда көрсетілген, олардың қатарында импакт-факторы нөлден төмен емес Web of Science немесе Scopus дерекқорында индекстелетін рецензияланған шетелдік ғылыми журналда 1 мақала, ҚР білім және ғылым саласын бақылау бойынша Комитет тізіміндегі республикалық ғылыми журналдарда 9 мақала және

халықаралық конференцияларда 12 тезис жарияланды. Зерттеу нәтижелері бойынша «Тұрмыстық және өндірістік қалдық суларды биологиялық тазалау тәсілі» №2551-ден 12.12.2017 пайдалы модельге патент алынды.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі

Диссертациялық жұмыс 134 компьютерлік мәтіннен және белгілер мен қысқартылған сөздерден, кіріспе, әдебиетке шолу, зерттеу материалдары мен әдістері, зерттеу нәтижелері және оларды талқылау, қорытынды және 239 пайдаланылған әдебиеттерден тұрады. Жұмыстың көлеміне 13 кесте, 38 сурет және 3 қосымша кіреді.