

8D05210 – Экология білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған **Сыздыкова Маржан Нурлановнаның** «Хемотрофты микроағзаларды Шымкент қаласы кәсіпорындарының органика құрамды ағын суларды тазартуда пайдалану» тақырыбындағы диссертациялық жұмысының

## АҢДАТПАСЫ

**Тақырыптың өзектілігі.** Жаһандық деңгейде жыл сайын шамамен 410 миллиард текше метр ағынды су түзіледі. Жабдықтардың тозуы немесе тазарту жүйелерінің жоқтығынан өндірісте пайдаланылатын судың едәуір бөлігі тиісті тазартусыз қоршаған ортаға ағызылады.

Қазақстан су ресурстарының үлкен тапшылығы бар елдер санатына жатады. Қазіргі уақытта еліміздің жер үсті су қоймаларына тазартылмаған күйде шамамен 50% ағынды су төгіледі. Бұл жағдай Республиканың қайта өңдеу және энергетикалық кешендерінің көпшілігінде ағынды суларды тазартудың жетілмеген технологияларының қолданылуымен байланысты. Кейбір аймақтарда кәсіпорындардың тазарту құрылыстары ұзақ уақыт бойы қайта жаңғыртусыз пайдаланылып келеді. Бұл су экожүйелеріне, қоршаған ортаға және халықтың денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіреді. Елімізде соңғы он жылдықта өндірістік түзілетін ағынды сулардың көлемі 3594,11 млн.м<sup>3</sup>/жыл-дан 6039,00 млн.м<sup>3</sup>/жыл-ға өскен, ал тазаланған ағынды су көлемі 525,1 млн.м<sup>3</sup>/жыл-дан 662,2 млн.м<sup>3</sup>/жыл құрайды. Бұл дегеніміз тазаланатын ағынды судың көлемі 11% ғана.

Ұлттық статистика бюросының мәліметтеріне сәйкес Шымкент қаласы бойынша 81 млн.м<sup>3</sup>/жыл берілген судың тазалау қондырғылары арқылы өткен көлемі 37 млн.м<sup>3</sup>/жыл (45,6%) құраған.

Қазіргі таңда ағынды суды тазалаудың бірнеше әдістері белгілі. Органикалық қосылыстармен ластанған суларды тазарту үшін механикалық (сүзу, тұндыру, центрифугалау, сүзгілеу), физика-химиялық (сорбция, аэрация, экстракция, коагуляция, флотация, электролиз, ион алмасу, кристалдандыру) және биологиялық тазарту (биофилтрлер, окситенктер, аэротенктер, батпалы биофилтрлер, анаэробты биофилтрлер) әдістері қолданылады. Бүгінгі күнге дейін биологиялық тазалау әдісі экологиялық қауіпсіз әрі тиімді екені орнатылған. Ағынды суларды биологиялық тазартудың негізгі механизмдеріне - сорбция, экстракция, метаболикалық процестерде ластаушы заттарды пайдалану және т. б әдістері жатады.

Биологиялық тазалау барысында әдетте әртүрлі микроағзалар топтарының жиынтығы немесе белсенді тұнба қолданылады, олар суды түрлі ластаушы қоспалардан 85%-ға дейін тазартады. Мұндай биоценоздардың негізін *Pseudomonas* және *Zooglea* бактериялары сияқты гетеротрофты микроорганизмдер мен *Chlorella vulgaris* KAI және *Oocystis borge* ATP сияқты микробалдырлар құрайды. Бұл микроағзалардың суды тазалаудағы рөлі жақсы зерттелген.

Алайда, бүгінгі күнге ағынды суды тазалауда автотрофты микроағзалардың рөлі жеткілікті зерттелмеген. Автотрофты микроағзалар өздерінің метаболикалық процестерінде органикалық қосылыстарды қолдана алмайтыны белгілі, бірақ бұл процестерге жанама түрде әртүрлі метаболиттердің бөлінуі арқылы қатыса алады.

**Зерттеудің мақсаты** – хемотрофты микроағзаларды Шымкент қаласы кәсіпорындарының органика құрамды ағынды суларды тазартуда пайдаланудың мүмкіндіктерін зерттеу.

**Зерттеу міндеттері:**

- Шымкент қаласы кәсіпорындары ағынды суларының сипаттамасын зерттеу;

- Шымкент қаласы кәсіпорындарының органикалық құрамды ағынды суларының микрофлорасын зерттеу;

- ағынды суларды тазалауда хемотрофты микроағзалардың рөлін анықтау.

**Зерттеу нысаны.** «Су ресурстары - маркетинг» ЖШС Шымкент қаласының коммуналдық-тұрмыстық ағынды сулары, «Петро Қазақстан Ойл Продактс» ЖШС-нің құрамында мұнай және мұнай өнімдері бар ағынды сулары, «Петро Қазақстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауытының крекинг сатысында түзілген пиррофорлы темір сульфидтері, *Acidithiobacillus ferrooxidans Ach1*, *Acidithiobacillus ferrooxidans BIT1* бактерия штаммдары.

**Зерттеу әдістері мен құралдары.** Ағынды су сынамаларын гидрохимиялық талдау сәйкесінше МЕМСТ талаптарына сай жүргізілді. Судың ОХҚ және ОБҚ көрсеткіштерін анықтау стандартты әдістерімен орындалды. Органолептикалық әдіспенен ағынды судың мөлдірлігі, түсі мен иісі анықталды. Гравиметриялық өлшеу әдісімен ағынды су құрамындағы майлардың шоғыры анықталды. Тион бактерияларын оқшаулау және дақылдандыру шекті сұйылту әдісімен жүргізілді. Тион бактерияларының белсенділігін анықтау трилонометриялық әдіспен жүзеге асырылды. Бактериялық суспензия құрамындағы  $Fe^{2+}$  тотығу дәрежесін анықтау барысында спектрофотометриялық әдіс қолданылды. Модельді ерітіндінің тазалану дәрежесін анықтауда поляриметриялық әдіс қолданылды.  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  мөлшері комплексометриялық әдіс арқылы анықталды. Микроскопиялық зерттеулер барысында «Tauda», «Mikmed-5», «Биомед» және OLYMPUS BX51 микроскоптары қолданылды. Пиррофорлы темір сульфидтерін залалсыздандыру барысында шикізаттарды зерттеу индуктивті байланысқан плазмалы масс-спектрометр қолданылды, элементтерді анықтау ҚР СТ ИСО 17294-2-2006 сәйкес жүргізілді.

Жұмысты орындау барысында зерттеу нәтижелерін, статистикалық мәліметтерді, тәжірибелік бағалауларды, физикалық-химиялық және инженерлік-экологиялық ізденістерді синтездеу, талдау және қорытындылау әдістері қолданылды. Талдаулар аймақтық деңгейдегі зертханаларда жүргізілді. Тәжірибелер үш рет қайталануларда жүргізілді, стандартты ауытқу  $0,91 > P > 0,85$  кезінде есептелді. Статистикалық өңдеу "Pentium-IV" ДК-

де Microsoft Excel статистикалық бағдарламалық пакетін қолдану арқылы жүргізілді

### **Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдар:**

1. Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық, мұнай өңдеу зауытының ағынды суларының нақтыланған физикалық-химиялық және микрофлоралық сипаттамалары мен биокоагуляциялық тазалаудың тиімді көрсеткіштері бар.

2. *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық штамының екі валентті темірдің биологиялық тотығу процесіне температуралық режим әсер етеді, оңтайлы температура: +30 +35°C.

3. Құрамында сүт өнімдері бар модельдік ерітіндіні тазартуда биокоагулянт ретінде *A. ferrooxidans* суспензиясын 40,0±5,0% мөлшерінде қолдану тиімділігі айқындалды.

4. Мұнай өңдеу зауытының құрамында жуғыш заттары бар ағынды сулардағы ОХҚ көрсеткішін максималды 88,1±7,9%-ға төмендету үшін бактериалды-химиялық әдіспен алынған үш валентті темір мен бентониттің оңтайлы мөлшері нақтыланды және *A. ferrooxidans* штаммын пирофорлы темір сульфидтері бар ерітінділерде өсірудің оңтайлы шарттары орнатылды.

### **Зерттеудің негізгі нәтижелері:**

1. Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық пен мұнай өңдеу кәсіпорынның ағынды суларының физикалық-химиялық сипаттамалары нақтыланды. *A.ferrooxidans* бактериялық суспензиясымен тазаланған Шымкент қаласының тұрмыстық- коммуналдық ағынды судағы мұнай өнімдерінің көрсеткіші 95,1±0,5%, аммонийлі азот - 57,5±0,5%; фосфаттар - 73,7±0,5%, майлар – 60,0±0,5%, фенол – 75,0±0,5% дейін тазаланды. Мұнай өңдеу зауытының биокоагуляциялық тазалаудан кейін ағынды судың құрамындағы мұнай өнімдері 89,8±0,5%-ға , қалқымалы заттар 24,1±0,1%- ға азайған, судағы оттегінің химиялық тұтынуы 69±0,5 %-ға дейін түскен. Фенолдың тазару дәрежесі – 73,3±0,3 % жеткендігі анықталды. Ағынды судың микрофлорасын зерттеу нәтижесінде басым бөлігі қарапайымдыларға, оның ішінде инфузорийлерге және балдырларға тиесілі екендігі анықталды. Зерттеу нәтижелерінің негізінде, аталған кәсіпорындарға ағынды суды тазалаудың технологиялық сызбанұсқасы дайындалды.

2. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде микроағза штамдарымен екі валентті темірдің биологиялық тотығу процесінде температуралық фактордың айтарлықтай ықпал ететіндігі анықталды. *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық штамының екі валентті темірді +30 +35°C температура режимінде тотықтырғанда, темірдің мөлшері бастапқы 10±0,1 г/л мөлшерінен 2-тәулікте 1,6±0,1г/л яғни, 6 есеге төмендесе +10°C температурада 3 тәулікте 10,0±0,1 г/л мөлшерінен 1,0±0,1г/л-ге дейін төмендегіні белгілі болды. *A. ferrooxidans Ach 1* штамының екі валентті темірдің үш валентті темірге дейін тотықтыру ең үлкен жылдамдығы сағатына 0,5±0,1 г/л екені анықталды.

3. Құрамында сүт өнімдері бар модельдік ерітіндіге биокоагулянт ретінде *A. ferrooxidans Ach 1* қолдану шартында модельдік ерітіндінің

тазалану дәрежесі  $92,5 \pm 0,5\%$  болса, судың мөлдірлігі  $80,0 \pm 3,5\%$  дейін жоғарылады. Биокоагуляция үрдісі 6 минут уақытты алды.

4. Мұнай өңдеу зауытының құрамында жуғыш заттары бар ағынды сулардағы оттегінің химиялық қажеттілігін (ОХҚ) төмендету мақсатында бактериалды-химиялық әдіс пен бентонитті қолдану тиімділігі анықталды. Математикалық модельдеу зерттеулерінің нәтижесінде, ОХҚ көрсеткішінің максималды төмендеу дәрежесіне  $1,75$  г/л мөлшеріндегі бактериалды-химиялық үш валентті темірді,  $600,0$  мг/л мөлшерде бентонитпен бірге қолдану тиімді екені нақтыланды. Нәтижесінде ағынды судың ОХҚ тазалану дәрежесі  $88,1 \pm 7,9\%$ . Екі валентті темірдің бірден-бір көзі ретінде пирофорлы темір сульфидтері бар ерітінділерде тионды бактериялардың *A. ferrooxidans* штаммын өсіру және олардың тіршілік әрекеті үшін оңтайлы шарттары орнатылды:  $+28^\circ\text{C}$ , рН  $2,0-2,5$ , С:Т =  $1:10 \pm 2$ .

#### **Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу:**

– Алғаш рет *A. ferrooxidans* штаммының өсіру және олардың тіршілік әрекеті үшін оңтайлы жағдайлары анықталып, әр түрлі температуралық режимдегі темірді тотықтыру жылдамдығы орнатылды. *A. ferrooxidans Ach 1* бактериялық штаммының екі валентті темірді  $+30$   $+35^\circ\text{C}$  температура режимінде тотықтырғанда, темірдің мөлшері бастапқы  $10 \pm 0,1$  г/л мөлшерінен 2-тәулікте  $1,6 \pm 0,1$  г/л яғни, 6 есеге төмендеді.

– Алғаш рет сүт құрамды модельдік ерітіндіні тазарту үшін *A. ferrooxidans Ach 1* бактериалдық суспензиясын биокоагулянт ретінде қолдану мүмкіндігі зерттеліп дәлелденді. Бактериялық суспензиясын қолдану шартында модельдік ерітіндінің тазалану дәрежесі  $92,5 \pm 0,5\%$  болса, судың мөлдірлігі  $80,0 \pm 3,5\%$  дейін жоғарылады.

– *A. ferrooxidans* штаммынан бактериалды-химиялық жолмен алынған үш валентті темірді Шымкент қаласының кәсіпорындарының ағынды суларын тазалауда пайдаланылып, тазалау дәрежелерінің көрсеткіштері есептелді. Шымкент қаласының тұрмыстық- коммуналдық ағынды судағы мұнай өнімдерінің көрсеткіші  $95,1 \pm 0,5\%$ , аммонийлі азот -  $57,5 \pm 0,5\%$ ; фосфаттар -  $73,7 \pm 0,5\%$ , майлар –  $60,0 \pm 0,5\%$ , фенол –  $75,0 \pm 0,5\%$  дейін тазаланды. Мұнай өңдеу зауытының биокоагуляциялық тазалаудан кейін ағынды судың құрамындағы мұнай өнімдері  $89,8 \pm 0,5\%$ -ға , қалқымалы заттар  $24,1 \pm 0,1\%$ - ға азайды.

– Алғаш рет екі валентті темірдің бірден-бір көзі ретінде пирофорлы темір сульфидтері бар ерітінділерде тионды бактериялардың *A. ferrooxidans* штаммын өсіру және олардың тіршілік әрекеті үшін оңтайлы шарттары орнатылды:  $+28^\circ\text{C}$ , рН  $2,0-2,5$ , С:Т =  $1:10 \pm 2$ .

#### **Жұмыстың теориялық және практикалық маңызы.**

Жүргізілген тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде өндірістік кәсіпорындар мен тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларды хемотропты микроағзалардың көмегімен тазалаудың мүмкіндігі анықталды. Шымкент қаласындағы «Су ресурстары-Маркетинг» ЖШС өндірістік базасында тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақ актісімен расталды. Ағынды сулардың

физикалық-химиялық сипаттамасын келесі зерттеулерде және экологиялық мекемелерде пайдалануға болады.

Шымкент қаласының кәсіпорындарының органика құрамды ағынды суларының микрофлоралық зерттеу нәтижелерін су ресурстары сапасының стандарттау және сертификаттау үшін қолдануға ұсынылады.

Бактериялық биокоагулянтты *A.ferrooxidans* сұйықтығын  $40,0\pm 5,0\%$  мөлшерінде органика құрамды ағынды сулары бар кәсіпорындарда практикалық пайдалануға ұсынылады. Негізгі тұтынушылар - сүт, нан-тоқаш өнімдерін, сыраны және т. б. өндіру кәсіпорындары.

Зерттеу жұмысының нәтижелерін «6B05210- Экология» білім беру бағдарламасының білім алушыларына, «Өндірістік экология», «Ағынды суларды тазалау технологиясы» пәндерінің практикалық және зертханалық сабақтарда қолдануға болады.

**Диссертацияның ғылымды дамыту бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі.**

Диссертациялық жұмыс М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, «Экология» кафедрасының 2021-2025 жж. арналған МБ ҒЗЖ21-03-04 «Қазақстанның оңтүстік өңірінің тұрақты дамуы және жасыл технологиялары» ғылыми-зерттеу жоспарының және ҚР ЖБҒМ Ғылым комитеті қаржыландыратын №85/ЖҒ-5-24-26 «Органика құрамды ағын суларды хемотропты микроағзаларды пайдалану арқылы биологиялық тазарту технологиясы» (2024-2026 жж.) грантының аясында орындалды.

**Докторанттың әрбір басылымды дайындауға қосқан жеке үлесі.**

Диссертациялық жұмыс материалдары бойынша 14 жарияланымдар бар, оның ішінде 3 мақала Scopus базасына енген журналдарда, 1 мақала - ҚР БҒМ БҒССҚК ұсынған журналда, 10 мақала халықаралық конференция жинақтарында жарық көрген. 1 авторлық куәлік бар.

1. «Journal of Ecological Engineering» журналында « $Fe_2(SO_4)_3$  and bentonite use to reduce COD indicators in waste water containing detergents» мақаласында шолуды дайындау және деректерді талдау, нәтижелерді алу, журнал талаптарына сәйкес тіркеу және өңдеу.

2. «Journal of Ecological Engineering» журналында «Use of *Acidithiobacillus ferrooxidans* for Decontamination of Explosive Waste from oil Refineries» мақаласында зерттеуге арналған эксперименттерге тікелей қатысу, деректерді салыстырмалы талдау, нәтижелерді өңдеу және талқылау.

3. «Journal of Ecological Engineering» журналында «Buffer Effects in Submersed Denitrifying Biofilter» мақаласында шолуды дайындау және деректерді талдау, нәтижелерді алу және өңдеу.

4. «Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки» журналында «Ағынды суды тазалауда пайдаланылатын *Acidithiobacillus ferrooxidans Ach 1* бактериялық штамының темірді биохимиялық тотықтыру жылдамдығын зерттеу» мақаласында зерттеуге арналған эксперименттерге тікелей қатысу, деректерді салыстырмалы талдау, журнал талаптарына сәйкес тіркеу және өңдеу.

Автордың әр жарияланымды дайындауға қосқан үлесі диссертацияда келтірілген.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.**

123 беттен тұратын диссертация мазмұнына кіріспе, төрт бөлім, жалпы қорытынды, 205 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі және 8 беттен тұратын қосымша енген. Жұмыс мәтіні бойынша 30 сурет және 19 кесте енген.