

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

М. ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ

ӘОЖ 628.543

Қолжазба құқығында

СЫЗДЫКОВА МАРЖАН НУРЛАНОВНА

**Хемотропты микроағзаларды Шымкент қаласы кәсіпорындарының
органика құрамды ағын суларды тазартуда пайдалану**

8D05210 – Экология білім беру бағдарламасы бойынша

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесші:
б.ғ.д., профессор Исаева А.У.

Шет елдік ғылыми кеңесші:
Dr.hab Мессиах Беата
профессор, Адам Мицкевич
университеті, Познань, Польша

Қазақстан Республикасы
Шымкент, 2025

МАЗМҰНЫ

	НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
	АНЫҚТАМАЛАР	5
	БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
	КІРІСПЕ	7
1	АНАЛИТИКАЛЫҚ ШОЛУ	13
1.1	Өндірістік және коммуналдық ағынды суларды тазалау әдістерінің қазіргі күйіне шолу	13
1.1.1	Сүт өндірісі ағынды суларының сипаттамасы және тазалаудың ерекшеліктері	19
1.1.2	Тұрмыстық-коммуналдық ағынды сулардың сипаттамасы және тазалау ерекшеліктері	25
1.1.3	Мұнай өңдеу кәсіпорындарының ағынды суларының сипаттамасы және тазалау ерекшеліктері	29
1.2	Ағынды суды тазалаудың биологиялық және биокоагуляциялық әдістері	32
1.3	Авторофты микроағзалардың ағынды суды тазалаудағы рөлі	35
1.3.1	Микроағзалар мұнай биодеструкциялаушылары ретінде	36
2	ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ	42
2.1	Зерттеу нысандары	42
2.2	Зерттеу әдістері және бағдарламасы	46
3	ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТАЛДАУ	50
3.1	Шымкент қаласы кәсіпорындарының ағынды суларының сипаттамасы	50
3.1.1	Тұрмыстық-коммуналдық ағынды судың физикалық - химиялық сипаттамасы	50
3.1.2	Құрамында мұнай өнімдері бар ағынды сулардың физикалық-химиялық сипаттамасы	52
3.2	Ағынды сулардың микрофлорасы	54
3.2.1	<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> темір бактериясының таксономиялық сипаттамасы, анатомиялық-морфологиялық ерекшеліктері	63
3.3	Хемотрофты микроағзаларды кәсіпорындардан шыққан ағынды суларды тазартуда пайдалану	68
3.3.1	Сүт құрамды модельдік ерітіндіні тазарту үшін <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> Ach 1 бактериалдық суспензиясын биокоагулянт ретінде қолдану мүмкіндігі	68
3.3.2	Тұрмыстық-коммуналдық ағынды суды биохимиялық тазарту	72
3.3.3	Мұнай өңдеу кәсіпорындарының ағынды суларын биохимиялық тазарту	78
3.3.3.1	Бактериялық $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ және бентонитті - құрамында жуғыш қосылыстары бар ағынды сулардағы ОХҚ көрсеткіштерін төмендету үшін қолдану	79

3.4	Мұнай өңдеу зауыттарының жарылғыш қалдықтарын залалсыздандыру үшін <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> бактериясын қолдану	85
4	БИОКОАГУЛЯНТТЫ ПАЙДАЛАНУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СЫЗБАНЫҢ ӨНДІРІСТІК НЫСАНДАРДА ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ	88
4.1	Органика құрамды ағынды суды тазартуда биокоагулянтты пайдаланудың технологиялық сызбасын құрастыру	88
4.2	Математикалық модельдеу негізінде ағынды суларды биокоагуляциялық тазарту әдісі	92
4.3	Ағынды суды тазалауда биокоагулянтты пайдаланудың экологиялық-экономикалық көрсеткіштері	996
	ҚОРЫТЫНДЫ	98
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	99
	ҚОСЫМШАЛАР	116
	Қосымша А	116
	Қосымша Ә	118

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

МЕМСТ 59024 -2020	- Су. Сынаманы алуға қойылатын жалпы талаптар
МЕМСТ 26449.1-85	- Ағынды судағы құрғақ қалдық мөлшерін гравиметриялық анықтау
МЕМСТ 31859—2012	- Су. Судағы ОХҚ көрсеткішін анықтау
БҚ 52.24.420-2006	- Ағынды судағы ОБҚ көрсеткішін анықтау әдістері
БҚ 52.24.382-2006	- Су құрамындағы фосфаттардың массалық концентрациясын фотометриялық әдіспен анықтау
ҚР СТ ИСО 9297 – 2008	- Су сапасы. Су құрамындағы хлоридтерді Мор әдісі бойынша анықтау әдістері
МЕМСТ 3351-74	- Ауыз суы. Дәмін, иісін және мөлдірлігін анықтау әдістері
МЕМСТ 4979-49	- Шаруашылық-ауыз су және өнеркәсіптік сумен қамтамасыз ету. Химиялық талдау әдістер
МЕМСТ 4151-72	- Ауыз суы. Жалпы кермектілігін анықтау әдістері
МЕМСТ 26449.1-85	- Су. Су құрамындағы аммонийлі азотты титрометриялық әдіспен анықтау әдістері
МЕМСТ 26670-91	- Тағам өнімдері. Микроағзаларды өсіру әдістері
МЕМСТ 54667-2011	- Сүт және сүтті өңдеу өнімдері. Қанттың массалық үлесін анықтау әдістері
МЕМСТ 14.1:2.122-97	- Суды сандық химиялық талдау. Беттік және ағынды сулардағы майлардың массалық шоғырын өлшеу әдістемесі
ҚР СТ ИСО 17294-2-2006	- Судың сапасы. Индуктивті-байланысқан плазмалы масс-спектрометриялық талдау
МЕМСТ 13685-84	- Ас тұзы. Сынау әдістері
МЕМСТ 1652.3-77	- Темірді трилонометриялық және комплексонометриялық анықтау әдісі

АНЫҚТАМАЛАР

Қалқыма заттар ОБҚ деңгейі	- қоспалар мен ірі бөлшектер - микроағзалардың әсерінен аэробты биохимиялық тотығу мен судың құрамында болатын органикалық қосылыстардың ыдырауына жұмсалатын оттегінің мөлшері
ОХҚ мәні	- ағынды судың құрамындағы органикалық қосылыстардың химиялық жолмен тотығуына қажет оттегінің мөлшері
Биологиялық тазалау әдісі	- микроағзалардың тіршілік әрекетінің әсерінен ағынды судың құрамындағы коллоидты және еріген органикалық заттардың минералды қоспаларға айналуы
Ағынды сулар	- пайдаланудың нәтижесінде химиялық құрамы мен физикалық-химиялық қасиеттері өзгерген сулар
Нитрификация	- аммонийлі азоттың нитриттер мен нитраттарға биохимиялық тотығуы
<i>Gallionella</i>	- бір жасушалы темір бактерияларының типтік өкілі
<i>Beggiatoa alba</i>	- субстрат бойымен қозғалатын ақ қозғалмалы жіптерге ұқсайтын күкірт бактериялары
<i>Vorticella microstoma</i>	- субстраттарға жабысатын жіпшелері бар қоңырау тәрізді кірпікшелер тұқымдасы
<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>	- қысқа таяқшаларға ұқсас, кейде жұп болып орналасатын, негізінен жеке, өлшемі 0,4 x (0,8 ⁻¹) мкм болатын тионды бактерия

БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

АТГ	-	антибиотиктерге төзімді гендер
г	-	грамм
ДДҰ	-	дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы
ДК	-	дербес компьютер
ЖТЗ	-	жалпы таразыланған заттар
ЖЕЗ	-	жалпы еріген заттар
ЖШС	-	Жауапкершілігі шектеулі серіктестік
ЖЭО	-	Жылуэнергоорталық
ЖПЗ	-	жасушадан тыс полимерлі заттар
КАС	-	кокстелген ағынды сулар
ҚР	-	Қазақстан Республикасы
ҚТ	-	қайтымсыз температура
л	-	литр
мг	-	милиграмм
м	-	метр
МЕМСТ	-	Мемлекеттік стандарт
МГЭ	-	мобильді генетикалық элементтер
ШМК	-	шекті мүмкіндік концентрациясы
мл	-	милитр
НА	-	натрий альгинатын
МЭА	-	моноэтанолламин
ОБҚ	-	оттегінің биологиялық қажеттілігі
ОХҚ	-	оттегінің химиялық қажеттілігі
ӨҰЫТТ	-	өздігінен үдемелі ыдырау кезіндегі тотығу температурасы
ӨТКУ	-	өздігінен тұтанудың кешігу уақыты
ПВХ	-	поливинилхлорид
РЦ	-	рустицианин
РЕК	-	рұқсат етілген көрсеткіш
СББЗ	-	синтетикалық беттік белсенді заттар
ШМӨЗ	-	Шымкент мұнай өңдеу зауыты
С:Т	-	сұйық:тығыз қатынасы
т	-	тонна
тәу	-	тәулік
ЭЛТҚ	-	электротұзсыздандыру қондырғысы

КІРІСПЕ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Диссертациялық жұмыс ағынды сулардың физикалық-химиялық сипаттамалары мен микрофлорасын анықтай отырып, тазартуда жанама түрде қолданылатын микроағзалардың негізгі биологиялық ерекшеліктерін нақтылау арқылы, Шымкент қаласы кәсіпорындарының органика құрамды ағынды суларын тазартуда пайдалану мүмкіндіктерін зерттеуге бағытталғын.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Соңғы жылдары ағынды суларды тазарту мәселесі бүкіл әлемде, соның ішінде Қазақстан Республикасында өткір және өзекті мәселелердің бірі бола түсуде. Ластанған су қоршаған ортаның экологиялық жағдайына орасан зор кері әсерін тигізеді, сондықтан да ағынды суды тазарту- адамзаттың міндетті іс-әрекеттерінің бірі болып табылады [1].

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 [2].

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.м³/жыл-дан 6039,00 млн.м³/жыл-ға өскен, ал тазаланған ағынды су көлемі 525,1 млн.м³/жыл-дан 662,2 млн.м³/жыл құрайды. Бұл дегеніміз тазаланатын ағынды судың көлемі 11% ғана [3].

Ұлттық статистика бюросының мәліметтеріне сәйкес Шымкент қаласы бойынша 81 млн.м³/жыл берілген судың тазалау қондырғылары арқылы өткен көлемі 37 млн.м³/жыл (45,6%) құраған [4].

Қазіргі таңда ағынды суды тазалаудың бірнеше әдістері белгілі. Органикалық қосылыстармен ластанған суларды тазарту үшін механикалық (сүзу [5], тұндыру [6], центрифугалау [7], сүзгілеу [8]), физика-химиялық (сорбция [9], аэрация [10], экстракция [11], коагуляция [12], флотация [13], электролиз [14], ион алмасу [15], кристалдандыру [16]) және биологиялық тазарту (биофилтрлер [17], окситенктер [18], аэротенктер [19], батпалы биофилтрлер [20], анаэробты биофилтрлер [21].) әдістері қолданылады. Бүгінгі күнге дейін биологиялық тазалау әдісі экологиялық қауіпсіз әрі тиімді екені орнатылған. Биологиялық тазалау барысында әдетте әртүрлі микроағзалар топтарының жиынтығы немесе белсенді тұнба қолданылады, олар суды түрлі ластаушы қоспалардан 85%-ға дейін тазартады [22].

Гетеротрофты микроағзалардың көмегімен ағынды суларды тазартудың биологиялық әдісі келешектің бағыты болып табылады. Микроағзалармен көміртегі көзі ретінде қолданылатын көмірсутектерді ассимиляциялау үрдісінің ерекшелігі тотықсызданған химиялық байланыс ретіндегі мұнай көмірсутектерінің қасиеттерімен шартталған. Бұл олардың оттегінің қатысуымен тотығуын талап етеді [23]. Олардың ішінде ең көп қолданылатыны - *Paracoccus denitrificans* [24], *Pseudomonas putida* [25], *P.alcaligenes* [26], *P.veronii* [27] сияқты гетеротрофты микроағзалар. Аталған микроағзалардың бұл топтары метаболизм процестерінде органикалық қосылыстарды пайдаланады.

Отандық зерттеулерде фототрофты микробалдырлардың *Chlorella vulgaris* KAI, *Oocystis borge* ATP штаммдарын фосфоркұрамды ағынды суды тазалауда пайдаланған [28]. Радиоактивті қалдықтармен ластанған су айдындарын *Scenedesmus quadricauda*, *Synechocystis* sp фототрофты микроорганизмдермен биотехнологиялық тазарту әдістерін пайдаланылуы мүмкіндігі бар [29]. 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 [30].

Жұмыстың мақсаты: хемотрофты микроағзаларды Шымкент қаласы кәсіпорындарының органика құрамды ағынды суларды тазартуда пайдаланудың мүмкіндіктерін зерттеу.

Зерттеу жұмысының негізгі 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.

A. ferrooxidans Ach1 штамы - Ащысай кентінде орналасқан полиметалл қождарынан бөлініп алынған. Әдетте жалғыз, кейде жұптасып орналасады. Өлшемі $0,4 \times (0,8^{-1})$ мкм болатын қысқа таяқша тәрізді тионды бактериялар [31]. Грамм теріс боялған, спора түзбейді, бір полярлы флагелласы бар. Қышқыл ортада екі валентті темірді үш валентті темірге дейін тотықтыра алады [32]. Бөліну арқылы көбейеді. Зерттеу жұмыстарында *A. ferrooxidans* Ach1 штамы Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды

суларын тазалауда және құрамында сүт өнімдері бар модельдік ерітіндіні тазалауда пайдаланылды.

A. ferrooxidans BIT1 штаммы - Түркістан облысының полиметалл және фосфоры бар қалдықтарынан бөлініп алынған. Таяқша тәрізді, кейде жұптасып, көбінесе жалғыз орналасқан тионды бактериялар [33]. Бөліну арқылы көбейеді. Спора түзбейді, грамм теріс боялған. Екі валентті темірді қолайлы жағдайда, химиялық жолдан қарағанда 200 есе жоғары тотықтыра алады [34]. Зерттеу жұмыстарында *A. ferrooxidans BIT1* штаммы мұнай өңдеу зауытындағы ағынды суды тазалауда бентонитпен бірге пайдаланылды.

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 ерітіндіні 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. Пирофорлы 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 қағидалар:

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: $+30 +35^{\circ}C$.

3. Құрамында сүт өнімдері бар модельдік ерітіндіні тазартуда биокоагулянт ретінде *A. ferrooxidans* суспензиясын $40,0 \pm 5,0\%$ мөлшерінде

қолдану тиімділігі айқындалды.

4. Мұнай өңдеу зауытының құрамында жуғыш заттары бар ағынды сулардағы ОХҚ көрсеткішін максималды $88,1 \pm 7,9\%$ -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.

Зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңалығы:

1. Алғаш рет *A. ferrooxidans* штамының өсіру және олардың тіршілік әрекеті үшін оңтайлы жағдайлары анықталып, әр түрлі температуралық режимдегі темірді тотықтыру жылдамдығы орнатылды. *A. ferrooxidans* Ach 1 бактериялық штамының 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.

2. 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.

3. *A. ferrooxidans* штамынан 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.

4. 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: $+28^{\circ}\text{C}$, pH 2,0-2,5, C:T = 1:10 $\pm$ 2.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық құндылығы.

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 (Қосымша Ә).

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 сертификаттауы 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.

Хемотропты микроағзаларды Шымкент қаласы кәсіпорындарының органика құрамды ағын суларды тазартуда пайдалану авторлық куәлікпен расталды (Қосымша А).

Жұмыстың ғылыми-зерттеу бағдарламалармен байланысы.

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.

Диссертациялық жұмыстың негізділігі мен сенімділік дәрежесі.

Диссертациялық жұмыста келесідей ресми жарияланған деректер қолданылды: Қазақстан Республикасының Экологиялық Кодексі, Қалдықтар классификаторы, нормативтік құжаттар. Зерттеу жұмысының нәтижелері ұқсас зерттеулердің нәтижелерімен салыстырмалы бағалау негізінде дәлелденді. Зерттеу барысында пайдаланылған жабдықтар мен материалдар нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сәйкес келеді.

Жұмысты орындаудағы автордың жеке үлесі: зерттеу әдіснамасын жасау, зерттеу мақсаты мен міндеттерін айқындау, тәжірибелік зерттеулерді жоспарлау және әдістемелік басқару, зерттеу нәтижелерін өңдеу, талдау және қорытындылау, ғылыми мақалаларды дайындау.

Жұмыстың апробациясы. Диссертациялық жұмыстың қорытындысы Scopus базасында енгізілген баспаларда жарияланды: Journal of Ecological Engeneering (Польша); Халықаралық және арнайы ғылыми-техникалық конференцияларда жарияланды: Materials of VII International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE-2021 (Shymkent, Kazakhstan, 2021); Халықаралық ғылыми-техникалық конференция «Әуезов оқулары-20» материалдары (Шымкент, Қазақстан, 2022); The International Scientific-Practical Conference "Prospects for Rational Use of Natural Resources of Georgia and Sustainable Development of Productive Forces in Regions" (Тбилиси, Грузия, 2022); 10th Polish-Kazakh Meeting: Relationship Between Chemistry and Biology, International conference (Польша, 2024); Вестник научных конференций (Тамбов, РФ, 2024).

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері 6B05210-«Экология» мамандығының білім алушыларының оқу үдерісіне енгізіліп, «Өндірістік экология негіздері» пәнінің практикалық сабағына енгізілгені туралы актпен расталды (Қосымша А).

Зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар. 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.

Жұмыс көлемі мен құрылымы. 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.

1 АНАЛИТИКАЛЫҚ ШОЛУ

1.1 ӨНДІРІСТІК ЖӘНЕ КОММУНАЛДЫҚ АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАЛАУ ӘДІСТЕРІНІҢ ҚАЗІРГІ КҮЙІНЕ ШОЛУ

Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексіне сәйкес (2021 жылғы 2 қаңтардағы № 400-VI), су ресурстарын қорғау және ағынды суларды тазарту мәселелері маңызды экологиялық міндеттердің бірі болып табылады. Кодекстің 50-бабында су объектілерін қорғау бойынша шаралар қарастырылған. Онда су объектілерінің экологиялық тұрақтылығын сақтау, ластану көздерін жою және тазалау технологияларын жетілдіру міндеттері көрсетілген [35].

Өндірістік кәсіпорындар аумағында ағынды сулардың үш түрі қалыптасады: өндірістік, тұрмыстық және атмосфералық [36]. Өндірістік ағынды сулар – технологиялық процестің нәтижесінде немесе пайдалы қазбаларды өндіру және байыту кезінде, сондай-ақ өнімдер мен агрегаттарды салқындатудан алынған сулар болып табылады [37]. Өндірістік ағынды сулар шартты түрде таза (өндіріс процесінде ластанбайтын салқындатқыш су) және ластанған болып бөлінеді. Тұрмыстық ағынды сулар – бұл санитарлық кәріздерден, душтардан және басқа да тұрмыстық объектілерден шығатын ағынды сулар. Атмосфералық ағынды сулар – жаңбыр мен қардың еріген сулары болып табылады. Аумақтың қатты ластануы кезінде олар белгілі бір өндіріс өнімдерімен, минералды және органикалық қосылыстармен, сондай-ақ мұнай өнімдерімен ластануы мүмкін [38].

Өндірістік ағынды сулардың құрамындағы ластауыштар келесідей топтарға бөлінеді: 1) Басым бөлігі минералды заттармен ластанған (металлургия, машина жасау, кен және көмір өндіру өнеркәсібі кәсіпорындары; минералды тыңайтқыштар, қышқылдар, Құрылыс бұйымдары және материалдар және т. б.) [39]; 2) басым бөлігі органикалық қосылыстармен ластанған (ет, балық, сүт, тамақ, целлюлоза-қағаз, химия, микробиология өнеркәсібі; пластмасса, резеңке және т. б. өндіретін зауыттар); 3) минералды және органикалық қоспалармен ластанған (мұнай өндіру, мұнай өңдеу, мұнай-химия, тоқыма, жеңіл, фармацевтика өнеркәсібі; консервілер, қант, органикалық синтез өнімдері, қағаз, витаминдер және т. б. өндіретін зауыттар) [40].

Қазіргі таңда ағынды суды тазалаудың бірнеше әдістері белгілі. Органикалық қосылыстармен ластанған суларды тазарту үшін механикалық (сүзу, тұндыру, центрифугалау, сүзгілеу) [41], физика-химиялық (сорбция, аэрация, экстракция, коагуляция, флотация, электролиз, ион алмасу, кристалдандыру) [42] және биологиялық тазарту (биофилтрлер, окситенктер, аэротенктер, батпалы биофилтрлер, анаэробты биофилтрлер.) әдістері қолданылады [43]. Бүгінгі күнге дейін биологиялық тазалау әдісі экологиялық қауіпсіз әрі тиімді екені орнатылған. Ағынды суларды биологиялық тазартудың негізгі механизмдеріне – аэротенктер, биосүзгілер, метаболикалық процестерде ластаушы заттарды пайдалану және т. б. әдістері

жатады [44].

Ағынды суларды тазарту әдістерінің ішінде өзендердің және басқа су айдындарының биохимиялық және физиологиялық өзін-өзі тазарту заңдалақтарын қолдануға негізделген биологиялық тазалау әдісі маңызды орын алады. Ағынды суларды биологиялық тазарту құрылғыларының бірнеше түрі бар: биосүзгілер, биологиялық тоғандар және аэротенктер. Биологиялық әдіс коммуналдық және өндірістік ағынды суларды тазартуда үлкен нәтиже (99% дейін) береді, бұл оны ең тиімді тазарту әдістерінің бірі деп атауға мүмкіндік береді [45].

ОБҚ көрсеткіші бойынша органикалық ластағыш заттардың жоғары ағынды суларды тазарту үшін екі сатылы технологиялық сұлба ұсынылған [46].

Мысалы, қағаз өңдеу зауыттарының ағынды суларына тән ерекшелігі ағыны мен құрамының айтарлықтай ауытқуы, ерімеген және еріген заттардың жоғары мөлшері болып табылады. Бұл ағынды суларды жергілікті тазарту еріген және жартылай еріген ластаушы заттардың шоғырын төмендетуге, сондай-ақ тұнбадағы бағалы заттар мен тазартылған суды өндірісте қайта пайдалануға мүмкіндік береді [47]. Дегенмен, еріген ластаушы заттардың айтарлықтай мөлшері зауыттар арқылы биологиялық тазарту стансаларына шығарылады [48]. Іс жүзінде бұл мақсатта еркін қалқымалы белсенді шламы бар биореакторлар, сонымен қатар биомассасы бар биореакторлар қолданылады [49].

Жүктемеге бекітілген биоқабыршақтың мөлшері, ең алдымен, түсетін ағынды сулардың түрі мен құрамына, ондағы органикалық ластаушы заттардың шоғырына және артық биомассадан арылуды қамтамасыз ететін аэрация үрдісінің қарқындылығына байланысты екені белгілі. Жүктемедегі биоқабыршақтың қалыңдығын жоғарылатумен биомассаның ішкі белсенді емес қабаты артады, бірақ тазарту үрдісінің жылдамдығы жоғарыламайды [50].

Қазіргі уақытта ағынды суларды тазартудың белсенді тұнба әдісі әмбебап болып табылады және ағынды суларды тазартудың негізгі кезеңдерінің бірі ретінде кеңінен қолданылады. Аэрациялық резервуарларда биологиялық тазарту үрдісінде ағынды суларды ластаушы заттардың толық тотығуына қажетті аэрация кезеңі негізгі технологиялық көрсеткіш болып табылады [51].

Аэрациялық резервуардағы ағынды суларды тазарту және белсенді тұнбаны регенерациялау ұзақтығын бағалаудың математикалық модельін дайындауға негізделген әдістемесі бар, мұнда кейбір коэффициенттер әдебиет деректерінен алынса, ал кейбір көрсеткіштер тәжірибелік түрде анықталады [52].

Белгілі болғандай, белсенді тұнба үлпектерінің құрылымы мен қасиеттері үлкен сорбциялық беттікті қамтамасыз етеді. Белсенді тұнбаның ластаушы заттардың биосорбциясы мен биохимиялық тотығу қабілеті табиғи экожүйелердің қослыстарды түрлендірудегі мүмкіндіктерінен айтарлықтай

асып түседі [53]. Белсенді тұнбаның сорбциялық қасиеттері үлпектердің құрылымында полисахаридтерден, ақуыздардан тұратын полимерлі гельдің болуымен қамтамасыз етіледі. Сондықтан, жасушадан тыс поимерлер әртүрлі функционалдық топтардан, әртүрлі табиғатты ластаушы заттардан тұрады, бұл сорбция үрдісіне қолайлы жағдай жасайды. 1991 жылы Эйнельбут аэротенктерде белсенді тұнбаның ағынды сумен жанасуының алғашқы 10 минутында ОХҚ сипаттайтын ластаушы заттардың 85-92% -ға дейін жойылатынын көрсеткен [54].

Табиғи ағынды сулармен және белсенді тұнбалармен модельдік қондырғыларда жүргізілген зертханалық тәжірибелерде тұнбаның ағынды сумен жанасқаннан кейін ОХҚ 48-53%-ға, беттік белсенді заттар 50-58%-ға, фенол 50-64%-ға төмендегені анықталған, ал этиленглюкольдер 62-79%-ға өскен және белсенді тұнбаның мөлшері мен ластаушы заттарды жою тиімділігі арасында тікелей байланыс байқалған. Белсенді тұнбаның тиімді мөлшерінің максимумы $4,7 \text{ г/дм}^3$ және минимумы $2,8 \text{ г/дм}^3$ [55].

Сорбция үрдісі десорбция үрдісімен қатар жүреді. Бұл ерітіндідегі заттардың шоғыры заттың бастапқы сорбцияланған мөлшеріне қатысты тепе-теңдіктен төмен болғанда және адсорбент пен ерітінді арасында ластаушы заттардың ішінара десорбциясы мен қайта бөлінуі орын алған жағдайда болады [56].

Ластаушы заттарды жою динамикасын қарастыру лайлы сұйықтықта және белсенді тұнбадан шаю кезінде токсиканттар мөлшерінің төмендегенін көрсетті. Бірақ тазартылған ағынды суларда ластаушы заттардың мезгілімен көбейуі байқалады, бұл олардың шламның бетінен десорбциялануымен байланысты. 24 сағаттан кейін ластаушы заттардың шоғырында тепе-теңдік орнайды. Яғни, ластаушы заттарды қалыпты түрде жою үшін кемінде 24 сағаттық аэрация кезеңі керек.

Тұнбаның ферментативті белсенділігі туралы мәліметтер жоғарыда келтірілген нәтижелерді растайды. Шламның ағынды сумен байланысқаннан кейін ағынды суға қатысты да, жасушалардың бетігінде сорбцияланған заттарға қатысты да ферментативті белсенділік артады. Ары қарай 3 сағаттан кейін тұнба сұйықтығындағы белсенділік $2,7-3,4 \text{ г/дм}^3$ мөлшеріне дейін төмендейді, бұл тазартылған судағы ластаушы заттардың мөлшерінің төмендеуіне сәйкес келеді, бірақ шлам бетінен шайылып кетудегі белсенділік аздап төмендейді [57].

Ағынды суларды тазарту қондырғыларының тиімділігі мен экологиялық тазалығы белсенді тұнбаның тұндыру қасиеттерімен анықталады. Олар ыдыраған кезде тұнба индексінің $I = 150 \text{ см}^3/\text{г}$ немесе одан жоғары мәндеріне дейін ұлғаюымен жүретін тұнбаның «ісінуі» сияқты құбылыс пайда болады. Нәтижесінде белсенді тұнба екінші тұндырғышқа тұндыру кезінде тазартылған сұйықтықтан толық бөлініп үлгермейді және табиғи гидрографиялық желіге жіберіледі. Аэротенкте белсенді тұнбаның рециркуляциясы болмаған жағдайда – екінші реттік тұндырғыш жүйесі, сондай-ақ белсенді тұнба биоценозының агрессивті экологиялық жағдайларға

төзімділігі, ластаушы компоненттердің терең бұзылуы және сарқынды суларды тазартудың интегралды дәрежесі болмайды. Нәтижесінде тазарту құрылыстарының жұмысын тоқтатып, технологиялық үрдіс пен жабдықтарды іске қосу және реттеу бойынша еңбекті көп қажет ететін операцияларды жүргізу қажеттілігі туындайды [58].

Қалалық ағынды суларды биологиялық тазарту технологиясының ережелері сақталса және экологиялық таза бөлу өнімдері (ағынды сулар, тұндырылған су) алынса, оларды ауыл шаруашылығында жемшөпті, техникалық және басқа да дақылдарды тыңайту және суару үшін пайдалануға болады [59].

Физикалық тұрғыдан алғанда авторлар [60] алған математикалық нәтижені келесідей заңды түрде түсіндіруге болады. Дәл осындай жағдайларда арналық шламды сепараторы бар шағын өлшемді биологиялық ағынды суларды тазарту қондырғысы үшін негізгі технологиялық жұмыс көрсеткіштерін ақаусыз және сенімді ұстау Евробион станциясына қарағанда 26,9% жоғары. Осыған байланысты тәжірибе стансасы технологиялық жұмыс тәртібінің өзгеруіне айтарлықтай төзімді.

Ағынды суларды биологиялық тазарту өте күрделі биохимиялық үрдіс. Негізінен, ағынды сулардан органикалық ластаушы заттарды тазарту аэротенктерде немесе биосүзгілерде жүргізіледі. Сұйық қабат технологиясын пайдалану биосүзгілеу және белсенді тұнбаны өңдеу сияқты стандартты үрдістердің ең жақсы мүмкіндіктерін жүйеде біріктіруге мүмкіндік береді. Бекітілген биоқабыршақ және биомассаның жоғары шоғырын кешенді пайдалану әдісі ағынды суларды биологиялық тазартудың максималды тиімділігіне қол жеткізуге, белсенді тұнбаны басқаруды жеңілдетуге және тазарту құрылыстарының құнын төмендетуге мүмкіндік береді [61].

Сұйық қабат технологиясы ағынды суларды тазартудың әдеттегі биологиялық жүйелерімен ұқсас биологиялық өңдеуді пайдаланады. Аэрацияланатын жүйеде микроағзалардың жеткілікті жоғары шоғыры аэротенкте сақталады. Бұл ағзалар биологиялық тазарту жүйелерінде жиі кездесетін кез келген факультативті, аэробты немесе анаэробты бактериялар болуы мүмкін. Бұл жағдайда бактериялардың басым түрі толығымен бастапқы ағынды сулардағы ластаушы заттардың құрамы мен шоғырына және сұйық ортадағы еріген оттегінің шоғырына тәуелді болады. Егер негізгі ластаушы аммоний болса, онда қажетті аэробтық жағдайлар *Nitrosomonas* және *Nitrobacter* типтік автотрофтардың қатысуымен нитрификацияға мүмкіндік беруі керек. Егер ластаушы заттар нитраттар болса, онда денитрификациялаушы организмдер қажетті аноксиктік жағдайларда басым болуы керек [62].

Ұзақ уақыт бойы гидравликалық және органикалық жүктемелердің жоғарылауын орын алатын қондырғылар үшін ағынды жүйелердің модульдік принципі қолданбалы. Кейбір конструкцияларда шлюздер мен реттелетін бөгеттердің тізбегі қосымша икемділік пен көрші аэротенктерді басқаруды

қамтамасыз ете алады, оларды сериялық немесе параллельді басқаруға болады.

Салыстырмалы нәтижелер көрсеткендей, биомассаның жоғары шоғыры және оның ағынды сулармен тығыз байланысы, сұйылтылған жүйелердің биохимиялық және техникалық-экономикалық тиімділігі жоғары болады. Аэрациялық резервуардағы тазарту сапасын арттыру үшін сұйық қабатты пайдалану тазарту сапасын арттыруды да, құрылыс пен пайдаланудың жоғары техникалық-экономикалық тиімділігіне де қол жеткізуді қамтамасыз ететін аэробты биологиялық тазарту жүйелерін дамыту мен жетілдірудің келешекті бағыты болып табылады [63].

Тазарту әсерін жоғарылату үшін биологиялық үрдісті өзгертуге болады, осылайша оның жеке ластаушы заттардың жойылуын арттыру мүмкіндігін кеңейтеді. Осылайша, анаэробты үрдістерді технологиялық сызбаға енгізу қоректік заттарды – азотты немесе фосфор қосылыстарын терең аластатумен технологиялық сұлбалардың көп санын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [64]. Биологиялық тазарту қондырғыларын микрофлораны иммобилизациялауға арналған тасымалдаушылармен жабдықтау тазалау уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Яғни, тазарту үрдісін жылдамдату, органикалық заттардан тазарту тереңдігін арттыру және азот қосылыстарының жоғарылауын қамтамасыз ету [65]. Иммобилизацияланған микрофлораны зерттеу барысында үздіксіз жұмыс істеу үшін тиімді биологиялық тазарту нұсқасы әзірленген. Жасалған технологияны қолданудың тиімділігі келесі тәжірибелік зерттеулерде дәлелденген [66].

Қалпына келтірудің экстремалды шарттарында (кептіру кезеңі немесе минус температураның әсерінен) иммобилизацияланған микрофлораның өнімділігін қарқынды қалпына келтіру тұрақты жұмыс істейтін нысандарды ғана емес, сонымен қатар маусымдық қондырғылар үшін үзіліспен жұмыс істейтін биологиялық тазарту қондырғыларында да биологиялық тазарту технологиясын қарастыруға мүмкіндік береді [67].

Келесі зерттеушілер [68] химиялық ластанған өнеркәсіптік ағынды суларды детоксикациялау үшін биосорбция әдісінің қолданбалылығын көрсетті, онда ластаушы заттардың адсорбциялану және биохимиялық тотығу үрдістері бір аппаратта (биосорбер) біріктірілген. Бұл ретте аппараттың реакциялық аймағында деструкторлық микроағзалар мен олардың экзоферменттерінің жоғары шоғыры құрылады, ал сорбенттің (белсендірілген көмірдің) улы ластаушы заттардың жоғары шоғырында микроағзаларға қарсы қорғаныс әсері қамтамасыз етіледі.

Келесі бір үлкен мәселе - судағы органикалық заттардың азаюы. Ал мұнда биологиялық тазарту баға жетпес рөл атқарады [69]. Егер ағынды сулардың құрамында тек бір немесе бірнеше органикалық көміртек көздері ұқсас құрамды, яғни бір немесе бірнеше органикалық қосылыстардың жақын гомологтары болса, онда бактериялардың бір культурасы ғана дамуы мүмкін. Теріс қоректік деңгей, мысалы, микроағзалардың биомассасына қатысты өңдеуге арналған ластаушы заттардың шамадан тыс мөлшері болуы мүмкін.

Егер қарапайым микроағзалар қауымдастығында болса, олардың рөлі әртүрлі, ол негізінен бактериялардың санын реттеуді және тазартылған судан ірі бөлшектердің бастапқы қоспаларын жоюды қамтиды.

Қазіргі уақытта әлемде гидросфераны ластанудан қорғаудың негізгі кедергілерінің бірі биологиялық тазарту стансалары [70] болып табылады. Олар ағынды суларды тазарту үшін өте жоғары көрсеткіштерді көрсетеді және олардың тиімділігіне байланысты бүгінгі күні үлкен сұранысқа ие. Биологиялық тазарту қондырғыларының кемшіліктеріне қоршаған ортаның температурасы оңтайлы аймақтан шыққан кезде олардың тиімділігінің төмендеуі жатады. Осылайша, өте төмен немесе жоғары температурада белсенді тұнбаның тиімділігі күрт төмендеуі мүмкін, өйткені оның құрамына кіретін микроағзалар белгілі бір температура аралығында өмір сүреді және белсенді жұмыс істейді.

Энергия тиімділігі бүгінгі күні кез келген саланың, соның ішінде сумен жабдықтау мен канализацияның жұмысындағы негізгі бағыт болып табылады. Тұрмыстық сарқынды суларды тазарту үшін энергия шығынының артуына басты себеп су шаруашылығы кәсіпорындарында моральдық және физикалық тұрғыдан ескірген жабдықтар мен технологияларды пайдалану болып табылады. Сондықтан бұл мәселелерді кешенді түрде шешу кезек күттірмейтін міндет.

Ағынды суларды тазартудың энергия шығындарын бағалау үшін авторлардың жұмысына жүгінейік [71]. Авторлардың [72] еңбектері бойынша шаруашылық-тұрмыстық сулар қатарынан бірнеше кезеңдерден өтеді. Тұрмыстық сарқынды сулар құрамында негізінен адам қалдықтары болып табылатын органикалық қосылыстардың массасын және сонымен бірге белгілі бір микроағзалар үшін тағам түрін алып жүреді [73]. Бұл микроағзалар органикалық заттарды ассимиляциялайды, осыған байланысты олар өсіп, көбейеді, арна бойымен қозғалған сайын судағы ластаушы заттардың шоғыры төмендейді.

Осы кезеңде тазартылған судың оттегімен қанығуы еріген органикалық заттарды көбейту, өсіру және өндеу кезінде микроағзалардың белсенділігінің қажетті және міндетті шарты болып табылатынын атап өткен жөн. Осы мақсаттар үшін аэротенктің төменгі жағында арнайы құрылғылар орнатылады, оған ауа үздіксіз қуатты компрессорлармен қамтамасыз етіледі. Бұл құрылғылар ауа қозғалатын сұйықтыққа енетін көптеген саңылаулармен жабдықталған. Су қоспасы арқылы өтетін ауа көпіршіктері онда ішінара ериді. Еріген оттегіні микроағзалар тыныс алу процесінде пайдаланып, нәтижесінде жаңа микроағзалардың биосинтезі үшін қажетті энергияны өндіреді [74]. Микроағзалардың оттегін тек еріген күйде тұтынатынын ескерсек, аэротенктің ең маңызды техникалық сипаттамасы — су суспензиясының тұрақты аэрациясы кезінде бірлік көлемге уақыт бірлігінде еріген оттегінің қандай мөлшерде түсуі және ауадағы еріген оттегінің концентрациясының қаншалықты жылдам болуы. Бұл көрсеткіштер ағынды суларды биологиялық тазарту процесінде басты рөл атқарады және оларды

камтамасыз ететін құрылғылардың, әсіресе ортаны оттегімен байытуға жауапты құрылғылардың конструкциялық жетілдірілуінің көрсеткіші болып табылады [75].

Көрсетілгендей, биологиялық тазартудың тиімділігі флокулалардың мөлшеріне де байланысты, өйткені ол белсенді тұнбаны құрайтын микроағзалар бетінің тотығу жылдамдығын анықтайды [76]. Тотығу жылдамдығы органикалық заттардың бактерия жасушаларының бетіне жеткізу жылдамдығымен анықталады. Жеткізу II қабатта болатын молекулалық диффузия арқылы жүзеге асады. II қабат неғұрлым жұқа болса, диффузия соғұрлым тез жүреді және флокуланың ағынды сулардың органикалық заттарымен қанығу жылдамдығы жоғары болады.

Берілетін ауаның көлемін ұлғайтпай, фазааралық бетінің ауданын ұлғайту арқылы сұйық ортада оттегін тиімді ерітуге арналған заманауи құрылғыларды қолдану арқылы энергия шығындарының айтарлықтай төмендеуіне қол жеткізуге болады. Бұл ретте микроағзалардың белгілі бір мәндерге дейін мақсатты өлшемді регенерациясын жүргізу, сол арқылы олардың белсенділігі мен қоршаған ортаны еріген қоспалардан үздіксіз тазарту қабілетін арттыру қажет. Тазалаудың технологиялық реттілігін өзгеріссіз сақтай отырып, үрдістің маңызды сипаттамалары мен мөлшерлерін мақсатты түрлендіру арқылы оның тиімділігін арттыруға болады [77].

Өндірістік ағынды суларды тазарту тақырыбы бойынша ақпаратты талдаулар ағынды сулардың осы түрін тазарту технологиясын таңдау немесе әзірлеу кезінде анаэробты және аэробты әдістердің комбинациясын ұстану керектігін көрсетеді, өйткені жеке екі тәсілдің де кемшіліктері жоқ. Сондай-ақ соңғы екі онжылдықта түйіршікті түрдегі белсенді тұнбаны қолдану технологияларына ерекше назар аударылғаны көруге болады. Көптеген зерттеулер түйіршікті белсенді тұнбаның флокуляцияланған тұнбаға қарағанда айқын артықшылығын растады, бірақ бұл технологияны өнеркәсіптік тәжірибеде ауқымды енгізуге кедергі келтіретін бірқатар шешілмеген мәселелер әлі де бар.

Мембраналық сүзгілеуді және микроағзаларды пайдалана отырып, ағынды суларды тазартудың ағымдағы үрдістері ағынды сулардан ластаушы заттарды тиімді жоюды жеңілдетеді, сонымен қатар соңғы технология негізінде энергия да өндіруге болады. Бұл тазарту әдістері зертханалық жағдайларда сәтті сынақтан өткен, бірақ оларды толық көлемде пайдалану келіп түсетін ағынды сулардың көлемімен және суспензиядағы заттардың мөлшерімен шектеледі.

1.1.1 Сүт өндірісі ағынды суларының сипаттамасы және тазалаудың ерекшеліктері

Сүт өңдеу кәсіпорындарының өндірістік ағынды суларының негізгі қауіптілігі – жабдықтарды жуу операцияларынан түсетін органикалық ластаушы заттардың көп мөлшері, сонымен қатар өнім қалдықтары мен өндірістік қалдықтар. Ағынды суларға қышқылды және сілтілі жуғыш

материалдар төгілсе және де ортаның рН 2-12 аралығында өзгеруіне алып келетін болса, онда оның қауіптілігі өзге қалдықтардан кем емес.

Ластанған ағынды сулардың су қоймасына түсуі судағы еріген оттегінің шоғырын кенет төмендеуіне және оның мекендеушілерінің өліміне алып келеді. Су қоймасының санитарлық көрсеткіштері күрт нашарлап, сумен қамтамасыз етуге жарамсыз болып қалады. Ағынды суларды қалалық биологиялық тазарту қондырғыларына ағызған жағдайларда, белсенді тұнба толығымен жойылғанша улану жүреді, бұл шағын су қоймалары үшін экологиялық апат болып табылады. Ал биологиялық тазарту үрдісін қалпына келтіру (белсенді тұнба массасының артуы) айтарлықтай баяу (бірнеше ай) жүретін болғандықтан, су қоймасының ластануы тазарту құрылғылары толық іске қосылғанша жалғаса береді.

Мұндай жағдайларды болдырмау үшін кәсіпорындарға өз өндірісінің экологиялық әлеуеті туралы алдын ала дайындық жасау ұсынылады. Яғни, тазартылған ағынды сулардың нормативтік талаптарға сәйкестігін қамтамасыз ететін тазарту құрылғыларын орнату [78].

Кеңінен таралған индустрияландыруға, халық санының өсуіне және қалалар мен елді мекендердің аумақтарына байланысты түрлі қоспалармен ластанған ағынды суларды үлкен массалары түзіледі. Сүт өндірісі тамақ өнеркәсібінің ағынды суларының ластану көлемі мен шоғыры бойынша алдыңғы орындардың бірінде. Сүн кәсіпорындарында ағынды сулар кәсіпорындар тұтынатын бастапқы судың 80-90% құрайды. Орташа үлестік су шығыны 1 т сүт өніміне 5 м³ болса, тәулігіне 480 м³ ағынды су түзіледі.

Сүт өндірісі кәсіпорындарында түзілетін өндірістік ағынды сулар екі түрге бөлінеді: ластанған және ластанбаған. Ластанған ағынды су жабдықтарды, технологиялық құбырлар мен құрылғыларды, цистерналарды, колбаларды, шыны ыдыстарды, едендерді, өндірістік үй-жайларды жуу кезінде пайда болады. Ластанбаған ағынды сулар сүт және сүт өнімдері мен жабдықтарды салқындату жүйелерінде пайда болады. Өндірістік ағынды сулар ластаушы заттардың санына, түріне және шоғырына байланысты, сондай-ақ олардың түзілу орындарынан бір немесе бірнеше тәуелсіз ағындармен шығарылады және сумен жабдықтау жүйесіне қайта өндеуге немесе жабдықтарды, ыдыстарды және басқаларды жуу үшін қайта пайдалану мақсатында жіберіледі [79].

Ағынды сулардың құрамы бастапқы суды пайдалану сипатына байланысты болады. Сүт өнеркәсібі кәсіпорындарында ластаушы заттар ағынды суларға жиі ағызылады. Ағынды сулардың сапалық құрамы бірқатар көрсеткіштермен сипатталады: минералды және органикалық заттардың шоғыры, температура, судың рН көрсеткіші, бактериологиялық көрсеткіштері, түсі және т.б., олар жыл маусымына байланысты өзгеріп отырады, жазда максималды мәндеріне жетеді [80].

Ағынды сулардың құрамында белоктар, көмірсулар және майлар болғандықтан, олар тез ашып, қышқылданады. Сүт қантының сүт қышқылына ашуы жүреді, бұл казеиннің және басқа ақуыздық заттардың

тұнбалануына алып келеді. Тұндырылған заттардың ыдырауы өте жағымсыз иістің шығуымен бірге жүреді.

Кәсіпорындар шығаратын ағынды сулардың мөлшері, бастапқы тұтынылатын таза судың 80-85% құрайды. Сүтті өңдеу үрдістерінің нәтижесінде 1000 мг/л жоғары, биоыдырайтын органикалық заттармен, ең алдымен майлармен, ақуыздармен және көмірсулармен ластанған технологиялық ағынды сулар түзіледі. Егер кәсіпорын өндірістік қалдықтарын, ең алдымен сарысуды қайта өңдеу мәселесін шешпесе, ластану дәрежесі бірнеше есе арта түседі. Сүт зауыттарының ағынды суларының ластануының жалпы массасы 400 мың/т жылына деп бағаланады [81].

Сүт өндірісінде ағынды сулардың негізгі түрлері өндірістік (70%) және тұрмыстық ағынды сулар (30%) болып табылады. Ағынды сулар сүтті өңдеу, технологиялық жабдықтар мен құбырларды, ыдыстарды және үй-жайларды жуу кезінде түзіледі. Қатты ірімшік өндірісінде ағынды сулардың екі негізгі түрі түзіледі: сарысу және өңделген тұзды ерітінді.

Нәтижесінде құрамында белок заттарының ерімейтін қабыршақтары, май бөлшектері, еритін сүт қанттары, ақуыз ерітінділері, жуғыш және дезинфекциялау заттары бар жоғары концентрлі ағынды сулар түзіледі [82].

Сүт өндірісінің ағынды суларын тұндыру, флотация және коагуляция көмегімен майсыздандыруға болады. Ағынды сулар тұндырылған кезде майдың және өзге де суспензиялардың бөлшектері бөлінеді. Флотация ағынды сулардан гидрофобты қасиеттерге ие майда дисперсті қоспаларды, сонымен қатар майларды бөліп алуға мүмкіндік береді [83].

Ағынды суларды майлардан тазарту үшін тік және көлденең тұндырғыш май ұстағыштар қолданылады. Көп жағдайларда, олар майлылығы 100-150 мг/л жоғары майлы, кілегейлі, қаймақ өнімдерін өндіретін кәсіпорындарда орнатылады.

Көп жылдық тәжірибелер көрсеткендей, көлденең май ұстағыштарды қолдану тиімсіз. Оларды қолдану нәтижесінде ағынды сулардағы май шоғыры 30-35% ғана төмендейді. Аталған кемшіліктерге май массасы мен тұнбаларды жинаудың еңбек сыйымдылығын, үлкен габариттік өлшемдерін жатқызуға болады.

Флотация және коагуляция әдістерінде ерімеген майлар ағынды сулардан механикалық тазарту сатысында бөлініп алынады. Коллоидты май фазасына келетін болсақ, оны ағынды сулардан тек ғана флотациялық әдіспенен физикалық-химиялық тазарту әдісі арқылы бөліп алуға болады. Бұл жағдайлардың тиімдісі қысымды флотация әдісі болып табылады. Онда май бөлшектері 30 микронға дейінгі майда ауа көпіршіктерімен бөлініп алынады. Олар су ортасы ауамен қаныққаннан кейін қысымның төмендеуі нәтижесінде пайда болады және нәтижесінде тазартылған ағынды судың бүкіл көлеміне таралады. Бұл майда дисперсті май бөлшектерін ұстауға мүмкіндік береді.

Қысымды флотация әдісінің көмегімен эмульсияланған май бөлшектерін ұстаудың тағы бір артықшылығы, олардың төмен гидрофобты

қасиеті болып табылады. Бұл сондай-ақ, олардың ауа көпіршіктерімен белсенді баланысуына және сәйкесінше эмульсияланған майды сулы ортадан ығыстыру қарқындылығына ықпал етеді. Ауа микрокөпіршіктерін беру үрдісінде «майлар-көпіршіктер» агрегаттары түзіледі, олар көтерілу барысында біртіндеп бірігіп, бірдей ұлғайған газ көпіршіктерімен бірге беттікке қалқып шығады да, сол жерден бөліп алынады. Ағынды суларды май компоненттерінен мұқият тазарту үшін реагентті флотация қолданылады. Әдетте, бұл әдісте, коагулянттар ретінде темір сульфаты мен хлориді, сонымен қатар алюминий хлориді мен оксихлориді қолданылады [84].

Сүт өндірісінің ағынды суларының ОХҚ көрсеткіші 3500 мгО/л кезінде, қалалық кәріз жүйесіне жіберу үшін физика-химиялық тазалау, реагенттік қысымды флотацияны қолдану жеткілікті. Балық шаруашылығы су тоғанына құю кезінде ОХҚ 30 мгО/л дейін және ОБҚ₃ мгО₂/л дейін төмендету реагенттерді флотациялаудан кейін терең биологиялық өңдеуді қажет етеді. Биологиялық тазалауды аэробты және анаэробты жағдайда да жүргізуге болады. Әдісті таңдау техникалық-экономикалық көрсеткіштерге және техникалық қызмет көрсетудің күрделілігіне байланысты [85].

Сүт өнеркәсібі өндірістік ағынды суларын сүзу алаңдарында тазарту кезінде олардың ластаушы заттармен шамадан тыс жүктелуіне жол бермеу керек. Сүзу алаңдарының шамадан тыс жүктелуі ластаушы заттардың толығымен тотығуына және сүт қышқылы ашытқысының анаэробты үрдістерінің дами түсуіне, топырақтың қышқылдануына әкелуі мүмкін. Сүзу алаңын уақытша шамадан тыс жүктемелеуден кейін топырақты әктеу немесе беткі қабатын жою арқылы қалпына келтіруге болады. Дегенмен, бұл өте күрделі және экономикалық тұрғыдан қымбат. Осыған орай, сүт өндірісінің ағынды суларын биологиялық тазалауға арналған құрылымдар ретінде қолданыс таппаған.

Сүт өндірісінің кәсіпорындарында ұсақталған қатты жыныстардан, қияршық тастардан, шлактардан және керамзиттен, сонымен қатар полимерлі материалдардан тұратын көлемді биосүзгілер кеңінен таралған. Биосүзгілер су тарату құрылғысымен жабдықталған, ол сүзгінің жүктеу беткі қабатын ағынды сумен бір қалыпты қамтамасыз етеді.

Құрылым ауа ағынының биосүзгі жүйесіне үздіксіз енуін қамтамасыз ететін ауа тарату құрылғысымен жабдықталған, бұл тотығу процесінің жүруіне мүмкіндік береді. Жүктелген материалдың бетіндегі биоқабыршақта микроағзаларының колониясы қалыптасады. Сонымен қатар, ағынды сулардағы ластаушы заттардың сорбциясы жүктеменің барлық көлемінде жүзеге асады. Ауа беру кезінде сорбцияланған ластаушы заттардың оттегісімен белсенді тотығу процесі жүреді. Судың келесі бөлігін беру барысында биоқабыршақтың өлі бөлігі тазартылған сумен бірге жүктеме бетінен алынып тасталады [86].

Аталған тазалау әдісінің басты кемшілігі — жүктеме материалының лайлануы. Пайдалану барысында келесі процестер байқалады: өлі

биоқабыршақ жүктеме қабатында қалып, шіріп, жаңа биоценоздың дамуына кедергі жасайды. Микробиологиялық құрамның нашарлауы тазалау тиімділігіне теріс әсер етеді.

Ірімшік өндіретін зауыттардың ағынды суларын биологиялық тазалау кезінде азот тұздарының ОБҚ көрсеткішіне қатысты аз болуына байланысты, өзге сүт өнеркәсібі ағынды суларын тазалауға қарағанда нитрификация үрдісі төмен қарқында жүреді. Биологиялық тазалау үрдісінің жүруі ағынды суларда майлардың бөлуымен айтарлықтай қиындайды. Майлардың жоғары шоғырлануы жіп тәрізді бактериялардың көбейуіне ықпал етеді, бұл екінші реттік тұндырғыштардағы белсенді тұнбаның шөгуін нашарлатады, сонымен қатар құрылым бетінде тұтқыр көбіктің түзілуін шарттайды. Аталған факторлардың барлығы биологиялық тазалау кезеңінде шығындардың артуына алып келеді, сондықтан ағынды суларды майлы фазадан алдын ала тазарту қажет [87].

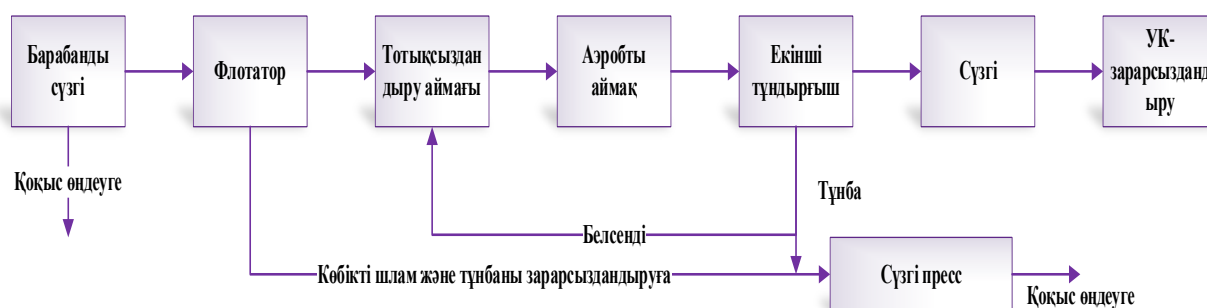
Өндірістік кәсіпорындардың концентрлі ағынды суларын анаэробты тазарту үрдістерін қолданудың орындылығы микроағзалар қауымының энергетикалық шикізат – биогаз алу және субстраттардың шоғырын аэробты тазалауды кейіннен пайдалану үшін қолайлы деңгейге дейін төмендету қабілетімен анықталады. Метантенк реакторында биомассаны ұстап тұру үшін дамыған беттігінде микроағзалар жинақталатын түрлі тасымалдаушылар қолданылады. Мысалы, құбырлы керамикалық элементтер, қиыршық тас және поливинилхлоридті түтіктер биоқабыршақ тасымалдаушылары ретінде қарастырылған. Мұндай тасымалдауыштар ретінде белсендірілген көмір түйіршектері пластикалық массалар мен құм қолданылады. Диаметрі шамамен 0,2 мм болатын ұсақталған көмір бөлшектері мен құмға толтырылған сұйық қабатты еріткіштерде сарысуды өңдеу 0,4-0,5 тәулік бойында тұру уақытында ОХҚ 95% дейін төмендеуіне қол жеткізілген. Biomass LTD фирмасы ОХҚ 30 мгО/л және ОБҚ 20 мгО₂/л дейінгі көрсеткіштермен тамақ және микробиологиялық өнеркәсіптердің аса ластанған ағынды суларын тазартуға арналған метантенк қондырғысын ұсынған. Конструкциялық ерекшеліктері – стационарлық биоқабыршақ тасымалдаушысының қайнау қабатында орналасқан қозғалмалы түрімен үйлесуінде. Мезофильді жұмыс тәртібінде ОХҚ 89%, ОБҚ 95% жетеді [88].

Биоқабыршақты реакторлардың барлық түрлері биомассаны ұстап қалудың жоғары деңгейімен сипатталады, жүктеменің елеулі ауытқуларына бейімделген, алайда технологиялық тәртіпті қатаң сақтауды және сенімді автоматтандыру жүйелерін қажет етеді. Мұндай реакторларды іске қосу және пайдалану барысында биоқабыршақтың баяу қалыптасуы және оның технологиялық жағдайлардың өзгерісіне сезімталдығы сияқты белгілі бір қиындықтар туындайды [89].

Метантенктерді пайдаланудың басты кемшілігі — экономикалық шығындар. Бұл қондырғылар ағынды суларды қосымша түрде 55-60°C дейін қыздыра отырып, тазартудың жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді, әсіресе қыс мезгілінде қоршаған ортаның төмен температура жағдайында. Метанды

ашыту процесін оттегіні химиялық тұтыну (ОХҚ) және оттегіні биохимиялық тұтыну (ОБК) көрсеткіштері 10 000 мгО₂/л-ден жоғары болған жағдайда қолдану мақсатқа сай болып табылады [90].

Сүт өндірістеріндегі ағынды суларды тазалау талаптарына байланысты бірнеше нұсқалар бойынша екі кезеңді (негізгі және кейінгі тазалау) қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Тазалаудың механикалық, физика-химиялық және биологиялық әдістерінің комбинациясы негізінде ағынды суларды тазалаудың технологиялық сұлбаларының түрлі нұсқалары белгілі [91]. Сүт өндірісінен келетін ағынды суларды тазалау әдістерін талдау негізінде 1-суретте келтірілген су тазалау технологиялық сызбанұсқасы ұсынылған:



Сурет 1- Сүт өндірісі ағынды суларын тазалау сызбасы

Арнайы технологиялық үрдістердің негізінде сүт өндірістерінің ағынды суларында шикізаттың жоғалуы мен қалдықтардың пайда болуынан түзілетін түрлі органикалық қосылыстар – ақуыздар, майлар, сүт қанттары көп болады. Органикалық қосылыстардың шоғыры ірімшік және сүзбе өндіру барысында жоғары болады. Сонымен қатар, сүт өндірісінің ағынды суларында бейорганикалық қосылыстар мен металл қосылыстары да болады [92].

Сүт өндірісі кәсіпорындарының ластанған ағынды сулары тұрмыстық ағынды суларға қарағанда қоршаған орта үшін қауіпі жоғары, себебі ондағы ластаушы заттардың шоғыры мен мөлшері 5-10 есе жоғары болады [93].

Сүт өндірісінің ағынды сулары өндірістік үрдістің кезеңдік сипатына қарай ластаушы заттардың шоғыры тәулік бойында өзгеріп отырады. Бұл үрдістердің кезеңдік сипатына байланысты ағынды сулардың тек қалдықтармен ғана емес, сонымен қатар дезинфекциялаушы заттардың тасталуымен сипатталады. Нәтижесінде рН күрт өзгеруіне, пайдаланылған су көлемінің көбейуіне және ағынды суларды тазарту қондырғыларының қалыпты жұмыс шарттарының бұзылуына алып келеді, нәтижесінде ағынды суларды тазалау тиімділігі төмендейді.

Сүт өндірісіндегі ағынды сулардың көп ластануы сарысудан орын алады. Ағынды суға 1 т сарысудың түсуі кезінде табиғи су қоймасына келтіретін зиян, тұрмыстық ағынды сулардың келтіретін зияндылығынан жүз есеге дейін көп болады. Табиғи көздерге түсетін мұндай ластаушылар,

сарысуды өңдеу мәселесін одан ары өзекті ете түседі [94].

Ағынды суларды залалсыздандыру тиімділігі көптеген факторларға тәуелді екенін атап өткен жөн. Олардың ішінде, мысалы, тазарту сапасының ластаушы заттардың шоғырына, вирустар мен бактериялардың бастапқы шоғырына, судағы органикалық қосылыстардың жалпы мөлшеріне, судың температурасына, қолданылатын реагенттер мөлшеріне және ультракүлгін сәулелену мөлшеріне [95].

Демек, сүт өндірісінің тазарту құрылғыларынан шығатын ағынды сулардың қажетті сапасына қол жеткізу үшін, тазартуға келетін ағынды сулардың құрамына сәйкес келетін түрлі тазарту әдістері қолданылады. Әрбір жеке жағдай шарттарында қоршаған ортаны қорғау мәселелерін шешу үшін әртүрлі тәсілдер қолданылады. Ағынды суларды тыңайтқыш ретінде пайдалану мүмкіндіктері де қарастырылып, жасанды биологиялық тазартуды қолдану мәселелері шешілуде. Ағынды суларды тазарту әдістері үнемі жағартылып, шағын кәсіпорындар үшін қолжетімді бола түсуде [96].

Кәсіпорындардың тазарту құрылғыларынан қалалық кәріз жүйелеріне немесе табиғи ортаға шығатын ағынды сулардағы ластаушы заттардың шоғырының нормасы шектік рұқсат етілген шоғырына қатаң белгіленеді. Осыған орай, шекті мүмкіндік концентрациясы (ШМК) негізінде орнатылады [97].

1.1.2 Тұрмыстық-коммуналдық ағынды судың физикалық - химиялық сипаттамасы

Тұрмыстық-коммуналдық ағынды сулардың құрамына әдетте адамдардың физиологиялық секрецияларымен ластанған нәжіс сулары, үрлі тұрмыстық қалдықтар мен жуғыш заттармен ластанған тұрмыстық ағынды сулар кіреді. Тұрмыстық ағынды сулардың ерекшелігі — олардың құрамының салыстырмалы тұрақтылығы және ластанудың жоғары деңгейі. Ластанудың негізгі бөлігін өсімдік және жануар текті органикалық заттар құрайды. Тұрмыстық ағынды суларда әрқашан адамның тіршілік әрекетінің өнімі болып табылатын микроағзалардың көп саны болады, олардың кейбірі патогенді болуы мүмкін. Бұл ластанудың эпидемиологиялық ең қауіпті түрі. Тұрмыстық ағынды суларды тазарту үшін әдетте механикалық, биологиялық және химиялық тазалау әдістері қолданылады.

Тұрмыстық ағынды сулардың ластануы суды тазартудың технологиялық сұлбасын таңдауға және ауданның экологиялық жағдайына әсер етеді. Тұрмыстық ағынды сулармен қоршаған ортаның ластану мәселесі апаттық масштабқа ие болуда. Бүгінгі таңда ағынды сулар қоршаған ортаны ластаудың орасан зор көзі болып табылады, топырақ қабатын ластауда, су қоймалары кептеліп бітелуде, сонымен қатар адам денсаулығына кері әсерін тигізуде. Алдын ала тазартылмаған тұрмыстық ағынды сулар қалалық кәріз жүйесіне жіберіледі, онда ерімеген және еріген ластаушы заттардың қалдық мөлшері бар өндірістік ағынды сулармен араласады [98]. Қалалық кәріз жүйесінде өндірістік ағынды сулармен араласқан тұрмыстық ағынды сулар

қалалық тазарту қондырғысына келіп түседі. Тұрмыстық ағынды сулардың айтарлықтай ластануы тазарту қондырғыларының жұмысының бұзылуына, бұл өз ретінде су қойманың ластануына алып келеді.

Тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық органдары қоршаған ортаны қорғау комитетімен және санитарлық-эпидемиологиялық қызметпен бірлесе отырып, қалалық кәріз жүйесіне келіп түсетін тұрмыстық ағынды сулардың көлемін барынша азайтуға бағытталған шараларды талап етуде. Бұл мақсатта ұтымды технологиялық процестерді қолдану, жергілікті тазарту жүйелерін орнату, сондай-ақ ішінара немесе толық су айналымын енгізу жолдары қарастырылады. Ластаушы заттардың жалпы массасының 3/1 бөлігі санитарлық игерілмеген елді мекендердің, ауылшаруашылық учаскелерінің аумағынан жауын-шашын және жер үсті ағынды су көздерінен түседі. Бұл көктемгі су тасқыны кезеңіне әсер етеді және ауыз судың сапасын нашарлатады, сондықтан ауыз суды хлорлауға мәжбүр болудамыз.

Кез келген елді мекендерде қалдықтардың құрамы бірдей, атап айтқанда: дәретхананың ағынды сулары (құрамында нәжіс, қағаз, жуғыш заттар бар), ванна суы, кір жуу, ас дайындау, ыдыс жуу, үй тазалау қалдықтары. Жоғарыда аталған шығын түрлерінің әр бірінің түрі мен мөлшерін зерттеу келесіні көрсетті: ас-үй қажеттілігіне ағын судың 15-20%; ванна мен душқа 20-25%; дәретхана ағызындыларына 35%; кір жууға 20% тиесілі. Тұрмыстық ағынды суларды ластаушы көздердің 75% дәретхана мен ас-үй ағынды суларына тиесілі [99].

Кәріз жүйесі бар ғимараттарда тұратын, бірақ газбен және орталықтандырылған ыстық сумен жабдықталмаған тұрғындар үшін су тұтынудың орташа мөлшері бір адамға тәулігіне 100 л төмен болмайды. Сәйкесінше, орталықтандырылған ыстық жүйесімен жабдықталған тұрғындар үшін бұл норма 250 л асады. Бұл стандарттарға тұрмыстық ағынды сулардың барлық түрлері кіреді.

Тұрмыстық ағынды суларда ластаушы заттар суспензия, коллоидтар және ерітінділер түрінде болуы мүмкін. Ластаушы заттардың 40% жуығын минералды заттар құрайды: топырақ бөлшектері, шаң-тозаңдар, фосфаттар, аммонийлі азот, хлоридтер, сульфаттар секілді минералды тұздар және т.б. Бұл заттардың негізгі пайда болу формалары және олардың шығу тегі 3 кестеде келтірілген [100].

Тұрмыстық ағынды суларда ластаушы заттар суспензия, коллоидтар және ерітінділер түрінде кездесуі мүмкін. Ластаушы заттардың шамамен 40%-ын минералды компоненттер құрайды: топырақ бөлшектері, шаң-тозаң, фосфаттар, аммонийлі азот, хлоридтер, сульфаттар сияқты минералды тұздар және басқа да қосылыстар [101].

Адамдар мен жануарлар тіршілігінің нәтижесі қалалық кәріз жүйесіне ағызылатын органикалық ластаушы заттардың барлық түрлерінің көптігін көрсетті. Майлар, ақуыздар, көмірсулар, спирттер, талшықтар, органикалық қышқылдар – органикалық ластауыштар болып табылады (1-кесте).

Кесте 1. Тұрмыстық-коммуналдық ағынды сулардың құрамындағы органикалық заттар

№	Ағынды судың сипаттама-лы бөліктері	Массалық үлесі, %				
		Ақуыздар	Көмірсулар	Май қышқылдары	Майлар	Детер-генттер
1	Жалпы ағынды су	27,8	17,6	9,1	27,3	6,5
2	Сұйықтық	28,8	7,6	7,7	-	13,0
3	Таразылан-ған заттар	62,0	а/ж	а/ж	30,0	а/ж

*а/ж- анықталған жоқ

Ағынды сулардағы органикалық ластаушы заттардың құрамын анықтауға болатын негізгі жанама көрсеткіштер бар: ОХҚ және ОБҚ. Бір адамға шаққандағы тұрмыстық ағынды сулардағы ластаушы заттардың мөлшері физиологиялық көрсеткіштерімен анықталады (2-кесте) .

Кесте 2. Тұрмыстық ағынды сулардағы ластаушы заттардың мөлшері

№	Көрсеткіштер	Зиянды заттардың рұқсат етілген көрсеткіші	Тазалау құрылығысына берілген судың көрсеткіштері
1	Құрғақ қалдық, мг/л	а/ж	816,0
2	ОХҚ _{арб} , мгО/дм ³	27,3	326,7
3	ОБҚ ₅ , мгО ₂ /дм ³	425,0	147,1
4	Хлоридтер, мг/дм ³	184,0	87,9
5	Сульфаттар, мг/дм ³	350,0	173,8
5	Аммонийлі азот, мг/дм ³	10,7	28,3
6	Нитриттер, мг/дм ³	1,2	0,2
7	Нитраттар, мг/дм ³	13,4	0,4
8	Фосфаттар, мг/дм ³	0,5	4,9
9	Мұнай өнімдері, мг/дм ³	0,1	2,05
10	Майлар, мг/дм ³	1,7	3,5
11	Фенол, мг/дм ³	а/ж	0,1
12	Температура, С	30 ⁰ С аспау керек	18,5
13	Мөлдірлігі, см	а/ж	1,1
14	рН	6,0-9,0	8,2
Ескертпе: а/ж – анықталған жоқ			

Тұрмыстық ағынды сулардың температурасы климаттық бақылау

критерийлеріне, сумен жабдықтау көзіне, тұрғын және қоғамдық ғимараттардың, сондай-ақ өндірістік кәсіпорындардың абаттандырылу деңгейіне байланысты анықталады. Ағынды суларды тазартудың тиімділігіне температура айтарлықтай әсер етеді. Мысалы, қыс мезгілінде бірдей жағдайларда суспензияланған заттарды жою нәтижесіне жазғы маусымға қарағанда 30%-ға ұзақ тұндыру кезеңі қажет. Егер ағынды сулардың температурасы 9°C-тан төмен болса, биологиялық тазарту тиімділігі едәуір төмендейді. Қолданыстағы нормаларға сәйкес, температурасы 6°C-тан төмен суды биологиялық тазартуға жол берілмейді [102].

Тұрмыстық ағынды сулардың физика-химиялық көрсеткіштері: рН деңгейі ерітінділердің қышқыл-негіз балансын анықтайды. рН анықтау колориметриялық немесе электрометриялық әдіспен жүзеге асырылады. Сүт өндірісінің, химия өнеркәсібінің, ауыл шаруашылығы мен тұрғын үйлердің ағынды суларында көп жағдайларда темір, алюминий, сынап, аммиак және басқа көптеген зиянды заттар болады, олардың қоршаған ортағы уытты әсері судың рН деңгейіне байланысты өзгереді. Жер үсті суларындағы рН деңгейінің ауыр металдармен әрекеттесу әсері ерекше маңызды және синергетикалық әсер деп аталады. рН мәні төмен су коррозияға ұшыратады, ал рН жоғары су аса жоғары деңгейде көбіктенеді, су өзіне тән сабындануға, жағымсыз иіске ие болады және тері қабатын тітіркендіруі мүмкін. рН деңгейіне байланысты суды бірнеше топқа бөлуге болады (кесте 3) [103].

Кесте 3. рН бойынша ағынды сулардың сипаттамасы

№	Су түрі	рН мәні
1	Күшті қышқылды су	3 төмен
2	Қышқылды су	3-5
3	Әлсіз қышқылды су	5-6,5
4	Бейтарап сулар	6,5-7,5
5	Әлсіз сілтілі сулар	7,5-8,5
6	Сілтілі сулар	8,5-9,5
7	Күшті сілтілі сулар	9,5 жоғары

Қалқымалы заттар- бұл қоспалар мен ірі бөлшектер. Ағынды суларды сипаттау кезінде, бұл қағаз сүзгісінде ұсталатын заттар болып табылады. Ағынды сулардың құрамында IV қауіптілік сыныбына жататын және 10 күн сайын бір рет бақыланатын түрлі көздерден алынған май және майлы қалдықтар бар. Еріген сулардың ластануы: ОБҚ – 85-95 мгО₂/дм³, қалқымалы заттар – 700-1250 мг/дм³, жауынның ағынды суларында 0,1-500 мг/дм³ дейін қалқымалы заттар, мұнай және май болады.

ОБҚ деңгейі – өте маңызды көрсеткіш болып табылады. Оттегінің биологиялық қажеттілігі судағы органикалық заттардың шоғырын көрсетеді. Төмен ОБҚ деңгейі су нысандары мен ағзаларға қауіп төндіреді. Негізінен тұрмыстық ағынды сулармен ластанған су қоймалары үшін 4 кестеде келтірілгендей, оның мәні шамамен ОБҚ₅ 70% құрайды [104].

Кесте 4. Түрлі дәрежеде ластанған су қоймаларындағы ОБҚ₅ мәндері

№	Су қоймасының ластану дәрежесі	ОБҚ ₅ , мгО ₂ /дм ³
1	Өте таза	0,5-1,0
2	Таза	1,1-1,9
3	Біршама ластанған	2,0-2,9
4	Ластанған	3,0-3,9
5	Күшті ластанған	4,0-10,0
6	Аса ластанған	10,0

ОХҚ мәні белгілі бір жағдайларда күшті химиялық тотықтырғыштардың бірімен тотығатын судағы органикалық және минералды заттардың құрамын сипаттайтын шама. Тотықтыру қабілеті 1 дм³ судың құрамындағы органикалық заттарды тотықтыру үшін жұмсалатын оттегінің миллиграммымен көрсетіледі. ОХҚ түрлі ластану дәрежесіндегі су ағындары мен су қоймаларының жағдайын, тұрмыстық және өндірістік ағынды сулардың ағынын (олардың тазарту дәрежесін қоса алғанда), сонымен қатар жер үсті ағындарын сипаттау үшін қолданады (кесте 5).

Кесте 5. Түрлі дәрежеде ластанған су қоймаларындағы ОХҚ мәндері

№	Су қоймасының ластану дәрежесі	ОХҚ, мгО/дм ³
1	Өте таза	1
2	Таза	2
3	Біршама ластанған	3
4	Ластанған	4
5	Күшті ластанған	5-15
6	Аса ластанған	15 жоғары

1.1.3 Мұнай өңдеу кәсіпорындарының ағынды суларының сипаттамасы және тазалау ерекшеліктері

Мұнай өңдеу кәсіпорындарының ағынды суларының құрамында әртүрлі органикалық және бейорганикалық компоненттер болады. Оларға мұнай өнімдері, ауыр металлдар, фенолдар, бензол, күкірт қосылыстары және басқа да ластағыштар жатады. Бұл қоспалар су экожүйелеріне айтарлықтай зиян келтіретіндіктен, ағынды суларды кез келген су қоймаларына ағызар алдында міндетті түрде өңдеу қажет. Мұнай өңдеуден шыққан ағынды суларды тиімді тазарту табиғатты қорғау шараларының маңызды бөлігі және Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексіне сәйкес міндетті талап болып табылады [105].

Зауытта ағынды сулардың келесі түрлері түзіледі:

- Тұрмыстық-шаруашылық ағынды сулар;
- Өндірістік ағынды сулар;

Сәйкесінше Шымкент қаласында орналасқан мұнай өңдеу зауытының келесі

кәріз жүйелері бар: 1)Тұрмыстық-шаруашылық кәріз жүйесі; 2) Өндірістік-жаңбырлы кәріз жүйесі; тұрмыстық – шаруашылық ағынды сулар өздігінен ағып, зауыттың жалпы кәріз желісіне түседі, содан кейін қалалық кәріз жүйесіне өтіп, тұрмыстық ағынды суларды тазартуға арналған қалалық тазарту қондырғыларына жеткізіледі. Ал өндірістік-жаңбырлы кәріз негізгі екі жүйеден тұрады:

- 1-жүйе - зауыттың барлық нысандарынан, бөлімшелерінен, қондырғыларынан және механикалық қоспалар мен мұнай өнімдерімен ластанған аумақтардан өнеркәсіптік-жаңбырлы ағынды суларды бұру үшін қолданылады.

- 2-жүйе – реагенттермен, әлсіз сілтілермен және қышқылдармен, тұздармен және мұнай өнімдерімен ластанған ағынды суларды бұру үшін пайдаланылады. Бұл жүйе зауыт нысандарынан түсетін ағындарды қамтиды. Олар: электротүзсыздандыру қондырғысы (ЭЛТҚ), изомеризация қондырғылары, күкірт өндіру және моноэтанолламин (МЭА) регенерациясына арналған қондырғылары, басқа технологиялық цехтар мен қосалқы өндіріс нысандары [106].

Ағынды сулардың құрамы өзгермелі болып келеді және құрамында қалқыма заттар, оттегінің химиялық қажеттілігі, ауыр металдар және көмірсутектердің белгілі бір мөлшері бар күрделі қоспа болып табылады. Бұл құрам мұнайды өңдеу қондырғысының конфигурациясына және мұнайды қайта өңдеу тәртібіне байланысты өзгереді [107]. Мұнай өңдеу зауытының ағынды суларындағы полициклді ароматты қосылыстардың болуына байланысты олар қауіпті қалдықтар санатына жатады. Кәсіпорынның ағынды судың құрамындағы ластаушы заттардың концентрациясының динамикасы келесі 6- кестеде көрсетілген:

Кесте 6. «Петро Қазақстан Ойл Продакт» мұнай өңдеу зауытының ағынды суының құрамындағы ластаушы заттар мөлшерінің динамикасы

Ластаушы заттар	Ластаушы заттардың орташа мөлшері					Орташа мәні
	2021		2022		2023	
	1 жарты жылдық	2 жарты жылдық	1 жарты жылдық	2 жарты жылдық	1 жарты жылдық	
1	2	3	4	5	6	7
Мұнай өнімдері, мг/дм ³	1,9	1,5	3,2	3,1	3,6	2,5
Қалқыма заттар, мг/дм ³	6,8	6,2	10,5	12,5	11,3	9,0
Нитриттер, мг/дм ³	5,1	3,1	3,1	5,5	5,8	4,1
Нитраттар	36,4	27,7	28,8	34,3	38,8	31,4
ОБК ₅ , мгО ₂ /дм ³	12,6	10,5	15,9	17,9	17,3	14,2

6- кестенің жалғасы

ОХҚ, мгО/дм ³	18,2	24,2	46,3	30,5	39,1	29,9
Аммонийлі азаот, мг/дм ³	9,8	3,7	10,2	13,0	11,5	8,5
Фосфаттар, мг/дм ³	0,1	0,05	0,2	6,3	10,2	3,4
Хлоридтер, мг/дм ³	78,7	89,8	99,6	574	705	305,7
Фенол, мг/дм ³	0,004	0,03	0,05	0,1	0,2	0,07
Құрғақ қалдық, мг/л	688,2	697,5	889,2	2104	2413,3	1332,1

Қазіргі уақытта өңделетін мұнай қоспасының құрамы келесідей: Құмкөл мұнайы – 52,7%, Ақтөбе мұнайы – 20%, Бузачи мұнайы – 22%, Батыс Қазақстан мұнай қоспасы – 5,3%. Болашақта Құмкөл мұнайын өндіру көлемінің төмендеуіне байланысты Бузачи мұнайы мен басқа да Батыс Қазақстан мұнай үлесін арттыру күтілуде. Бұл үрдіс зауыттың өндірістік нысандарынан шығатын ағынды сулардың құрамына тікелей әсер етеді [108].

2019-2021 жылдар аралығында зауытқа жеткізілген мұнай құрамын талдау нәтижелері шикізат сапасының нашарлау үрдісін көрсетті. 2019 жылы мұнай құрамындағы механикалық қоспалардың орташа мөлшері 0,007414% құраса, 2021 жылы бұл көрсеткіш 0,0131%-ға дейін артты. Осылайша, шикізат құрамындағы механикалық қоспалардың үлесі 76,7%-ға дейін өсті [109].

Өндірістік ағынды сулар зауыттың тазарту құрылыстарында келесі тазарту кезеңдерінен өтеді: механикалық тазарту - алғашқы радиалды тұндырғыштарда механикалық қоспалардан тазарту, мұнай ұстағыш: мұнай өнімдері мен майды бөліп алу резервуары, флотаторлар - мұнай қалдықтарын судың бетіне көтеріп, жинау құрылғысы, физикалық-химиялық тазарту: аэротенктерде химиялық қосылыстарды ыдырату, екінші радиалды тұндырғыштар - қалдықтардың тұндыру арқылы бөлінуі, биологиялық тазарту - биологиялық аэрацияланатын сүзгілер арқылы органикалық заттарды ыдырату, терең тазарту - тығыздығы жоғары тұндырғыштарда қосымша тазарту, буферлік тоған - тазартылған суды жинау және қосымша тұндыру. Бұл көпсатылы тазарту жүйесі ағынды суларды тиімді тазартуға және қоршаған ортаға зиянсыз ағызуға мүмкіндік береді.

Ксенофонов [110], Гандурина [111] және басқа зерттеушілер өз еңбектерінде мұнаймен ластанған ағынды суларды флотациялау жағдайында синтетикалық полиэлектролиттерді – флокулянттарды пайдалану жақсы нәтижелер беретінін көрсеткен. Мұнай өңдеу зауыттарының ағынды суларын тазарту технологиялық процестерінің жұмысына байланысты мәселелерді талдау нәтижесінде оңтайландырудың бір бағыты ретінде флотация кезеңінде

лай мөлшерін азайтуға мүмкіндік беретін және судың рН мәндерінің өзгеруіне аз тәуелді реагенттерді қолдану ұсынылды.

Өндірісте суды қайта пайдалануға дейін қосымша тазарту процестері үшін ең жиі қолданылатын әдістердің бірі – адсорбциялық процестер. Әдеби деректерді талдау нәтижесінде зерттеулер үшін ең перспективті адсорбенттер ретінде минералды және көміртекті адсорбенттер анықталды. Муйдинов зерттеулер үшін синтетикалық адсорбенттерді, соның ішінде жоғары гидрофобтылыққа ие полимерлермен қапталған адсорбенттерді қолдану перспективті бағыт болып табылады [112].

Өндірістік суларды қоршаған ортаға ағызу мәселелері негізінен әртүрлі биологиялық процестер арқылы қосымша тазарту арқылы шешіледі. Шаруашылық-тұрмыстық ағынды суларды тазарту үшін балдырлар мен жоғары сатылы өсімдіктерді пайдалану әдістері белгілі. Сонымен қатар, су қоймаларын эвтрофикацияға әкелетін биогенді элементтерден тазарту үшін балдырларды пайдалану тәсілдері де белгілі.

Мұнай өңдеу зауыттарының ағынды суларын тазарту жүйелерінде биологиялық тоғандар мен микроағзаларды пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу өзекті болып табылады.

1.2 Ағынды суды тазалаудың биологиялық және биокоагуляциялық әдістері

Ағынды суларды биологиялық тазартудың дәстүрлі сұлбасы биологиялық тазарту құрылғыларында, аэротенктерде қайталама тұндырғыштардан тұнбаны қайтарумен және қажетке жарату үшін артық белсенді тұнбаны шығару жолымен, үздіксіз аэрациялық ағынды тәртіпте қоспаларды алудан тұрады. Дегенмен, бұл тазарту сұлбасының кеңінен таралуына қарамастан, үрдістің төмен тиімділігі мен ұзақтығы, сонымен қатар микроағзалардың жоғары сезімталдығы және қоспалардың биохимиялық тотығуы үшін қолайлы жағдайлар жасау қажеттілігі секілді кемшіліктерге ие.

Сулы ерітінділердегі қайтымды оттегіленуге және көмірсутектердің тотығуына қатысатын бағдарланған O_2 белсендіруге қабілетті гетерогенді кешенді металл катализаторлар бар екені белгілі [113]. Мұндай катализаторларды мұнай өндірісінің ағынды суларын тазарту үшін пайдалану, қоршаған ортада аралық ассимиляция өнімдерінің жинақталуын тездетуі мүмкін, бұл мұнай өнімдерінің белсенді тұнба микроағзаларымен жойылу жылдамдығына айтарлықтай әсер етеді [114].

Қолданыстағы ағынды суларды тазарту жүйелері инфрақұрылымның ескіруін, климаттың өзгеруін, жаңа ластаушы заттардың пайда болуын және халық санының өсуіне байланысты энергия тұтынудың артуы сияқты бірқатар маңызды мәселелерге тап болады. Осы міндеттерді шешу үшін су ресурстарын басқарудың кешенді және ұзақ мерзімді стратегиялары қажет. Авторлар зерттеуі тәжірибелік аймақтағы су сапасының көрсеткіштерін жақсарту үшін тиімді микроағзалар технологиясын пайдаланатын ағынды суларды тазартуға арналған патогенсіз сулы ерітіндіні сипаттайды. Тиімді

микроағзалар технологиясын енгізу рН, жалпы таразыланған заттар (ЖТЗ), жалпы еріген заттар (ЖЕЗ), ОБҚ және жалпы фосфор деңгейінің (105 күннен кейін) ДДҰ бекіткен шегінен 7,3, 48,0, 1114,0 дейін және тиісінше 4,4 мг/л төмендеуіне әкелді. О және G деңгейлері 10,9 мг/л-ден 3,1 мг/л-ге дейін төмендеді, ал ОХҚ және жалпы азотының мәндері сәйкесінше 242 және 45,8 мг/л төмендеген. Қорғасын мен сынап деңгейі анықтау шегінен төмен болды. Тиімді микроағзалар технологиясы микробиологиялық және органикалық ластану деңгейін бақылайтын орнықты, экологиялық таза ағынды суларды тазарту шешімін ұсынады. Микробиологиялық және физикалық-химиялық мәселелерді шешудің бұл тәсілі тұщы су экожүйесін қалпына келтірудің үнемді және маңызды әдісі болып табылады [115].

Келесі зерттеулерде ағынды суларды тазарту қондырғысының белсенді тұнба резервуарынан оқшауланған микробтар концорциумы ластаушы заттардың биодеградациясы үшін көмекші материал ретінде натрий альгинатын (НА) қолданған. 500 мл белсенді тұнбаның көлемі НА түйіршектерінде иммобилизацияланған (массалық шоғыры 25 г/л). НА түйіршектерінде иммобилизацияланған микроағзалар 12 сағаттан кейін 71% және 93% жою тиімділігіне қол жеткізе отырып, органикалық заттардың және жалпы фосфордың ыдырауына сыналған. Алынған нәтижелер бойынша НА түйіршектерінде иммобилизацияланған микроағзалар коммуналдық және өндірістік ағынды суларды тазарту үшін экологиялық таза және бағасы үнемді балама ретінде танылды [116].

Көптеген дереккөздер биомасса материалдарының суды тазарту үшін пайдаланылғаны туралы хабарлайды, биомасса материалдарының көпшілігі улы немесе органикалық заттарды адсорбциялау үшін тікелей қолданылған. Бұл зерттеуде жоғары тиімді және арзан белсенді тұнбаны иммобилизациялау материалдарын алу үшін модификацияланған қарағай қабығы мен жүгері сояуы пайдаланылған. Фенолды органикалық ағынды суларды тазарту кезінде тазарту тиімділігіне әсер ететін әртүрлі факторлар зерттелген. Нәтижелер ағынды сулардың екі түрін тазартуға иммобилизацияланған биологиялық тасымалдаушылар оң әсер еткенін көрсетті. Фенолды ағынды суларды тазарту тиімділігі 24 сағатта 100%, ал жалпы органикалық ағынды суларды тазарту тиімділігі 96 сағатта 95,5% жеткен. Микробтық қауымдастықты талдау нәтижелері иммобилизацияланған тасымалдаушы мен бастапқы тұнбаның мөлшері бірдей екенін көрсеткен. Бірақ әртүрлі ағынды суларды тазарту кезінде микроағзалардың саны мен үлесі айтарлықтай ерекшеленген [117].

Байытылған микробтық қауымдастықтар және олардың метаболизмі үш ағынды суларды тазарту қондырғыларында зерттелген, олар кокстелген ағынды сулар (КАС), тұрмыстық ағынды сулар (ТАС) және тұрмыстық ағынды сулармен араласқан әртүрлі өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту жүйелері. Ластаушы заттардың түрлері мен шоғыры үш тазарту қондырғысында және әрбір тазарту қондырғысындағы реакция қондырғыларында әртүрлі болды. Зерттеу нәтижелері микробтық

қауымдастықтарға әсер ететін негізгі факторларды анықтап көрсеткен. Негізгі ластаушы заттардың түрлері мен шоғырларына байланысты микробтар қауымдастығындағы айырмашылықтар расталған (65,1% дисперсия, $P = 0,006$). Олар микроағзалар үшін әртүрлі өсу орталарын қамтамасыз етіп, әрбір ортада бірегей бактериялық қауымдастықты құраған. Функционалдық профильді болжауға сәйкес, ксенобиотиктердің биодеградациясы мен метаболизмі басқа ортаға қарағанда 3,86% жоғары болған. Әрбір тазарту қондырғысында әртүрлі функционалды бактериялар оксидоредуктазалар, изомеразалар, лиазалар, трансферазалар, декарбоксилазалар, гидроксилазалар және гидролазалар арқылы арнайы ксенобиотиктерді метаболизацияланған. Бұл нәтижелер ластаушы заттардың түрлері мен шоғыры белсенді тұнбадағы микроағзаларға таңдамалы әсер етіп, микробтық қауымдастықтың нақты құрылымы мен қызметін қалыптастырады деген идеяны қолдады [118].

Патогендік микроағзалар адамдарда инфекция, сепсис және басқа ауруларды тудыруы мүмкін. Қалалық ағынды суларды тазарту қондырғылары әлеуетті қоздырғыштардың маңызды көздері болғанымен, ауылдық жерлерде ағынды суларды тазарту процестері туралы деректер шектеулі. Ауылдық ағынды суларды тазарту қондырғыларының елді мекендерге жақын орналасуы және ағынды су ресурстарының көбею үрдісі адамдарға қауіп төндіруі мүмкін. [119].

Ағынды суларды тазарту кезінде түзілетін биоаэрозольдерде қоршаған ортаға қауіп төндіретін патогенді бактериялар (мысалы, *Sphingomonas*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*) және антибиотиктерге төзімді гендер (АТГ) болуы мүмкін. Ультракүлгін сәулелену микробтардың белсенділігін төмендету үшін қолданылады, бірақ оның АТГ әсері әлі белгісіз. Келесі зерттеуде биоаэрозольдер мен ағынды сулардың үлгілері қалалық ағынды суларды тазарту қондырғысындағы биологиялық резервуардан жиналған және зертханада аэрация үлгісі жасалған. Ультракүлгін сәулелену ұзақтығын өзгерту арқылы ауадағы микроағзаларға және АТГ әсері зерттелген. Үлгілерде *Sphingomonas* және *Pseudomonas* секілді оппортунистік бактериялар табылған. Ультракүлгін сәулелену кезінде микроағзалардың жойылу дәрежесі 87,5% құраған. 15 минуттық ультракүлгін әсерінен кейін АТГ түрлерінің саны екіге дейін азайған және жою жылдамдығы 99,3% құраған. Мобильді генетикалық элементтердің (МГЭ) және β -лактамы антибиотиктердің клиренс көрсеткіштері тиісінше 86,03% және 39,98% құраған. Сульфаниламидтердің, біріктірілген препараттардың және аминогликозидтердің судағы мөлшері 15 минут ішінде азайған. Бұл зерттеулер нәтижесінде ағынды суларды тазарту кезінде биоаэрозольді жоюдың ғылыми негізін жасалған [120].

Коагуляция – бұл дисперсті бөлшектердің өзара әрекеттесуі нәтижесінде бірігіп, ірі агрегаттар түзу процесі. Ағынды суларды тазарту барысында оны ұсақ дисперсті қоспалар мен эмульгацияланған заттардың тұну процесін жеделдету үшін қолданады. Коагуляция өздігінен, сондай-ақ

химиялық және физикалық процестердің әсерінен жүруі мүмкін. Алайда, ағынды суларды тазарту барысында коагуляция арнайы заттар – коагулянттардың әсерімен жүзеге асады [121]. Коагулянттар суда металл оксидтерінің гидратты түйіршіктерін (хлопья) түзеді, олар ауырлық күшінің әсерінен тез тұнба түзеді. Бұл түйіршіктер коллоидтық және қалқымалы бөлшектерді ұстап, оларды агрегаттауға қабілетті. Коллоидтық бөлшектер әлсіз теріс зарядқа ие болса, коагулянт түйіршіктері әлсіз оң зарядқа ие, сондықтан олардың арасында өзара тартылыс күші пайда болады. Коагулянт ретінде әдетте алюминий $Al_2(SO_4)_3$, темір тұздары $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ немесе олардың қоспалары қолданылады. Коагулянтты таңдау оның құрамы, физика-химиялық қасиеттері және құнына байланысты [122]. Кейбір зерттеулерде ағынды суды тазалауда коагуляциялық әдіске тірі ағзаларды қоса отырып, биокоагуляциялық тазалау әдісін пайдаланады. Мысалы, В.Н Шевкопляс, Н.В.Дорошкевич зерттеулерінде микромицеттердің экзопротеиндері калий гуматтарымен өзара әрекеттесе отырып, жоғары молекулалық кешендер түзетіні туралы тезисті зерттеген. Бұл кешендер бастапқыда конденсацияланып, коагулят түрінде тұнбаға түседі. Калий гуматтарын алу үшін Днепр көмір бассейнінің қоңыр көмірі қолданылды, одан жалпы қабылданған әдіс бойынша көмірдің суда еритін фракциясы – калий гуматтарын алған. Экзопротеинді (биологиялық коагулянт) алу үшін *Penicillium* тектес микромицет пайдаланылды, ол қоректік ортада 22°C температурада 5 ай бойы өсірілген [123].

1.3 Авторофты микроағзалардың ағынды суды тазалаудағы рөлі

Су қоймаларының өнеркәсіптік кәсіпорындардың ағынды суларымен және қалдықтарымен ластануы сапрофиттік микробтардың көбеюін арттырады, олар күрделі органикалық қосылыстарды қарапайым минералды қосылыстарға ыдыратады және оларды автотрофты микроағзалардың (нитрификациялаушы, күкірт және темір бактериялары) қоректенуі үшін қолжетімді етеді. Су қоймаларында еріген заттарды жоюдың негізгі рөлі автотрофты микроағзаларға тиесілі.

Энергетикалық қасиеті жоқ көмірқышқыл газын органикалық энергетикалық қосылыстарға айналдыру үшін автотрофты микробтарға жылу көздері қажет, олар үшін күн энергиясы немесе минералды заттардың тотығуының химиялық энергиясы жеткілікті. Олардың ең маңыздысы аммиакты азот қышқылының тұздарына тотықтыратын нитрификациялаушы бактериялар. Олардың жасушалық заттардың синтезі үшін көміртегі көзі көмірқышқыл газы болып табылады. Тионды бактериялар – күкіртті күкірт қышқылына дейін тотықтыратын хемо-автотрофтар. Осылайша, автотрофты микроағзалар күн немесе химиялық энергияны пайдалана отырып, көмірқышқыл газын органикалық заттарға айналдырады.

Отандық ғалым А.Тлеукеева зерттеулерінде, ағынды суды тазалауда автотрофтылардың ішіндегі фототрофты микробалдырлар - *C. vulgaris* ASLI-1, *C. vulgaris* ASLI-2, *O. borgei* ATP штамдарын пайдаланған. Жүргізілген зерттеулерінің нәтижесінде ЖШС "Қайнар" мекемесінің құрамында фосфор бар ағынды суларында улы компоненттері жоқ екендігі анықталған [124].

Соңғы он жылдықта азотты концентрацияланған ағынды суды тазартаудың әлемдік тәжірибесінде аммониді нитритке дейін тотықтыра алатын *Planctomycetes* тобына жататын ерекше автотрофты бактерияларды пайдалану әдісі пайда болды. Азотты автотрофты жою екі кезеңде жүзеге асырылады: 1) ішінара нитрификация, онда 50% аммоний нитритке дейін тотығады, 2) қалған аммонийдің нитритке – газ түріндегі азотқа, аноксидті тотығуы (электронды акцептор ретінде қолданылады)[125].

Acidithiobacillus ferrooxidans, бастапқыда *Thiobacillus ferrooxidans* деп аталған, алғаш рет Килмер мен Хинкл 1947 жылы шахталардың қышқыл ағындарынан оқшаулаған [126].

A. ferrooxidans тион бактериясы әдетте қышқыл ортада белсенді жұмыс жасайды және екі валентті (Fe^{2+}) темір иондарын 25-30 °C температуралық режим аралығында үш валентті (Fe^{3+}) темір иондарына дейін тотықтыра алады [127].

Темір бактерияларына жататын тағы бір өкіл- *A. thioparus*. *T. thioparus* әртүрлі ортада – топырақта, су айдындарында және ағынды сулар жүйесінде – тіршілік ете отырып, күкірт айналымына және күкіртке бай орталарды залалсыздандыруға үлес қосады. Соколова Г.А. - *A. thioparus* бактериясының таза культурасын бөліп алып, оның сыртқы пішінін (морфологиясын) және физиологиялық қасиеттерін (энергия көздерін пайдалану, рН пен тотығу-тотықсыздану потенциалына төзімділігі, оттегі мен нитраттарды қолдану мүмкіндігі) зерттеген, оның табиғи күкірт кендерінің (сингенетикалық) түзілуіне қатысы бар-жоғын тексерген. Осы бактерияны іс жүзінде молекулалық күкірт өндіру және сульфидті суларды тазарту үшін пайдалану жолдарын қарастырған [128].

Темір бактериялары арқылы ағынды суды тазалау әдістерін алғаш зерттеген ғалымдардың бірі Е.П.Каценовичтің еңбектерінен көре аламыз. Ол өз зерттеулерінде құрамында сульфидтер бар ағынды суларды тазарту үшін *T. ferrooxidans* тион бактерияларын қолданған [129].

Сондай-ақ Ресейлік ғалым Д.В.Четверикова өз еңбектерінде күкіртті қосылыстарды тотығатын бактерияларды, соның ішінде *Thiobacillus* туысына жататын бактерияларды зерттеген. Еңбектері биохимиялық тотықтыру процестерін, яғни бактериялардың күкірт, сульфид, тиосульфат сияқты қосылыстарды тотықтыру қабілетін зерттеуге бағытталған [130].

1.3.1 Микроағзалар мұнай биодеструкциялаушылары ретінде

Мұнайды крекингілеу нәтижесінде түзілетін пирофорлы темір сульфидтері ауа оттегісімен ашық әрекеттескенде өздігінен тұтану қабілетіне ие. Соның нәтижесінде, мұнай өңдеу өнеркәсіптерінің жарылыс қауіптілігі

жоғары болып табылады. Қазақстандағы мұнай өңдеу зауыттарында бұл қауіпті қалдық түрінің жылына 4-10 мың тонна аралығында түзілетіні белгілі.

Қауіпті қалдықтардың ерекше түрлері көптеген өнеркәсіптік кәсіпорындарда түзілетіні белгілі, олар ауа оттегісімен әрекеттескенде өздігінен тұтану қабілетіне ие болады. Бертани және т.б. [131], тері өңдеу зауытының ағынды суларынан алынған кептірілген тұнбаны белгілі бір жағдайларда өздігінен тұтануға әкелетінін анықтаған. Көп жағдайларда бұл қалыпты қыздыруға алып келеді (70-90°C дейін), бірақ кептіргіште ұзағынан тұру кезінде оттегінің мөлшері төмен атмосферада белсенді реакциялық қабілетті қатты заттар түзілуі мүмкін. Әдетте, былғары өндірісінің қалдықтарында бірнеше химиялық заттар болады, олар негізінен ағынды суларды тазарту кезінде тұнбаға түседі. Күтпеген және болжау мүмкін емес өздігінен тұтану өртке және тіпті экологиялық мәселелерге алып келуі мүмкін. Авторлар қызудың басталу механизмін тұжырымдауға тырысқан, онда олар бұл үрдіске Fe/S/O жүйесінің қатысатынын анықтаған. Өздігінен тұтанудың негізгі факторы аздаған мөлшерде пирофорлы темір сульфидтерінің түзілуінен екені дәлелденген. Олар экзотермиялық үрдістер кезінде сумен және оттегімен әрекеттесуі нәтижесінде сульфаттарға айналады. Пирит-пиротиттің бұл түрін алу шламды кептіру үрдісіне байланысты. Сульфидтердің экзотермиялық кезеңдердегі тотықтарға және сульфаттарға дейін тотығуы, тұнбадағы металдармен катализденуі ылғалды ортада жақсы жүреді. Қалдықтардың өздігінен тұтану механизмі туралы авторлардың болжамы зертханада оттегісіз атмосферада ұзақ уақыт қыздыру арқылы дәлелденді.

Күкіртсутекті коррозия өнімдерінің, шайырлы заттардың, органикалық өнімдердің және механикалық қоспалардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде түзілетін қосылыстар болып табылатын пирофорлы шөгінділер қазіргі уақытта мұнай-газ өнеркәсібіндегі өрт қауіпінің елеулі көздерінің бірі болып табылады. Бұл шөгінділер ауадағы оттегі болған кезде бірте-бірте қызып, мұнай буының жарылуымен өздігінен тұтануы мүмкін. Атмосфераға зиянды заттардың шығарылуы экологиялық ғана емес, сонымен қатар үлкен экономикалық зиян келтіреді. Пирофорлық шөгінділер резервуарлар мен құбырлардың қорғалмаған беттіктерінде күкіртті мұнай мен мұнай өнімдерін сақтау, тасымалдау және өңдеу кезінде пайда болуы мүмкін. Пирофорлы шөгінділер химиялық гетерогенді және құрамының күрделілігімен ерекшеленеді. Мұнай өңдеу зауыттарындағы өрт қауіпін зерттеу барысында висбрекинг қондырғысының фракциялау құрылғысында пирофорлы темір сульфиді шөгінділерінің күтпеген тұтануы анықталған [132]. Бұл ретте ректификациялық колонна алдын химиялық жолмен дезинфекцияланған. Осы оқиғаны зерттеу барысында, кокстеу кезінде жұмыс істейтін кемелерде химиялық залалсыздандыру саласындағы шектеулер туралы қорытындылар жасалған. Осыған байланысты кокстеу кезінде ыдыстарды қолмен тазалау жұмыстарының басымдығы туралы ұсыныс берілді.

Пирофорлы темір сульфидтері (FeS, FeS, FeS) қоршаған ортаның температурасында және атмосфералық қысымда ауадағы оттегімен химиялық әрекеттесуі нәтижесінде, әсіресе құрамында күкірт мазмұндайтын мұнайды алу кезінде өздігінен тұтануға қабілетті жанғыш заттар. Мұнайды крекингілеуде қолданылатын металл жабдықтардың бетінде пирофорлы қосылыстар түзіледі, және де олар коррозиялық үрдістерге ұшырайды. Коррозиялық шөгінділердің құрамын зерттеу нәтижелері көрсеткендей, түзілген шөгінділердің құрамдас бөліктеріне майда дисперсті темір сульфидтері Fe_xS_y және элементті күкірт (салмақ бойынша 76% дейін), пирофорлы қосылыстар сульфидтер мен меркаптидтер түрінде де, бос күйнде де болатынын көрсетті [133]. Элементті күкірт темір сульфидтері мен күкіртсутектің ауа оттегісімен әрекеттесуі нәтижесінде түзіледі. Нәтижесінде пирофорлы шөгінділердің қызуына әкелетін экзотермиялық реакция орын алады:



Бұл ретте реакцияның жылу эффектісі 220 кДж/моль құрайды. Пирофорлы сульфидтерді 180-220°C температураға дейін қыздырғанда, бос күкірт өздігінен тұтанады. Мұнайды сақтау кезінде де, айдау кезінде де резервуарлардағы өрттердің шығу себептері осы.

Оптикалық микроскопиялық зерттеулер көрсеткендей, бастапқы шөгінділердің құрамында пирит немесе марказит секілді темір сульфидтерінің бірнеше геометриялық тұрақты кристалдары бар [134]. Пирофорлы темір сульфидтерінің тотығу жылдамдығының жоғары болуы ауамен түйісу бетінің үлкен болуына байланысты. Дегенмен, пирофорлықтың тікелей себебі жалпы бетінің ауданы емес, сәйкес металл үшін тұрақты құрылыммен салыстырғанда бөлшектердің кристалдық торының бұрмалануы болып табылады. Пирофорлық шөгінділердің құрамы олардың қалыптасу шарттарымен анықталады, олар су қоймасындағы орналасуына байланысты құрамы бойынша айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін [135]. Пирофорлы шөгінділердің және органикалық заттардың қоспаларының кеуекті құрылымы олардың жылдам тотығуына алып келеді. Ауыр мұнай өнімдерімен және майлармен қаныққан пирофорлық шөгінділер ерекше қауіпті, себебі олар пирофорлық шөгінділердің өздігінен тұтануына ықпал етеді. Пирофорлық қосылыстардың жарылыс қауіпі қоршаған орта температурасымен қатар арта түседі, бірақ олардың өздігінен жануы кез келген, тіпті ең төменгі температурада да мүмкін болады [136]. Бұл пирофорлық қосылыстардың жылуды жақсы өткізбейтіндігімен байланысты, тотығудың бастапқы кезеңінде бөлінетін жылу жинақталған массада сақталып, оның қауіпті температураға дейін қызуына алып келеді. Әсіресе бұл құбылыстар жабдықты жөндеу кезінде, құрылғыларды ашу кезінде қауіпті. сондықтан, конструкциялардың өздігінен өздігінен жануын болдырмау үшін қауіпсіздіктің міндетті талабы, пирофорлық шөгінділерді үнемі ылғалдандыру болып табылады.

Құрамы мен түзілу орнына байланысты шөгінділердің пирофорлық белсенділігі (өздігінен тұтану қабілеті) әртүрлі болуы мүмкін. Құрамында элементті күкірті бар жеңіл мұнай өнімдерінің шикі дистилляттарының әсерінен түзілетін пирофорлы қосылыстар ең жоғарғы белсенділікке ие.

Келесі зерттеушілер [137] кейбір сульфидтер арасындағы өзара гальваникалық әрекеттесу өздігінен тұтануға ықпал етуі мүмкін деген болжамды тексерген. 4 түрлі нұсқа зерттелген болатын: 1 – сульфидтердің үлгілері және 2 – құрамында төрт сульфиді бар концентраттар: пиприт, халькопирит, сфалерит және галенит. Олар жеке-жеке және үлесі 50:50 қоспалар түрінде сыналған. Қалдық потенциалдар айырмасы төмен жекелеген үлгілер мен қоспалардың қалдық потенциалдар айырмасы жоғары қоспалардан айырмашылығы, өздігінен қызуға ұшырамады. 3 зерттеу нұсқасындағы пирит 50:50 қатынасында өздігінен қызатын екі материалмен, пиротит және никель концентратымен араласып, өздігінен қызу қасиеті арта түсті. 4 нұсқадағы пирит-сфалерит қоспасы бөлшектердің мөлшеріне байланысты сыналған. Бөлшектердің өлшемі кішірейген сайын өздігінен қызу арта түсетіні анықталған және бұл реакцияны анықтаған пириттің жұқалығы (жоғары қалдық потенциалға ие металл немес катод) болды. Қалдық потенциалдар айырмасы жоғары кезіндегі өздігінен қызудың жоғарылауы және катодты минерал бөлшектері өлшемінің артуы, гальваникалық әрекеттесу сульфидтердің өздігінен жануына ықпалын растайтынын авторлар анықтаған. Күкіртсутегі гипотезасына негізделген ықтимал механизм ұсынылды, онда минералдық катодтық беттігіндегі тотықсыздану реакциясы үш валентті темірден екі валентті темірге дейін жүреді.

Құбырлардан қауіпті және пирофорлық шөгінділерді, құбыр ішіне сұйық азотты айдау арқылы жою әдісі белгілі. Құбырларды осылай өңдеу нәтижесінде пирофорлық шөгінділер қатып қалады және олар кейін бақыланатын шарттарда аластатылуы мүмкін [138].

Қазірдің өзінде қалыптасқан шөгінділерді тірлі химиялық реагенттермен өңдеуді қарастыратын белгілі әдістер бар: INF-X-1 ингибиторы, трилон Б және т.б. аталған әдістердің кемшіліктері реагенттерді қолдануға байланысты жоғары құны, сонымен қатар шөгінділерді үнемі ылғалдау арқылы оларға инертті сұйықтықтарды айдау алдында құбырлар мен резервуарларды міндетті түрді босату қажеттілігі болып табылады. Сондай-ақ, әдіс пирофорлық белсенділікті төментпейді және тек шөгінділердің өздігінен жануын болдырмауға бағытталады.

Бұл әдістердің кемшіліктері мембраналарды орнату және ауадан азот алу үшін қосымша қондырғыны пайдалану қажеттілігі, пирофорлық шөгінділерді сақтау үрдісін қиындату, пирофорлық шөгінділерді сақтау және залалсыздандыру мәселелерінің шешілмегендігі болып табылады.

Екінші жағынан, табиғаттағы темір мен күкірттің биохимиялық циклінде, бірқатар микроағзалардың түрлі тотығу-тотықсыздану реакцияларына қатысатыны белгілі [139].

Көмірсутектерді пайдаланатын микроағзалар табиғатта кеңінен таралған. Бактериялардың 22 тұқымдасы, микроскопиялық саңырауқұлақтардың 31 тұқымдасы, оның ішінде түрлі мұнай көмірсутектерін биодеградациялауға қабілетті топырақ экожүйелерінен окшауланған ашытқылардың 19 тұқымдасы сипатталған. Су ортасынан көмірсутектерді ыдырататын бактериялардың 25 тұқымы және көмірсутекті пайдаланатын микроскопиялық саңырауқұлақтардың 27 тұқымы белгіленген. Олардың ішінде: бактериялар (*Alhromobacter*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Desulfovibrio*, *Eneribacer*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Methanobacterium*, *Micromonoccuscus*, *P.R pseudomonas*, *Sarcina*, *Serratia*, *Spirillum*, *Streptomyces*, *Thiobacillus*, *Vibrio*); мицелиалды бактериялар (*Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium*, *Trichoderma*); ашытқылар (*Candida*, *Debmyomyces*, *Endomyces*, *Endomycopsis*, *Hansenula*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Trichoaporon*); цианобактериялар (*Agmenellum*, *Aphanocapsa*, *Lyngbya*, *Microcoleus*, *Oacillatoria*, *Phormidium*, *Plectonema*). Көмірсутекті тотықтырғыш микроағзалардың көпшілігі топырақта да, суда да кездеседі [140].

Қорыта айтқанда, ғылыми зерттеу тақырыбына байланысты жүргізілген әдебиеттік шолу нәтижесінде өндірістік және коммуналдық ағынды суларды тазарту мәселелері қазіргі кезде экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің маңызды аспектісі болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, өндірістік ағынды сулардың құрамында органикалық және бейорганикалық ластаушы заттар бар, олар су экожүйелеріне айтарлықтай зиян келтіруі мүмкін. Ағынды суларды тазарту әдістерінің ішінде биологиялық тазарту экологиялық қауіпсіз әрі тиімді әдіс ретінде танылды. Биологиялық әдістің негізгі механизмдері ретінде аэротенктер мен биосүзгілерді пайдалану ұсынылады. Сонымен қатар, сорбция, коагуляция, флотация сияқты физикалық-химиялық әдістер де кеңінен қолданылады. Сүт өндірісінің ағынды суларын тазарту ерекшеліктері зерттеліп, олардың құрамындағы органикалық заттардың жоғары шоғырлануы тазарту процесін күрделендіретіні анықталды. Майларды флотациялық әдіспен бөліп алу және адсорбциялық процестерді қолдану сүт өндірісінің ағынды суларын тазартуда тиімді болып табылады. Мұнай өндеу зауыттарының ағынды суларының құрамында мұнай өнімдері, ауыр металдар және фенолдар сияқты ластаушылар бар, сондықтан оларды тазарту үшін көпсатылы механикалық, физикалық-химиялық және биологиялық әдістердің комбинациясын қолдану ұсынылады. Зерттеулер көрсеткендей, биокоагулянттарды пайдалану тазарту тиімділігін арттырудың перспективті әдісі ретінде қарастырылады. Ағынды суды тазалауда хемотрофты микроағзаларды пайдалану – шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектерінде жазылған. Алайда, зерттеулердің басым бөлігі фототрофтарға жататын макро және микробалдырларға арналған. Хемотрофты микроағзаларды құрамында сульфидтер бар ағынды суды

тазартуға болатындығын Ресейлік және Америкалық ғалымдар өз еңбектерінде көрсеткен.

Жоғарыда айтып өткендей, органика құрамды өндірістік және тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларды хемотропты микроағзалармен биохимиялық тазалау мүмкіндігі бар екендігі теориялық түрде дәлелденді.

2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ

2.1 Зерттеу нысандары

Зерттеу нысандары ретінде «Су ресурстары - маркетинг» ЖШС Шымкент қаласының коммуналдық-тұрмыстық ағынды сулары, «Петро Қазақстан Ойл Продактс» ЖШС-нің құрамында мұнай бар ағынды сулары алынды.

Қалалық коммуналдық-тұрмыстық ағынды суларды тазалау мекемесі, Шымкент қаласы, Достық мөлтек ауданында орналасқан, координаттары - 42.394620, 69.537782 (сурет 2).



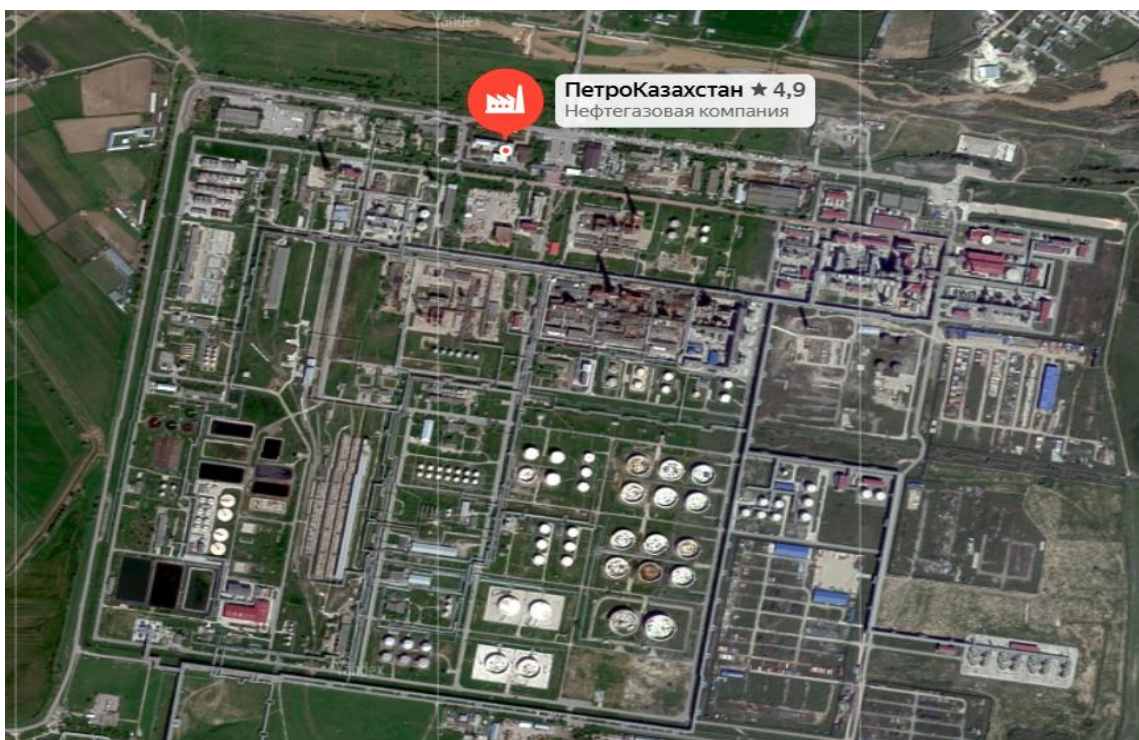
Сурет 2– Шымкент қалалық тұрмыстық - коммуналдық ағынды суларды тазалау орны

Қалада шаруашылық және өндірістік кәріздің орталықтандырылған жүйесі жұмыс істейді. Гравитациялық коллекторлар жүйесі бойынша ағынды сулар алдымен бас коллекторға, одан әрі қаладан батыс бағытта орналасқан тазарту қондырғыларына түседі. Халықты кәріз желілерімен қамту шамамен 60%, тазарту қондырғыларының жобалық өнімділігі 150,0 мың м³/тәул. құрайды. Мекемеде ағынды суды тазалау механикалық, физика-химиялық және биологиялық тазалау әдістерінің сатыларынан өтеді. Тазаланған ағынды су Бөржар суқоймасына құйылып, егістік алқаптарды суару жүйесіне пайдаланылады. Шымкент қаласының тұрмыстық коммуналды қалдық суларының құрамы 7- кестеде берілген.

Кесте 7. Шымкент қаласының тұрмыстық коммуналды ағынды суларының құрамы

№	Көрсеткіштер	Зиянды заттардың рұқсат етілген көрсеткіші	Тазалау құрылығысына берілген судың көрсеткіштері
1	Құрғақ қалдық, мг/л	а/ж	816,0
2	ОХК _{арб} , мг/дм ³	27,3±0,1	326,7±0,1
3	ОБК ₅ , мг/дм ³	425,0±0,1	147,1±0,1
4	Хлоридтер, мг/дм ³	184,0±0,1	87,9±0,1
5	Сульфаттар, мг/дм ³	350,0±0,1	173,8±0,1
5	Аммонийлі азот, мг/дм ³	10,7 ± 0,5	28,3±0,1
6	Нитриттер, мг/дм ³	1,2±0,1	0,2±0,1
7	Нитраттар, мг/дм ³	13,4±0,1	0,4±0,1
8	Фосфаттар, мг/дм ³	0,5 ±0,1	4,9±0,1
9	Мұнай өнімдері, мг/дм ³	0,1±0,1	2,05±0,1
10	Майлар, мг/дм ³	1,7±0,1	3,5±0,1
11	Фенол, мг/дм ³	а/ж	0,1±0,1
12	Температура, С	30 ⁰ С аспау керек	18,5
13	Мөлдірлігі, см	а/ж	1,1
14	рН	6,0-9,0	8,2
Ескертпе: а/ж – анықталған жоқ			

1985 жылы салынған Шымкент мұнай өңдеу зауыты (ШМӨЗ) республикадағы ең жаңа зауыт болып табылады. Зауыт Қазақстанның үш мұнай өңдеу зауыты өндіретін мұнай өнімдерінің жалпы ағымдағы көлемінің 30% өндіреді. Шымкент мұнай өңдеу зауыты Қазақстанның оңтүстігінде, Республиканың ең көп қоныстанған бөлігінде орналасқан жалғыз мұнай өңдеу зауыты. Шымкент мұнай өңдеу зауыты жобалық қуаты жылына 5,25 млн тоннаны немесе шамамен 40,65 млн баррель мұнайды құрайды. «Петро Қазақстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауытының координаттары - 42.26197878041112, 69.65400140547412 (сурет 3). Зауыттың қазіргі ауданы 392,37 га құрайды. ШМӨЗ алаңының оңтүстік жағында жабдықтар базасы, «Текесу» теміржол станциясы, сұйытылған газ шаруашылығы орналасқан. Кәсіпорынға негізгі кіреберіс қалалық автомагистральдан жүзеге асырылады. Тұрғын үй құрылысы келесі қашықтықта орналасқан: солтүстікте зауыттың қоршауынан 551 м жерде Қаратөбе ауылы (бұрынғы Ворошилово), шығыста 1380 м, оңтүстікте 1750 м.



Сурет 3– «Петро Қазақстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауыты

«Петро Қазақстан Ойл Продактс» ЖШС-нің құрамында мұнай бар ағынды судың құрамы келесі 8-кестеде көрсетілген:

Кесте 8. ШМӨЗ ағынды суының химиялық құрамы

№	Көрсеткіш атауы	Өлшем бірлігі	Мөлшері
1	pH	pH	7,6 - 8,2
2	Мұнай өнімдері	мг/дм ³	546,0 ± 0,5
3	Ерімейтін заттар	мг/дм ³	10,8 ± 0,1
4	Сульфаттар	мг/дм ³	557,0 ± 0,5
5	Хлоридтер	мг/дм ³	204,0 ± 0,5
6	Аммоний азоты	мг/дм ³	15,5 ± 0,5
7	Нитриттер	мг/дм ³	4,3 ± 0,1
8	Фосфаттар	мг/дм ³	3,0 ± 0,1
9	Фенолдар	мг/дм ³	0,1 ± 0,01
10	ОХҚ	мгО/дм ³	251,5 ± 0,5

Құрамында жуғыш заттары бар ағынды сулардағы ОХҚ көрсеткішін төмендету үшін зерттеуде Түркістан облысы, Сарыағаш ауданы, Дарбаза елді мекенінің бентонитті сазы алынды. Бұл саздың 70%- дан кем емес бөлігі монтмориллониттен тұрады, оның негізін жұқа иірімді араласқан кендік қорлары бар сызаттарда түзілген галенит құрайды.

Зерттеу жұмыстарында Түркістан облысының полиметалл және фосфоры бар қалдықтарынан профессор Исаева А.У мен Ахмет Айнагүл бөліп алған *A. ferrooxidans Ach 1*, *A.ferrooxidans BIT1* бактериялар қолданылды. *A. ferrooxidans Ach1* штамы - Ащысай кентінде орналасқан полиметалл қождарынан бөлініп алынған. Әдетте жалғыз, кейде жұптасып орналасады. Өлшемі $0,4 \times (0,8^{-1})$ мкм болатын қысқа таяқша тәрізді тионды бактериялар. Грамм теріс боялған, спора түзбейді, бір полярлы флагелласы бар. Қышқыл ортада екі валентті темірді үш валентті темірге дейін тотықтыра алады. Бөліну арқылы көбейеді. Зерттеу жұмыстарында *A. ferrooxidans Ach1* штамы Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларын тазалауда және құрамында сүт өнімдері бар модельдік ерітіндіні тазалауда пайдаланылды. *A. ferrooxidans BIT1* штамы - Түркістан облысының полиметалл және фосфоры бар қалдықтарынан бөлініп алынған. Таяқша тәрізді, кейде жұптасып, көбінесе жалғыз орналасқан тионды бактериялар. Бөліну арқылы көбейеді. Спора түзбейді, грамм теріс боялған. Екі валентті темірді қолайлы жағдайда, химиялық жолдан қарағанда 200 есе жоғары тотықтыра алады. Зерттеу жұмыстарында *A. ferrooxidans BIT1* штамы мұнай өңдеу зауытындағы ағынды суды тазалауда бентонитпен бірге пайдаланылды.

A. ferrooxidans бактериясын жанғыш қалдықтарды залалсыздандыру үшін пайдалануға «Петро Қазақстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауытының крекинг сатысында түзілген пирофорлы темір сульфидтері қолданылды.

Тәжірибелік зерттеу жұмыстарына майдың массалық үлесі 2,5% қосылған сүті бар модельдік ерітінді қолданылды. Сүттің құрамы: сиыр сүті, майсыз сүт. 100 г өнімнің тағамдық құндылығы: майлар-2,5%, ақуыздар-3,0 г, көмірсулар - 4,5 г. Модельдік ерітіндідегі сүттің көлемдік мөлшері - 1,0 %. Жалпы 10 ерітінді дайындалды: әр ерітіндінің құрамы – 1мл сүт және 99мл дистилденген су. Соның ішінде, бір бақылау ерітіндісі болды.

“MlekPol” сүтінен майдың массалық үлесі 0,5% қосылған сүті бар модельдік ерітінді қолданылды. Сүттің құрамы: сиыр сүті, майсыз сүт. 100 г өнімнің тағамдық құндылығы: майлар-0,5 %, қаныққан май қышқылдары - 0,3г, ақуыздар - 3,3 г, көмірсулар – 5,0 г, қант – 5,0 г, кальций – 120 мг. Модельдік ерітіндідегі сүттің көлемдік мөлшері - 1,0 %.

2.2 Зерттеу әдістері және бағдарламасы

Зерттеу жұмыстарын бастамас бұрын ғылыми іс-әрекеттерді жүргізу алгоритмі бар бағдарлама жасалды (сурет 4).



Сурет 4 - Зерттеу жұмыстарының бағдарламасы

Тион бактерияларын окшаулау және дақылдандыру MEMCT 26670-91 бойынша шекті сұйылту әдісімен жүргізілді [141]. Тион бактерияларының штамдары *Acidithiobacillus ferrooxidans* Ach 1 және BIT 1 Сильверман-Людгрен 9К қоректік ортасында өсірілді, қоректік ортаның құрамы келесідей г/л: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -2,0; K_2HPO_4 -1,0; MgSO_4 -0,5; NaCl -0,2; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 44,2; H_2O -1л; рН ортасы H_2SO_4 көмегімен 1,0-ге дейін жеткізілді. Қоректік ортаға штаммдардың суспензиясын қоректік орта : штаммдардың суспензиясы - 5:1 қатынасымен енгізіледі, өсіру (25-32)°С температурада жүзеге асырылады және өсіру процесінде үздіксіз аэрацияланды. Зерттеуге қажетті бактериялар №ТС-1/80 СПУ ТУ 9452-002-00141798-97 маркалы термостатта селективті қоректік ортаға отырғызылды.

Изоляттар, Путра Малайзия Университетінде (Малайзия), ПТР-талдау арқылы HERCUVAN lab systems аппаратымен идентификацияланды. Бактериялардың молекулалық-филогенетикалық талдауы үшін MEGA бағдарламалық қамтамасыз ету пайдаланылды. Микроағзалардың патогендігін анықтау анализі «Нутритест» ЖШС лабораториясында орындалды (Қосымша Ә).

Тион бактерияларының белсенділігін анықтау. Бактериялық суспензияның құрамындағы Fe^{2+} тотығу дәрежесінің трилометриялық әдіспен және УК/көрінетін CARY50 аймағының сканерлік спектрофотометрмен анықталды. Темір бактериялардың белсенділігін трилометриялық әдіспен анықтау MEMCT 1652.3-77 [142] талаптарына сай орындалды.

Бактериялық суспензия құрамындағы Fe^{2+} тотығу дәрежесін анықтау үшін УК/көрінетін CARY50 аймағының сканерлік спектрофотометрі қолданылды. Бактериялық суспензияның құрамындағы анықталған Fe^{2+} мөлшері 0,1577-0,1585 мг/л.

Микроскоптау тәсілінде *A. ferrooxidans* бактерия штамынан препараттар «жаншылған» және «жүзгінді тамшылы» әдіспен дайындалды. Адам Мицкеевич Университетінде «Биомед» және OLYMPUS BX51 жарық микроскоптарының көмегімен 40 және 100 еселік ұлғайту арқылы зерттелінді.

Видеофиксациялау *A. ferrooxidans* темір бактерияларының фиксациясы мобилді телефондардың Iphone 13 Pro маркалары пайдаланылып жасалды. Сондай-ақ, OLYMPUS BX51 жарық микроскопында және электронды растрлы микроскоппен түсірілді.

Модельдік ерітіндінің тазалану дәрежесін анықтау биокоагулянтты қолдана отырып, модельдік ерітіндіні тазарту дәрежесі сүттегі лактозаның мөлшерімен анықталды. Сүт пен сүт өнімдеріндегі лактозаның массалық үлесін анықтау үшін барлық көмірсулар кіретін оптикалық белсенді заттар арқылы жарық өткен кезде жарықтың поляризация дәрежесін және поляризация жазықтығының айналу бұрышын өлшеуге негізделген поляриметриялық әдіс қолданылды.

Зерттеу МЕМСТ 54667-2011 «Қанттардың массалық үлесін анықтау әдістері» [143] бойынша, ADS220 маркалы сахариметрде жүргізілді, оның ішінде pH өлшеу WTW Multiparameter 340i көмегімен жүргізілді.

Құрамында сүт өнімі бар модельдік ерітіндінің мөлдірлігі мен тазалану дәрежесін анықтау биокоагулянтты пайдалану арқылы модельдік ерітіндінің тазалану дәрежесі JENWAY 6305 спектрофотометрмен анықталды. Үлгілердің жалпы саны 10, оның ішінде 1- бақылау ерітіндісі болды. Ерітіндідегі сүт концентрациясы – 1% көл. Зерттеу Польша Республикасы, Адам Мицкеевич атындағы Познань мемлекеттік Университетінде орындалды. Үлгінің құрылымы және белгіленген спектрлердегі элементтік құрамы жоғары ажыратылымдықтағы JSM-6400LV (Жапония) растрлы сканерлеуші электрондық микроскоптың және энергодисперсты микроталдаудың көмегімен анықталды. Зерттеу М.Әуезов атындағы ОҚУ, ИРЛИП лабораториясында жүргізілді.

Ағынды су беті жабылатын пластикалық ыдыстармен алынып, зертханалық мұздатқышта $\leq 4,0^{\circ}\text{C}$ температурада сақталды. Сынама алу, судың гидрохимиялық талдауы келесі МЕМСТ-ге сәйкес жүргізілді: 59024 - 2020 Су. Сынаманы алуға қойылатын жалпы талаптар [144], 26449.1-85 Ағынды судағы құрғақ қалдық мөлшерін гравиметриялық анықтау [145], БҚ 52.24.382-2006 Су құрамындағы фосфаттардың массалық концентрациясын фотометриялық әдіспен анықтау [146], ҚР СТ ИСО 9297 – 2008 Су сапасы. Су құрамындағы хлоридтерді Мор әдісі бойынша анықтау әдістері [147], Ағынды судың түсі органометриялық әдіспен анықталды - МЕМСТ 3351-74 Ауыз суы. Дәмін, иісін және мөлдірлігін анықтау әдістері [148], 26449.1-85 Су. Су құрамындағы аммонийлі азотты титрометриялық әдіспен анықтау әдістері [149], 4979-49 Шаруашылық-ауыз су және өнеркәсіптік сумен қамтамасыз ету. Химиялық талдау әдістер [150], 4151-72 Ауыз суы. Жалпы кермектілігін анықтау әдістері [151] және 14.1:2.122-97 Ауыз суы. Суды сандық химиялық талдау. Беттік және ағынды сулардағы майлардың массалық шоғырын өлшеу әдістемесі [152]. Судың иісін анықтау үшін алынған сынама оттегімен жанаспайтындай етіп тығынмен тығыз жабылды. Су колбасы бірнеше сағатқа қалдырылды. Нәтижесі органометриялық әдіспен анықталды. Сынаманың температурасын анықтау үшін термометр зерттелетін суы колбаға түсіріліп, 5 минут ұсталды.

Судың ОХҚ мөлшері МЕМСТ 31859—2012 Су. Судағы ОХҚ көрсеткішін анықтау [153], ОБҚ мөлшері БҚ 52.24.420-2006 Ағынды судағы ОБҚ көрсеткішін анықтау әдістеріне сай жүргізілді [154], ал pH ортасы WTW Multiparameter 340 жүргізілді.

Судың мөлдірлігін анықтау үшін зерттелетін судың биіктігі шамамен 20 см шыны колбаға құйылды. Колбаның астына ақ қағаз қойылып, 25 минут тұндырылды, алынған нәтиже бағаланды. Ағынды судың құрамындағы майларды анықтау үшін ағынды сулардағы майлардың массалық концентрациясын гравиметриялық өлшеу әдісін қолданылды.

A. ferrooxidans бактериясын жанғыш қалдықтарды залалсыздандыруда пайдалануды зерттеу жұмыстарында Fe^{2+} , Fe^{3+} мөлшерін комплексометриялық әдіс арқылы анықталды. Микроскопиялық зерттеулер барысында «Tauda» және «Mikmed-5» микроскоптары қолданылды. Шикізаттарды зерттеу барысында индуктивті байланысқан плазмалы масс-спектрометр қолданылды, элементтерді анықтау ҚР СТ ИСО 17294-2-2006 сәйкес жүргізілді [155]. Химиялық талдау МЕМСТ 13685-84 бойынша жүргізілді [156]. Зерттеу жұмысының шарттары: температура – 25°C; ылғалдылық – 83,0%; қысым – 714 мм.сын.бағ. «Петро Қазақстан Ойл Продактс» ЖШС мұнай өңдеу зауытының өндірістік шарттарында жүргізілген тәжірибелік жұмыстар үшін көлемі 50,0 м³ бетондалған резервуар алынды, онда темір мен күкірт көзі ретінде пиррофорлы шөгінділері бар тиобактерияларды өсіруге арналған сулы ерітінді дайындалды. Күкірт қышқылының көмегімен ортаның рН 2,0-2,5 дейін жеткізілді. Ауаны беру инертті пластик материалдан жасалған аэратор құбырлары арқылы жүзеге асырылды. Пиррофорлық шөгінділер 5,0±0,5 т көлемінде жинақталды. Қалдықтардың жанғыштығы күн сайын термометрмен тексеріліп отырды.

Ағынды суларды биокоагуляциялық тазарту әдісін математикалық модельдеу MatLab бағдарламасымен дайындалды.

Нәтижелерді статистикалық талдау. Тәжірибелер қайталануларда үш рет жүргізілді, стандартты ауытқу $0,91 > P > 0,85$ кезінде есептелді. Статистикалық өңдеу "Pentium-IV" ДК-де Microsoft Excel статистикалық бағдарламалық пакетін қолдану арқылы жүргізілді. Өлшеулер саны бойынша және жалпы диагностикалық топта Волкова П.А. әдісімен орташа арифметикалық көрсеткіші анықталды [157].

3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

3.1 Шымкент қаласы кәсіпорындарының ағынды суларының сипаттамасы

3.1.1 Тұрмыстық-коммуналдық ағынды судың физикалық - химиялық сипаттамасы

Жалпы өндірістік технологияда және тұрмыстық өмірде су аса көп мөлшерде пайдаланылады. Оның мөлшері мен ластану құрамы өндірістің түрімен тікелей байланысты. Әсіресе органикалық құрамды ағынды сулар қоршаған ортаға орасан зор кері әсерін тигізеді.

Тұрмыстық-коммуналдық ағынды сулар – тұрғын үй-коммуналдық шаруашылықтардан, өндіріс орындарынан және күнделікті тұрмыстық қажеттіліктерден пайда болатын сулардың жиынтығы. Бұл сулардың құрамында әртүрлі органикалық және бейорганикалық заттар, сондай-ақ зиянды химиялық қосылыстар бар. Ағынды суларды толыққанды зерттеу олардың физикалық және химиялық құрамын талдауды, сондай-ақ экожүйеге әсерін бағалауды қажет етеді.

Физика-химиялық сипаттамалары бойынша Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды судың мониторингі жалпы зиянды заттардың рұқсат етілген көрсеткіші мен бастапқы тазалау қондырғысына келген тұрмыстық-коммуналды ағынды сулардың химиялық құрамы 9-кестеде көрсетілген:

Кесте 9. Тұрмыстық-коммуналды ағынды сулардың химиялық құрамы

№	Көрсеткіштер	Зиянды заттардың рұқсат етілген көрсеткіші	Тазалау құрылығысына берілген судың көрсеткіштері
1	2	3	4
1	Құрғақ қалдық, мг/л	а/ж	816,0
2	ОХК _{арб} , мг/дм ³	27,3±0,1	326,7±0,1
3	ОБК ₅ , мг/дм ³	425,0±0,1	147,1±0,1
4	Хлоридтер, мг/дм ³	184,0±0,1	87,9±0,1
5	Сульфаттар, мг/дм ³	350,0±0,1	173,8±0,1
5	Аммонийлі азот, мг/дм ³	10,7 ± 0,5	28,3±0,1
6	Нитриттер, мг/дм ³	1,2±0,1	0,2±0,1
7	Нитраттар, мг/дм ³	13,4±0,1	0,4±0,1
8	Фосфаттар, мг/дм ³	0,5 ±0,1	4,9±0,1
9	Мұнай өнімдері, мг/дм ³	0,1±0,1	2,05±0,1
10	Майлар, мг/дм ³	1,7±0,1	3,5±0,1
11	Фенол, мг/дм ³	а/ж	0,1±0,1
12	Температура, С	30 ⁰ С аспау керек	18,5

9- кестенің жалғасы

13	Мөлдірлігі, см	а/ж	1,1
14	pH	6,0-9,0	8,2
Ескертпе: а/ж – анықталған жоқ			

Судың қышқыл-негіздік балансы (pH) – оның маңызды химиялық көрсеткіштерінің бірі. Зерттеу барысында алынған pH деңгейі 8,2-ге тең болды, бұл судың әлсіз сілтілі екенін көрсетеді. Шекті рұқсат етілген мәндер (6,0–9,0) аясында болғандықтан, бұл көрсеткіш қалыпты деп есептеледі [158].

ОБҚ деңгейі - оттегінің биохимиялық қажеттілігі, яғни судағы органикалық заттардың концентрациясын көрсетеді, яғни бұл 1 литр судағы барлық органикалық орта бактериялар мен қарапайым ағзалармен тотығуы үшін тұтынылатын оттегінің көлемі. Егер ОБҚ төмен болса, онда су объектілері мен суда тіршілік ететін ағзаларға қауіп төніп тұрғанын білдіреді [159]. Оттегінің биохимиялық тотығу жылдамдығы ағынды судың құрамындағы органикалық заттардың концентрациясына және де тазарту қондырғыларына лақтаушы қоспалардың біркелкі түсуіне байланысты. Кестеге сәйкес қалалық тұрмыстық ағынды судың құрамындағы ОБҚ деңгейі зиянды заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясынан (ШРК) 2,9 есеге төмен екендігін көрсетеді. Бұл ағынды судың құрамында биохимиялық тотығуға инертті және нашар тотығатын қосылыстардың бар екендігін дәлелдейді.

ОХҚ әр түрлі ластану дәрежесі бар су ағындары мен су объектілерінің жағдайын сипаттау үшін қолданылады [160]. Алынған анализдерге сәйкес қалалық тұрмыстық ағынды судың құрамындағы ОХҚ мәні –зиянды заттардың рұқсат етілген концентрациясынан 11,9 есеге жоғары екендігі анықталды. Яғни бұл көрсеткіш ағынды судың қатты ластанғандығын көрсетеді. Себебі, судың құрамындағы ОХҚ деңгейі жоғарылаған жағдайда ең алдымен қарапайымдылардың тіршілігі тоқтайды. Мысалы, *Amoeba proteus*, *A. radiosa*, *A. lima* саны азайып, белсенділігін жоғалтса, *Vorticella campanula* қозғалу деңгейі төмендейді [161]. Ал *V. aequilata*, *V. campanula*, *V. Chlorostigma* отырмалы кірпікшелілердің саны артып сәйкесінше биоценоздың бұзылуына әкеліп соғады [162].

Фосфаттар - ағынды сулардағы фосфат мөлшері су өсімдіктері мен балықтардың өсуіне жауап беретін маңызды элементтердің бірі [163]. 13-ші кестедегі тәжірибе арқылы алынған мәліметтерге сәйкес ағынды судың құрамындағы фосфат мөлшері 10,3 есеге жоғары екендігі анықталды. Ал фосфаттың судағы мөлшерінің артуы су экожүйесінде эвтрофикация үдерісін тудырады. Бұл үдеріс су қоймаларда *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria* сияқты көк-жасыл балдырлар [164] мен диатомды балдырлардың *Asterionella*, *Fragilaria*, *Nitzschia* түрлерінің [165] шамадан тыс өсуіне себеп болады. Нәтижесінде судың физикалық-химиялық қасиеттері өзгереді, атап айтқанда,

судың лайлануы, еріген оттегінің мөлшерінің азаюы және органолептикалық көрсеткіштердің нашарлауы байқалады.

Алынған нәтижелер бойынша майлар мен мұнай өнімдері шекті рұқсат етілген концентрациядан 20,0 есеге асып кеткендігін көрсетеді (9-кесте). Ал майлар мен мұнай өнімдері су өсімдіктерінің фотосинтез процесін тежейді. Су бетінде түзілген қабат күн сәулесінің өтуін қиындатып, фитопланктонның азаюына алып келеді [166]. Бұл өз кезегінде су экожүйесінің қоректік тізбегінің бұзылуына себеп бола алады. Сондай-ақ сульфаттар мен хлоридтердің концентрациясы зиянды заттардың рұқсат етілген көрсеткішінен аспағандығы анықталды.

Органикалық заттармен ластанған ағынды сулардағы ОБҚ мен ОХҚ көрсеткіштері белгіленген ШРК-дан 2-ден 30-ға дейін асып кеткендігі анықталды.

Ағынды судың физикалық қасиеттері оның ластану дәрежесін анықтауда, сондай-ақ тазарту құрылғыларының тиімділігін бағалауда маңызды рөл атқарады. Органометриялық талдау нәтижесінде ағынды судың түсі – түссіз, иісі өткір екені айқындалды. Су экожүйесіндегі температура маңызды экологиялық көрсеткіштердің бірі болып табылады. Ол судағы физикалық-химиялық процестердің жылдамдығына және тірі организмдердің тіршілік әрекетіне тікелей әсер етеді.

Зерттеуге алынған ағынды судың температурасы 18,5°C төңірегінде болды. Бұл көрсеткіш қолайлы температуралық диапазонға жатады, себебі ағынды судың шекті температурасы 30°C-ден аспауы керек. Асқан жағдайда, суда еріген оттегінің мөлшері күрт төмендеп, су ағзалары стресстік жағдайға ұшырайды [167]. Температураның шамадан тыс көтерілуі келесідей салдарға алып келуі мүмкін - фитопланктондардың қарқынды көбеюі, эвтрофикация процесін жеделдетеді [168]. Еріген оттегінің азаюы аэробты микроағзалардың санын азайтып, экологиялық жүйені бұзуы мүмкін [169].

Сонымен, Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды сулардың физикалық-химиялық сипаттамаларын зерттеу нәтижелері - олардың экологиялық қауіптілігін және тазарту қажеттілігін көрсетті. Ағынды суларда органикалық және бейорганикалық заттардың жоғары концентрациясы байқалады. ОБҚ және ОХҚ көрсеткіштері бойынша шекті мәндерден ауытқулар тіркелді. Сонымен қатар, физикалық қасиеттер бойынша мөлдірлік пен иіс көрсеткіштері де судың ластану деңгейін сипаттау үшін қолдануға болатынын көрсетті.

3.1.2 Құрамында мұнай өнімдері бар ағынды сулардың физикалық-химиялық сипаттамасы

Органика құрамды ағынды сулардың бір түрі-мұнай өңдеуде қолданылатын су ресурстары. "Петро Казахстан Ойл Продакшн" ЖШС мұнай өңдеу кәсіпорнында тазарту қондырғылары бар цехының болуына қарамастан, өкінішке орай, ағынды суларға улы ингредиенттерді апаттық төгу жағдайлары орын алады.

Органолептикалық әдіспен анықталған судың физикалық параметрлері ағынды суларды тазарту қондырғысына кірерде түсі қара, мұнай өнімдерінің өткір иісі бар екенін көрсетеді. Механикалық әдіспен және $Al_2(SO_4)_3$ көмегімен химиялық әдіспен тазарту кезеңінен нәтижесінде судың түсінің ағаруы байқалады. Келесі кезең - биологиялық тазарту сатысына аздап сілтілі рН мәндерімен, бетіндегі көбік және мұнай дақтары бар ағынды су келеді.

10-кестеде көрсетілген мәліметтерге сүйенсек, ағынды сулардың іріктелген сынамаларында рН мәні, аммонийлі азоттың, фосфаттардың, нитриттердің мөлшерлері нормативтік көрсеткіштерге сай. Ал, мұнай өнімдерінің мөлшері 165,6 есе; аммонийлі азот – 1,5 есеге; фосфат – 25,0 есеге; ОХҚ - 9 есе артқаны анықталды, бұл көрсеткіштер пайдаланылатын тазарту әдістерінің тиімділігінің төмен екендігін сипаттайды.

Кесте 10. Мұнай өңдеу кәсіпорнының ағынды суларының химиялық құрамы

№	Көрсеткіш атауы	Өлшем бірлігі	Нормативтік мәндер	Зерттеу нәтижелері 1-жүйе 12.12.24ж	Зерттеу нәтижелері 1-жүйе 22.01.25ж
1	рН	рН	6,0 - 9,0	7,6 - 8,2	7,9-8,0
2	Мұнай өнімдері	мг/дм ³	≤ 3,3	546,0±0,5	546,2±0,5
3	Ерімейтін заттар	мг/дм ³	≤ 11,3	10,8±0,1	39,7±0,1
4	Сульфаттар	мг/дм ³	≤ 700,0	557,0±0,5	267,1±0,1
5	Хлоридтер	мг/дм ³	≤ 472,0	204,0±0,5	147,2±0,1
6	Аммоний азоты	мг/дм ³	≤ 10,4	15,5±0,5	14,0±0,1
7	Нитриттер	мг/дм ³	≤ 5,0	4,3±0,1	3,98±0,1
8	Фосфаттар	мг/дм ³	≤ 0,1	3,0±0,1	0,1±0,1
9	Фенолдар	мг/дм ³	≤ 0,1	0,1±0,01	0,3±0,1
10	ОХҚ	мгО/дм ³	≤ 36,4	251,5±0,5	207,5±0,5

Мұнай өңдеу өндірісінен шығатын ағынды сулардың құрамы қоршаған ортаға тікелей әсер етеді. Бұл сулардың физикалық-химиялық көрсеткіштерін зерттеу және олардың экологиялық талаптарға сәйкестігін бағалау маңызды болып табылады. Ағынды судың құрамындағы мұнай өнімдері, ауыр металдар, қышқылдық-негіздік орта мағынасы (рН) және басқа да заттардың мөлшері мұқият зерттелді.

Мұнай өңдеу өндірісінің ағынды суының химиялық құрамын зерттеу нәтижесінде, судың қоршаған ортаға экологиялық қауіптілігі мен оның қосымша тазарту сатыларынан өтуінің қажеттігін көрсетті. Себебі, ағынды судағы мұнай өнімдерінің артуы экожүйелердің функционалдық тұрақтылығына және биологиялық әртүрлілікке теріс әсерін тигізетін экологиялық апаттық жағдайларға алып келуі мүмкін [170]. Мұнай өнімдері

судың беткі қабатында жұқа пленка қалыптастырып, фотосинтезге қажетті күн сәулесінің сіңірілуін тежейді, ал бұл өз кезегінде судың флорасының өнімділігін төмендетеді [171]. Сонымен қатар, мұнайлы пленка су мен ауаның алмасуын шектей отырып, судағы еріген оттегінің концентрациясының төмендеуіне алып келеді, нәтижесінде аэробты микроағзалардың тыныс алу процесі бұзылады.

Тазарту құрылғысының әртүрлі нүктелерінен күн сайын алынатын су сынамалары зауытта қолданылатын мониторинг бағдарламасы бойынша талданды. Талдау нәтижелерінің интерпретациясы есептелген ШРК нормативтік мәндерімен, зауытқа жергілікті органдар белгілеген шығарындылар нормаларымен, айналым жүйелерінің және қосымша судың нормаларымен салыстыру арқылы жүргізілді. Сонымен қатар, алынған деректер тазарту құрылғылары жүйесіне кіретін әдістердің тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді (кесте 11).

Кесте 11. Жекелеген ластағыштар бойынша тазарту тиімділігі

№	Көрсеткіш тер	Жекелеген ластағыштар бойынша тазарту тиімділігі, %				
		Құм ұстағыш мұнайұстағыш	I радиалды тұндырғыштар	Флотатор	Аэротенк	II радиалды тұндырғыштар
1	Мұнай өнімдері	89,5±0,5	45,8±0,5	64,8±1,5	34,4±0,5	56,6±0,5
2	Механикалық қоспалар	92,8±1,2	42,4±0,5	57,9±0,5	-	96,4±1,5
3	ОХҚ	34,8±1,5	23,0±1,5	5,1±0,5	25,7±0,5	35,2±1,5
4	ОБҚ ₅	44,5±1,5	27,6±2,3	8,6±1,5	23,0±1,9	35,3±0,5
5	Фенол	86,5±0,5	29,4±2,1	57,9±1,2	90,3±2,5	86,3±1,5

Сонымен, ШМӨЗ ағынды суларының құрамын зерттеу нәтижелері флотаторлардың мұнай өнімдері мен қалқыма заттарды жою тиімділігі жеткіліксіз екенін көрсетті. Бірінші кәріз жүйесінде тазартылған судың сапасы негізгі көрсеткіштер бойынша тек қоршаған ортаға шығарындылар талаптарына ғана емес, сонымен қатар айналым жүйелеріндегі және қосымша суларға қойылатын талаптарға да сәйкес келмейді.

3.2 Ағынды сулардың микрофлорасы

Белсенді тұнба микрофаунасының сапалық құрамы аэротенктердің жақсы жұмыс істеуін, биотазалауға жіберілетін ағынды сулардағы улы заттардың шектік рұқсат етілген көрсеткіштерінің сақталуын және судағы еріген оттегінің жеткілікті шоғырын көрсетеді [172]. Белсенді тұнбаның құрамы түрлі климаттық аймақ және белгілі бір кәсіпорын үшін өте ерекше, ол әртүрлі факторлардың әсерінен қалыптасады. Сондықтан тазарту қондырғыларының жұмысындағы бұзылуларды тезірек және дәлірек анықтау үшін берілген кәсіпорынның ағынды суларын тотықтыратын белсенді

тұнбаның биоиндикатор-ағзаларын оқшаулау маңызды болып табылады [173].

Қоршаған ортаның өзгерістеріне алғашқы болып реакция білдіретін тұнбадағы жабысқан формадағы инфузорийлер және де кейбір еркін жүзіп жүретін инфузорийлер (*Aspidisca turrida*, *Aspidisca linceus*, *Bursaria trunscatella*, *Euplotes patella*, *Prorodon teres*) болатыны анықталды [174]. Олар ағынды сулардың химиялық құрамының өзгеруіне (азот, фосфор, мұнай өнімдері, еріген оттегі мөлшерінің, рН және т.б.) әрекет етеді. *Amoeba radiosa*, *Arcella discoedes* амебалар тобы нитрификациясы орнықтырылған аэротенктердің жақсы жұмысы кезінде ғана анықталған [175]. Биоценозда жұмыр құрттардың, аз қылтанды құрттардың, ішекқуыстылардың айтарлықтай мөлшерде болуы тазарту үрдісінің тиімділігінің және судағы органикалық заттардың гидробионтомен биототығуына қажетті еріген оттегінің көп мөлшерінің көрсеткіші болып табылады [176].

Осылайша, белсенді тұнбаның биоценозы әртүрлі таксономиялық топтармен, қауымдастықтармен, өсімдіктер мен жануарлар әлемінің түрлері мен сандық құрамы ағынды сулардағы ластаушы заттардың шоғыры мен аэротенктің жұмыс тәртібіне байланысты өзгереді. Белсенді тұнбаның биоценозы ағынды суларды жалпы тазартудың белгілі бір кезеңдеріне эволюциялық бейімделген, сонымен қатар бір мезгілде жылжымалы реакцияға және қоршаған ортаның өзгертін шарттарына бейімделген бірқатар ағзалардан тұратын күрделі экологиялық жүйе екенін ескере отырып, аэротенктердегі белсенді тұнба ағзалардың – гидробионттардың индикаторлық сипаттамалары негізінде бағаланады [177].

Белсенді тұнба мен ағынды судың тазалану дәрежесінің бір-бірімен тығыз байланысты болғандықтан, зерттеуіміздің 1-нысаны, «Петро Казахстан Ойл Продактс» ЖШС мұнай өңдеу зауытының биологиялық тазалау қондырғыларындағы белсенді тұнбаның микрофлорасын анықтадық.

1 және 2 жүйенің аэротенктеріндегі белсенді тұнбаға жүргізілген гидробиологиялық зерттеулер нәтижесінде ағынды суларды биологиялық тазартудың технологиялық сұлбасының барлық параметрлері сақталған жағдайда, белсенді тұнбалардың тұрақты жұмыс істейтіні анықталды. Сұлбаға сәйкес алынған үлгілерді зерттеу нәтижелері 12-ші кестеде келтірілген.

Кесте 12. Аэротенктің 1 және 2 жүйесінде орын алатын белсенді тұнбалардың гидробионттары

Организмдер түрі	Сапробты сыныптары	Сапробтылық индексі	1 жүйе	2 жүйе
1	2	3	4	5
Тұнбадағы инфузорийлер				
<i>Podophria fixa</i>	P	3,65	+	+
<i>Vorticella convalaria</i>	α	2,9	+	+
<i>Vorticella microstoma</i>	p-i	4,5	+	+

<i>Vorticella alba</i>	p- α	3,5	+	+
<i>Carchesium polypinum</i>	α	2.85	+	+
<i>Vaginicota striata</i>	*	*	+	+
<i>Vaginicota cristalina</i>	*	*	+	+
<i>Tocophria lemnae</i>	*	*	+	-
<i>Campanella umbellaria</i>	α - β	2,5	+	-
<i>Acineta flava</i>	*	*	+	-
<i>Vorticella campanula</i>	β	2.25	+	+
<i>Epistylis diqitalis</i>	o- β	1.5	+	-
<i>Opercularia</i>	*	*	+	-
Еркін жүзетін инфузорийлер				
<i>Chilodonella uncinata</i>	α	3,0	+	+
<i>Aspidisca costata</i>	α	2,8	+	+
<i>Euplotes patella</i>	β	2,2	+	+
<i>Stentor polymorphum</i>	β	2,25	+	-
<i>Stylonychia mytilus</i>	α	2,9	+	+
<i>Stylonychia pustulata</i>	β	2,0	+	+
<i>Bursaria truncatella</i>	β	2,1	+	+
<i>Glaucoma scintillans</i>	p-i	4,5	+	+
<i>Coleps hirtus</i>	α - β	2,4	+	+
<i>Lionotus cignus</i>	β	2	+	-
<i>Holophrys nigricans</i>	β	2,5	-	+
<i>Hemiohris pleurosigma</i>	α - β	2,5	+	+
<i>Stentor coeruleus</i>	α	2,8	-	+
<i>Spirostomium ambiguum</i>	α	3	+	+
<i>Paramecium caudatum</i>	α	3,3	+	+
<i>Paramecium bursaria</i>	β	2,3	+	+
<i>Tetrachinema poriphormum</i>	p-i	4,5	+	+
<i>Pleuronema coronatum</i>	β	3	+	+
<i>Tachisoma pelionella</i>	p-i	3,05	+	+
<i>Colpoda colpidium</i>	p-i	4,15	+	-
<i>Oxytricha fallax</i>	α	5,0	+	+
<i>Prorodon teres</i>	α	2,3	+	+
<i>Lionotus fasciola</i>	α	3,0	-	+
<i>Lionotus lamella</i>	β	2,2	-	+
<i>Aspidisca turrita</i>	β - α	2.5	+	-
<i>Aspidisca lynceus</i>	α	2.9	+	-
<i>Amphileptus claparedei</i>	α	2.8	+	-
Тамыраяқтылар				
<i>Actynophrys sol</i>	α - β	2,5	+	+
<i>Euglypha ciliata</i>	β	1,7	+	+

<i>Amoeba proteus</i>	β	2,2	+	+
<i>Amoeba radiosa</i>	P	4,0	+	+
<i>Vahklamphia limax</i>	p-i	3,65	+	-
<i>Pamphagus mutabilis</i>	β	1,7	-	+
<i>Pelomixa polustrys</i>	P	4,0	-	-
<i>Diplophrys archeri</i>	β - α	2.4	-	-
<i>Amoeba limax</i>	β	2,2	+	+
Талшықтылар				
<i>Oicomonas socialis</i>	α -m	5,65	+	+
<i>Bodo lens</i>	α	3,0	+	+
<i>Bodo ovalus</i>	P	3,9	+	-
<i>Monas vulgaris</i>	M	5,9	+	-
<i>Petalomonas pusilla</i>	α	3,0	+	+
<i>Cladonema laxum</i>	β	2,0	-	-
<i>Trepomonas rotans</i>	M	5.9	+	-
<i>Astania linearis</i>	α	3.0	+	-
<i>Monas vivipara</i>	P	4.0	-	-
<i>Catadinium vorticella</i>	α	2.9	-	-
<i>Bodo saltans</i>	α	3.15	-	-
Зымырықтар (коловатки)				
<i>Eosphora najas</i>	o- β	1,5	+	+
<i>Rotaria citrina</i>	O	0,9	+	+
<i>Habrotroha reclusa</i>	O	1,0	+	+
<i>Otostephanos annulatus</i>	x-o	0,4	+	+
<i>Nottomata ansata</i>	O	1,0	+	+
<i>Embata camensa</i>	α - β	2,45	-	+
<i>Mniobia armata</i>	O	1,2	-	-
<i>Brachionus quadridentatus</i>	β	2,0	-	-
<i>Nottomata saccigera</i>	o- β	1.0	+	-
<i>Colledina sp.</i>			+	+
Тармақтылар				
<i>Euciclopes serrulatus</i>	o- β	1.85	-	-
<i>Cladocera sp</i>			-	+
Ескекақты шаяндар				
<i>Cyclops strenuus</i>	β - α	2.25	+	-
<i>Acanthocyclops bicuspidatus</i> CLAUD, <i>copepodii</i>	O	1.15	+	-
<i>Cyclops strenuus FISCHER,</i> <i>metanauplius</i>	β - α	2,25	-	-
Азқылтанды құрттар				
<i>Aelosoma tenebrarum</i>	β	2.0	+	+

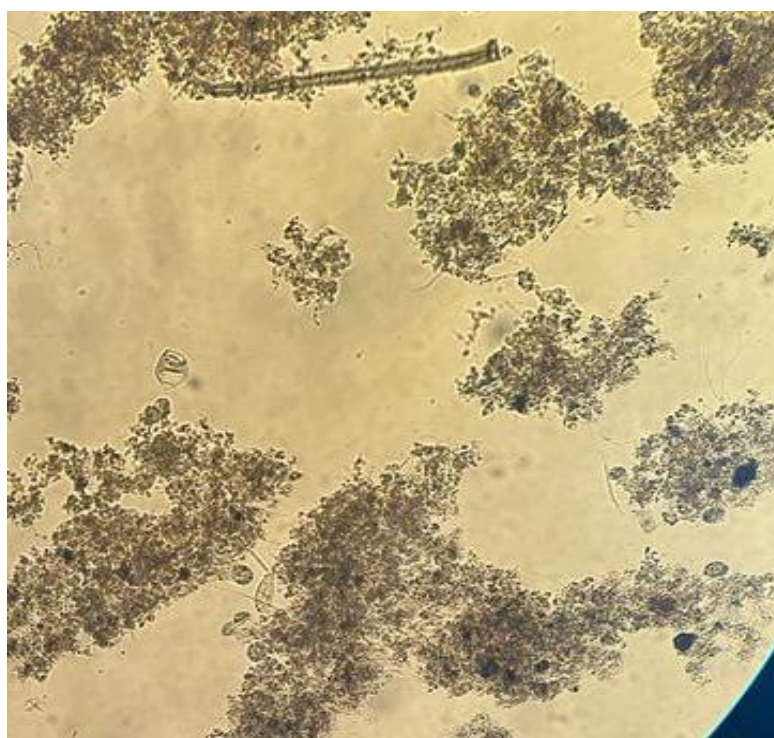
<i>Haetonotus maximus</i>	о-β	1.4	+	+
Жұмыр құрттар				
<i>Nematoda sp</i>	о-р	1.55	+	+
<i>Hidra sp</i>	о-β	1.5	+	+
Балдырлар				
Көк-жасыл				
<i>Oscillatotia chlorina</i>	Р	3.8	+	+
<i>Oscillatotia subtilisima</i>	α	4.3	+	-
Жасыл				
<i>Spirogira porticalis</i>	о-β	1.4	+	+
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	β	2.0	+	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	β	2.0	+	+
<i>Scenedesmus bijugatus</i>	β	1.9	+	+
<i>Ulothrix tenerima</i>	β	1.85	+	+
<i>Stigeoclonium tenue</i>	α-β	2.6	+	+
<i>Coelastrum microporum</i>	β	2.0	+	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	α	3.6	+	+
<i>Cladofora glamerata</i>	β	1.65	-	-
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	α-β	2.35	-	+
<i>Ulotrix zonata</i>	О	1.1	+	-
Диатомды				
<i>Navicula gracilis</i>	о-β	1.65	+	+
<i>Pinnularia viridis</i>	β	2.1	+	+
<i>Pinnularia appendiculata</i>			-	-
Эвгленалар				
<i>Astasia quartana</i>	α-р	3.5	+	+
<i>Phacus pleuronectes</i>	α-β	2.4	+	-
<i>Euglena intermedia</i>	о-α	2.05	-	-
<i>Euglena acus</i>	β-α	1.8	-	-
Бактериялар				
<i>Zoogloea ramigera</i> ITZIGSONH	р-і	4.65	+	+
<i>Zoogloea uva</i> KOLKWITZ	р-і	4.4	+	+

Ескерту: * сапробты сыныптар анықталмаған; + табылған; - табылмаған.

Зерттеу үлгілерінің морфологиялық, микроағзалардың дақылдық қасиеттері бойынша басымдылығы жоғары гетеротрофты микроағзалардың келесі туысты өкілдері – жабысқан формадағы инфузорийлерден *Carchesium polypinum*, *Campanella umbelaria*, *Vorticella companulla*, *Vorticella microstoma*, еркін жүзетін инфузорийлерден *Glaucoma scintillans*, *Oxytricha fallax*, *Aspidisca turrita*, тамыраяқтылардын *Amoeba limax*, талшықтылардан *Astania*

linearis құралады. Күкіртті жіпшелі бактериялар - *Beggiatoa alba*, энтеробактерия туысы – *Enterobacter sp* түрінен тұрды.

Beggiatoa alba күкірт бактериялары - субстрат бойымен қозғалатын ақ қозғалмалы жіптерге ұқсайды. Таза күкірт көздерінде кездесетін күкірт бактерияларының өмір сүруінің қажетті шарты-полисапробты аймақта көп жиналатын күкіртсутектің болуы [178]. Қарқынды көбею барысында *Beggiatoa alba* түрлері тез өсіп, жайылып кететін үлкен ақ қабықшаларға айналады. Микроскоптың шамалы ұлғаюымен *Beggiatoa alba* жіптерін, олардың ішіндегі күкірт дәндерін және олардың тән қозғалысы жақсы көрінеді (сурет 5).



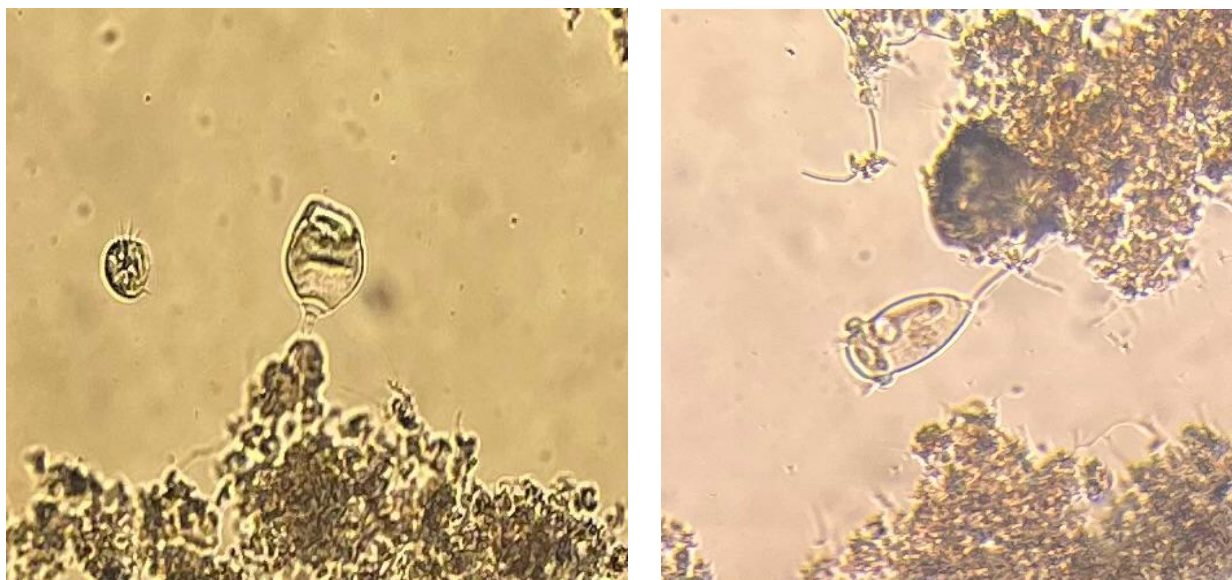
Сурет 5- *Beggiatoa alba* штаммының микроскопиялық көрінісі

Hyalodiscus limax - денесі диск немесе амеба тәрізді, ені әдетте ұзындығынан үлкен. Орталықта түйіршікті масса барлық жағынан қоршалған немесе тек алдыңғы және екі бүйір жалпақ гиалинді шекарасы бар. Қозғалыс кезінде дене ролик тәрізді домалайды. Кейде гиалоплазма шетінен жіңішке жиек тәрізді өсінділер түзеді [179].

Aspidisca turrida- шамамен 60 номиналды морфоға тән түрлерден тұрады, *Euplotida*-ның екінші үлкен тұқымы. Олар сопақ пішінді дене сияқты жоғары мамандандырылған морфологиялық белгілерге ие; іштің қатты, әдетте тегістелген беті; қисық доральді жағы (әдетте ойықтары және / немесе жоталары бар); екі бөлікке бөлінген аймақтары бар, алдыңғы жағы сүйірленген, ал артқы жағы басқа *Euplotida* таксондарына ұқсас доғалданған; әдетте қиғаш қатарда орналасқан бес күшті көлденең антенналар; және

жасушаның алдыңғы вентральды бөлігінде үнемі орналасқан жеті (сирек сегіз) фронтовентральды түктері бар .

Vorticella microstoma - субстраттарға жабысатын жіпшелері бар қоңырау тәрізді кірпікшелер тұқымдасы (сурет 6). Денесі қоңырау тәрізді, оның алдыңғы ұшы шұңқыр тәрізді кеңейіп, үш фибрилляциялық мембрананың паротит королласымен шектесетін циррус деп аталады. Дене жиырылған кезде жіпшесі де жиырылып, спираль түрінде бұралады. Кішкентай және үлкен қарапайымдылармен қоректенеді [180].



Сурет 6 -*Vorticella microstoma* микроскопиялық көрінісі

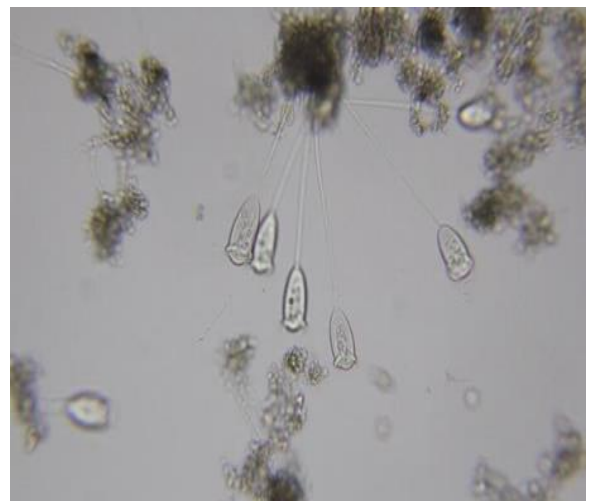
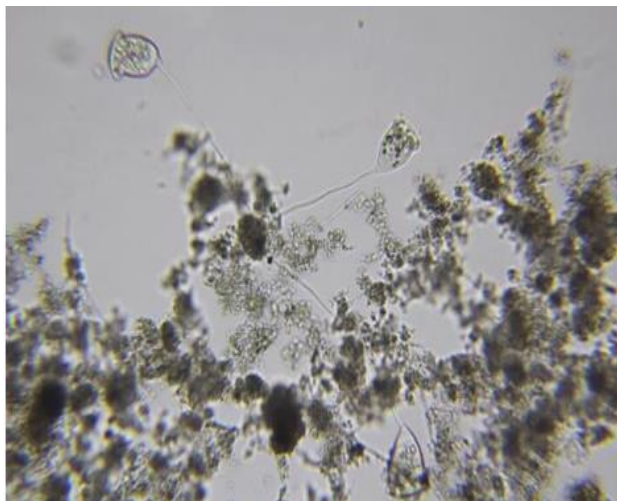
Аэротенктер жұмыс тәртібінің бұзылуы кезінде ағынды сулар мөлдір күңгірт түске ие болады, тұнба ұсақталады немесе жоғалады, су бетінде тотықсызданған беттік белсенді заттардың әсерінен майлы дақтар немесе тұрақты көбік байқалады.

Келесі зерттеу нысаны «Су Ресурстары - Маркетинг» ЖШС Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларын тазарту мекемесінің белсенді тұнбасының құрамы болды. Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларын тазарту мекемесі Қазақстандағы озық әрі бірегей тазалау қондырғылары бар орындардың бірі. Тазалау мекемесінде жалпы үш аэротенк бар (сурет 7).



Сурет 7 - Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларын тазарту мекемесі

Зерттеу барысында белсенді тұнбада жалпы 66 ағзаның түрі анықталды. Оның ішінде 47 түрі біржасушыларға, 19 түрі көп жасушалы ағзаларға жатқызылды. Анықталған тірі ағзалардың басым бөлігі кірпікшелілердің *Aspidisca*, *Epistylis* және *Vorticella* туыстарына, амебаның *Centrapyxis* туысына тиесілі болды.



Сурет 8- Жабысқан формадағы инфузорийлер

Белсенді тұнбада тірі ағзалардың келесі топтары: талшықтылардан *Bodo globulus*, *B.putrinu*, *B.saltans*, еркін жүзетін кірпікшелілерден *Chilodonella uncinata*, *Coleps hirtus*, *Aspidisca costata*, *A.lynceus*, *A.sulcata*, *A.turrita*, жабысқан формадағы инфузориерден *Carchesium batoligetiense*, *Epistylis bimarginata*, *E.picatilis*, *E.surceolata* түрлері анықталды (кесте 13).

Кесте 13. Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларын тазарту мекемесінің белсенді тұнбасының құрамы

Организмдер түрі	Сапробты сыныбы	Сапробтылық индексі	1 жүйе	2 жүйе
1	2	3	4	5
Талшықтылар				
<i>Peranema sp.</i>	P	3,65	+	+
<i>Bodo globosus</i>				
<i>B. putrinus</i>	p-i	4,5	+	+
<i>B. saltans</i>	p-α	3,5	+	+
<i>Oicomonas socialis</i>	α	2.85	+	+
Саркомастигофоралар				
<i>Oicomonas socialis</i>	*	*	+	+
<i>A. proteus</i>	*	*	+	-
<i>Arcella vulgare</i>	α-β	2,5	+	-
<i>Centropyxis aculeate</i>	*	*	+	-
<i>C. minor</i>	β	2.25	+	+
<i>C. plagiostoma</i>	o-β	1.5	+	-
<i>Euglypha acantophra</i>	*	*	+	-
Инфузорийлер				
<i>Chilodonella uncinata</i>	α	3,0	+	+
<i>Coleps hirtus</i>	α	2,8	+	+
<i>Leptopharynx costatus</i>	β	2,2	+	+
<i>Porodon sp.</i>	β	2,25	+	-
<i>Litonotus fasciola</i>	α	2,9	+	+
<i>Stylonychia pustulata</i>	β	2,0	+	+
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	β	2,1	+	+
<i>Aspidisca costata</i>	p-i	4,5	+	+
<i>A. lynceus</i>	α-β	2,4	+	+
<i>A. sulcata</i>	β	2	+	-
<i>A. turritata</i>	β	2,5	-	+
<i>Epistylis bimarginata</i>	α-β	2,5	+	+
<i>E. plicatilis</i>	α	2,8	-	+
<i>E. polenici</i>	α	3	+	+
<i>Opercularia curvicaula</i>	α	3,3	+	+
<i>O. phryganeae</i>	β	2,3	+	+
<i>Vorticella alba</i>	p-i	4,5	+	+
<i>V. aeguliata</i>	β	3	+	+
<i>V. conica</i>	p-i	3,05	+	+
<i>V. convolvularia</i>	p-i	4,15	+	-
<i>V. picta</i>	α	5,0	+	+

<i>V. submicrostoma</i>	α	2,3	+	+
<i>Rabdophria sp</i>	α	3,0	-	+
<i>Podophria carchesii</i>	β	2,2	-	+
<i>Tokophrya mollis</i>	β - α	2.5	+	-
Зымырықтар				
<i>Habrotroha collaris</i>	o-p	2,5	+	+
<i>Limnias melicerta</i>	o- β	1,7	+	+
<i>Philodina roseola</i>	o-p	2,2	+	+
<i>Ptygura sp.</i>	o- β	4,0	+	+
<i>Rotaria citrina</i>	o-p	3,65	+	-
<i>R. elongata</i>	o- β	1,7	-	+
<i>R. rotatoria</i>	o-p	4,0	-	-
<i>Cephalodella gibba</i>	o- β	2.4	-	-
<i>Lecane arcuate</i>	o-p	2,2	+	+
<i>L. inerpis</i>	o- π	1,7	+	+

3.2.1 *Acidithiobacillus ferrooxidans* темір бактериясының таксономиялық сипаттамасы, анатомиялық-морфологиялық ерекшеліктері

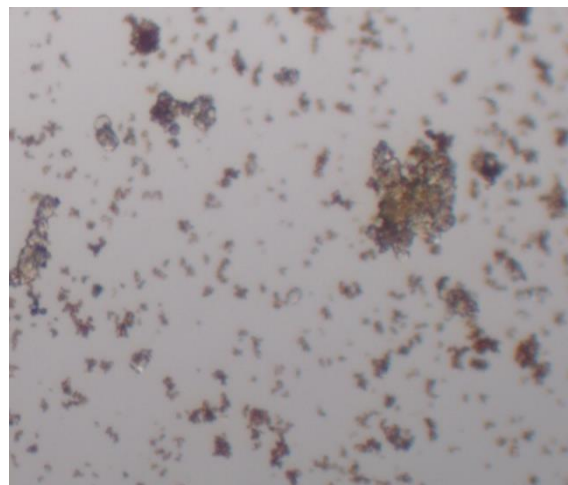
Биохимиялық тазалау әдістерінде әдетте гетеротрофты және автотрофты микроағзаларды пайдаланады. *Acidithiobacillus ferrooxidans* бактерияларының дақылдық сұйықтығын кәсіпорындардың ағынды суларын металл иондарынан және кейбір органикалық ластаушы заттардан тазарту үшін коагулянт ретінде пайдалануға болады.

A.ferrooxidans энергия көзі ретінде Fe^{2+} пайдаланады, сондықтан ортадағы Fe^{2+} концентрациясы бактериялардың көбеюіне әсер етуі мүмкін. Бактериялар екі валентті темірді – үш валентті темірге дейін тотықтыру барысында өзінің зат алмасуына қажетті энергияны алады. Тотықтыру барысында алынған үш валентті темірді ағынды суды тазалауда биокоагулянт ретінде пайдалану мүмкіндігі бар. *A.ferrooxidans* темір бактериялары қышқылды орта жағдайында темірді тотықтыра алады. Қолайлы орта жағдайында екі валентті темірдің бактериялық тотығу жылдамдығы, химиялық тотығу жылдамдығына қарағанда 100-400 мың есе жоғары. Бактериялардың көбеюін қамтамасыз ететін Fe^{2+} минималды мөлшері – 125 мг/л, ал оңтайлы концентрациясы - литріне 9,8 грамм болып табылады [181].

A.ferrooxidans темір бактериясы 10-дан 40°C-қа дейінгі температурада өсе алады, бірақ өсу үшін оңтайлы температура шамамен 30°C. Себебі бұл температурада темірдің тотығу жылдамдығы жоғары болады. Темір бактериялардың қышқылды ортада тіршілік етіп көбеюіне байланысты, темірді биохимиялық тотықтыруы үшін оңтайлы рН орта $2\pm 0,5$. *A.ferrooxidans* – аэробты микроағза болғандықтан, темірді тотықтыру процесі үшін оттектің мөлшері жеткілікті деңгейде болуы қажет.

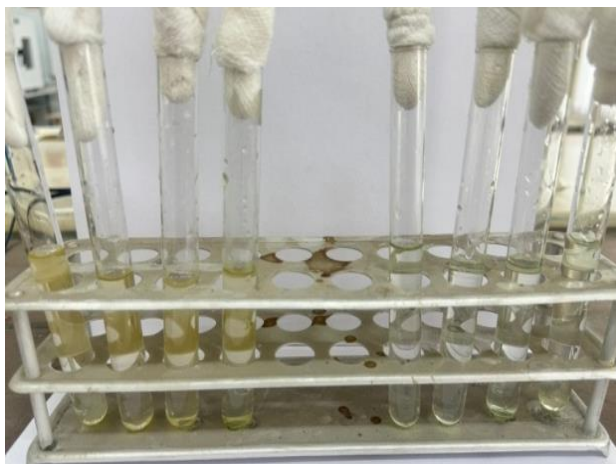
Зерттеу барысында хемотрофты бактериялардың *A.ferrooxidans Ach 1* штамы оқшаулап дақылдандырылды.

Микроскопиялық зерттеулер нәтижесінде алынған штаммның тионды бактерияларға жататындығы анықталды. *Acidithiobacillus* туысының өкілдерінің жасушалары грамтеріс, пішіні таяқша тәрізді, мөлшері 0,3-0,4×0,7-1,7 мкм, полярлы талшықтары арқылы қозғалады (сурет-9). Спора түзбейді, аэробты. Оптималды температурасы +30...+35 °С. Жасушалары көлденеңнен бөліну арқылы көбейеді. Тотығу процестерінде екі валентті темірді үш валентті темірге айналдырады. Молекулярлы күкіртті және оның қосылыстарын, ауыр металл сульфидтерін тотықтыруға қабілетті. 9К қоректік ортасында дақылданды. Дақылдану ұзақтығы 4 тәулік.



Сурет 9 – *Acidithiobacillus ferrooxidans Ach1* штамының жарық микроскобында көрінісі

ДНҚ-дағы Г+Ц мөлшері 48-68 моль.% аралығында болады. Бактериялардың титрі 10^7 - 10^8 кл/мл. Тионды бактериялардың өсуін, сұйық ортаның түсінен байқадық. Сұйық қоректік орта алдымен мөлдір түсті, кейіннен үш валентті темірдің пайда болуына байланысты қызғылт қоңыр түске айналды. Сұйық қоректік ортада күкіртпен бірге біркелкі бұлыңғырлық болды, ал ортаның қышқылдық деңгейі – рН 4.0-4.5-ге дейін көтерілді (сурет-10).



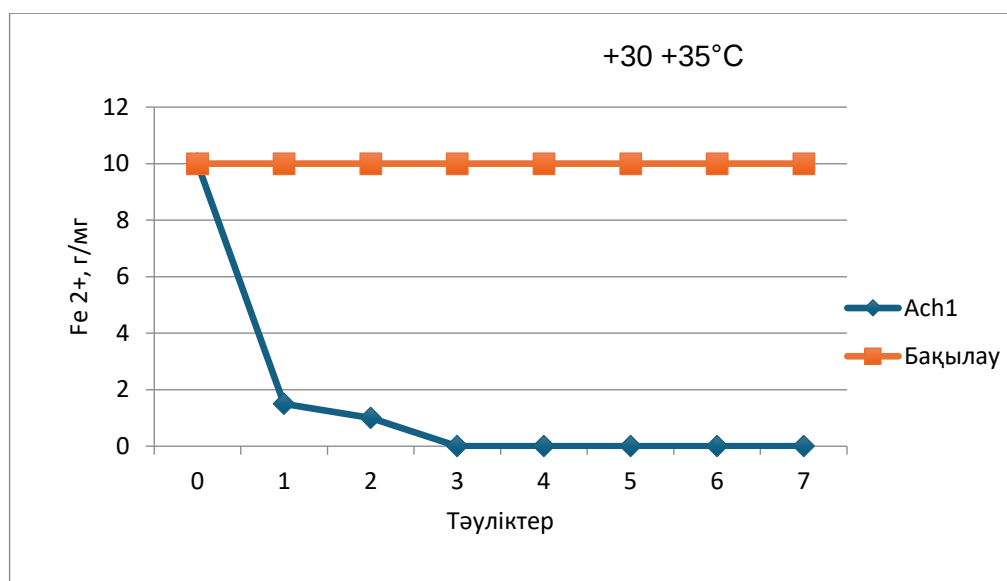
Сурет 10 – Сұйық қоректік ортада темір бактерияларының дамуы

ПТР талдау нәтижесінде штамдардың *A.ferrooxidans* түріне жататындығы анықталды. Нуклеотидтер тізбегі:

AGAGTTTGGATCCTGGCTCAGATTGAACGCTGGCGGCAGGCCTAAC
ACATGCAAGTCGAGCGGCAGCGACATAATAGAAGCTTCGGTGGAAATTA
TGGGCGGCGAGCGGCGGACGGGTGAGTAATGCCTGGGAATATGCCCTGA
TGTGGGGGATAACTATTGGAAACGATAGCTAATAACCGCATAATCTCTTCG
GAGCAAAGAGGGGGACCTTCGGGCCTCTCGCGTCAGGATTAGCCCAGG
TGGGATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGGCTCACCAAGGCGACGATCCCT
AGCTGGTCTGAGAGGATGATCAGCCACACTGGAAGTGAAGACACGGTCC
AGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTGGGGAATATTGCACAATGGGGGAAA
CCCTGATGCAGCCATGCCGCGTGTATGAAGAAGGCCTTCGGGTTGTAAA
GTACTTTTCAGCAGTGAGGAAGGGGTGTACGTTAATAGCGTGCATCTTTG
ACGTTAGCTGCAGAAGAAGCACCGGCTAACTCCGTGCCAGCAGCCGCG
GTAATACGGAGGGTGCGAGCGTTAATCGGAATTACTGGGCGTAAAGCGC
ATGCAGGCGGTCTGTAAAGCAAGATGTGAAAGCCCGGAGCTTAACCTCG
GAACAGCATTTTGAAGTGGCAGGCTAGAGTCTTGTAAGAGGGGGGGTAGAA
TTTCAGGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGATCTGAAGGAATACCGGTGG
CGAAGGCGGCCCCCTGGACAAAGACTGACGCTCAGATGCGAAAGCGTG
GGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCGTAAACGATGT
CTACTTGGAGGTTG

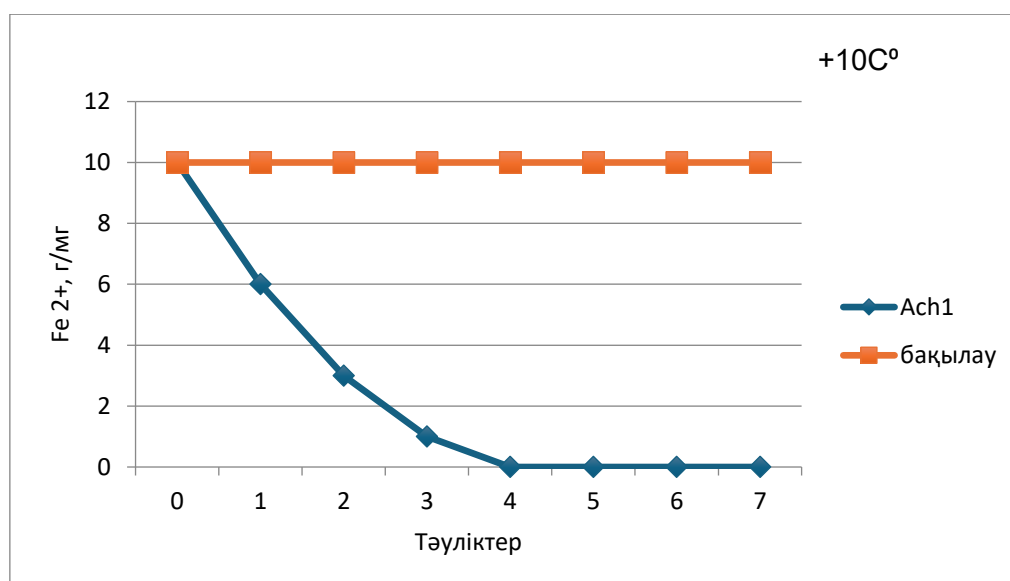
ПТР сараптама нәтижесінде NR 115487:59-778 *Thiobacillus ferrooxidans* A1 жақын штамымен сәйкес гомологиялық ұқсатығы 99,1% құрады.

A. ferrooxidans Ach 1 бактериялық штамының белсенділігі екі валентті темірдің – үш валентті темірге дейін биологиялық тотықтыру жылдамдығына байланысты. *A.ferrooxidans* Ach 1 бактериясының темірді тотықтыру жылдамдығы: +5 С°; +10С°; +30...+35 С° 3 түрлі температуралық режимде зерттелді. Түрлі температура жағдайында темірдің бактериялармен тотығу жылдамдығын зерттеу нәтижесінде оңтайлы температура +30° +35°С екендігі анықталды. *A.ferrooxidans* Ach 1 бактериялық штамының Fe²⁺ тотықтыру жылдамдығы сағатына 0,5 ± 0,1 г/л құрап, екі валентті темірдің бастапқы мөлшерінен 1- тәулікте 5,5 есеге, ал 2-тәулікте 6 есеге төмендеді (сурет 11).



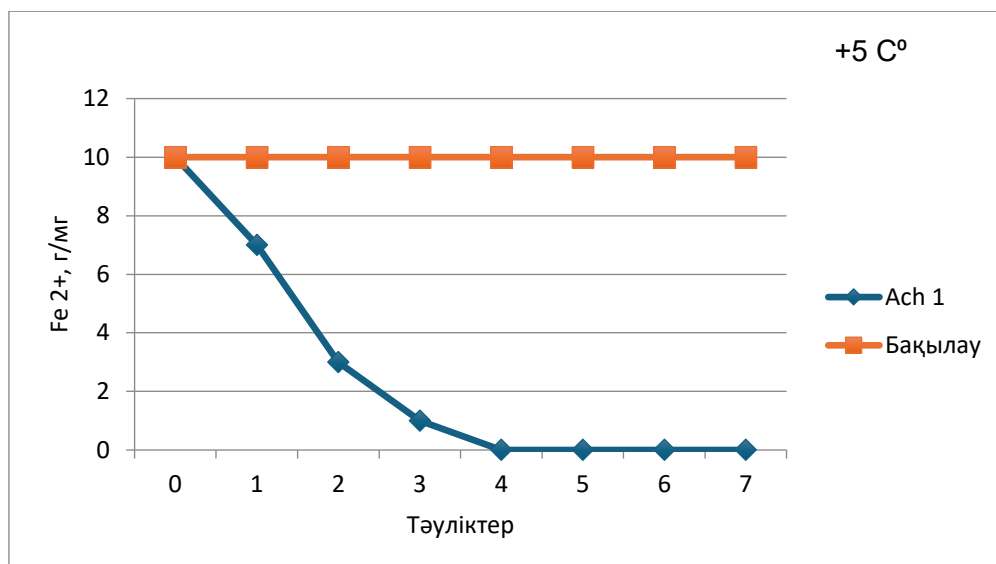
Сурет 11 – *A.ferrooxidans Ach1*штамының екі валентті темірді +30°+35°C температурада тотықтыру динамикасы

A.ferrooxidans Ach 1 штаммы - температураны +10°C–ге дейін төмендеткенде екі валентті темірді тотықтыру жылдамдығы бастапқы концентрациядан 3 күнде 3 есеге төмендегені анықталды, темірдің тотығу жылдамдығы сағатына 0,1 г/л құрады (сурет 12).



Сурет 12 – *Ach1* штаммының екі валентті темірді +10°C температурада тотықтыру динамикасы

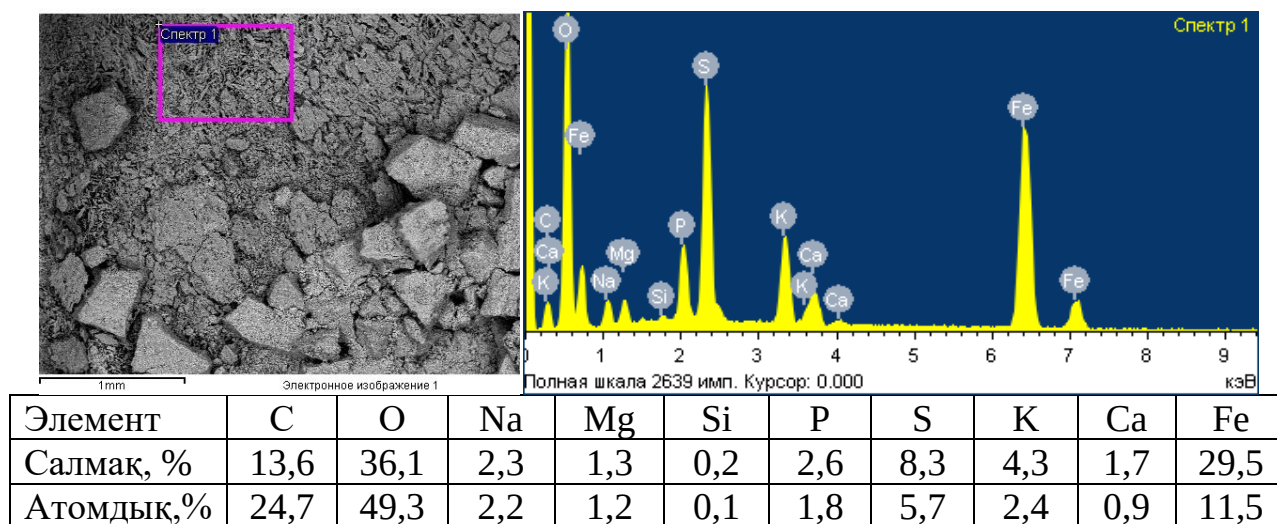
A. ferrooxidans Ach 1 штаммының - температураны +5°C –ге дейін төмендеткенде екі валентті темірді тотықтыру жылдамдығы сағатына 0,1 г/л құрады. +5°C ± 0,5 температурада бактериялар 3-тәуліктен кейін белсенділігін жоғалтты (сурет 13).



Сурет 13- *A.ferrooxidans Ach1* штаммының екі валентті темірді +5°C температурада тотықтыру динамикасы

A.ferrooxidans Ach1 штаммының екі валентті темірді тотықтыру дәрежесін УК/көрінетін CARY50 аймағының сканерлік спектрофотометрмен талдау нәтижесінде, сынамалардың құрамында екі валентті темірдің мөлшері азайғандығы анықталды. Темірді биохимиялық тотықтыру процесі +30°C температурада, үздіксіз аэрациялау режимінде, рН 2±0,5 ортада жүргізілді. Үлгілердің құрамындағы екі валентті темірдің бастапқы мөлшері 44,2 г/л болса, берілген көрсеткіштерге байланысты *A.ferrooxidans Ach 1* бактерияларының тіршілік әрекетінің әсерінен екі валентті темірдің биохимиялық тотығуының нәтижесінде орташа мәні 0,2±0,1 мг/л-ге дейін төмендегені анықталды.

Үлгілердің микроқұрылымын зерттеу барысында, сандық және сапалық талдауға алынған спектрлердегі элементтердің салмақтық және атомдық мөлшерлері анықталды. Қалдық бөлшектерінің көрінетін кеңістіктегі микросуретінде полидисперсті түйіршіктер электростатикалық күштердің де, коагуляциялық байланыстардың да әсерінен ұсталатын полиминералды фазалардың микроагрегаттары болып табылады. Үлгінің элементтік талдауы микроэлементті микроскопта жүргізілген спектрлік нәтижелері 14 суретте келтірілген.



Сурет 14 - Темір бактерияларының микросуреті және энергодисперсиялық элементтік құрамы (спектр 1)

Микроағзалардың патогендігін анықтау үшін жүргізілген зерттеудің нәтижесінде бактериялардың ауру тудырмайтынын және қауіптілік деңгейінің 1-класына жататындығы анықталды.

Сонымен, жүргізілген зерттеулер нәтижесінде микроағза штамдарымен екі валентті темірдің биологиялық тотығу процесінде температуралық фактордың айтарлықтай ықпал ететіндігі анықталды. Әр түрлі температуралар диапазонында зерттеу барысында оңтайлы температура +30 +35°C болып табылды. *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. Микроағзалардың темірді биохимиялық тотықтыру процесі үшін қажетті температура +5°C –ден төмен болмауы керек екендігі анықталды. Себебі, көрсетілген температура режимінде бактериялар өз белсенділігін 3 тәуліктен соң тоқтатты. *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 [182]. *Acidithiobacillus ferrooxidans* штамының ПТР талдамасы Путра Малайзия Университетінде сынақтан өткізілді (Қосымша Ә).

3.3 Хемотропты микроағзаларды кәсіпорындардан шыққан ағынды суларды тазартуда пайдалану

3.3.1 Сүт құрамды модельдік ерітіндіні тазарту үшін *Acidithiobacillus ferrooxidans Ach 1* бактериялық суспензиясын биокоагулянт ретінде қолдану мүмкіндігі

Шымкент қаласында шамамен 15 түрлі сүт өңдейтін кәсіпорындар бар, ал 2000 жылдардың басынан бастап өндіріс көлемі жыл сайын 15-20% өсіп келуде. Бұл саланың кәсіпорындары тұщы судың ең алпауыт тұтынушыларының бірі болып табылады және өндірістік үрдістер барысында тасталатын ағынды сулар жоғары концентрлі болып саналады. Ағынды сулардың көлемі алынатын өнімнің ассортименті мен айналмалы жүйелердің (салқындату және конденсатты жинау) болуына байланысты өңделген сүттің 1-6 л/л құрайды [183].

Сүт өңдеу зауыттарының ағынды суларының негізгі ерекшеліктері:

- органикалық ластаушы заттардың жоғары мөлшері (ОХҚ, ОБҚ, майлар);
- ағынды сулардың шығымының тәуліктік және маусымдық біркелкі еместігі;
- ластаушы заттар шоғырының өзгеруі.

Сондай-ақ, өндірісте табиғи өнімдермен қатар әртүрлі тағамдық қоспалар, эмульгаторлар, тұрақтандырғыштар, консерванттар, сонымен қатар дезинфекциялық және жуғыш заттар, бояғыштар және т.б. белсенді түрде қолданылады.

Ағынды сулар құрамында қалқымалы заттардың көп болуымен сипатталады, оның 90% органикалық жаратылысты. Олардың шоғыры негізінен технологиялық үрдіс барысында шикізат пен сүт өнімдерінің жоғалуымен, сүзбе кесектерімен, сүт пленкасымен, казеинмен, шартталған.

Минералды текті қоспаларға технологиялық жабдықтарды, ыдыстарды, үй-жайларды жуу кезінде кәріз жүйесіне түсетін топырақ, құм, сілті ерітінділері жатады.

Сүт зауыттарының ағынды сулары тұрақсыз құрамды су болғандықтан, ОХҚ және ОБҚ мәндері кең ауқымда ауытқиды және сүт зауыттары үшін орташа есеппен 1200-1400 мг/л, козеин, қаймақ және сүзбе өнімдерін өндіру кезінде 2400 мг/л құрайды [184].

Май, майонез, маргарин және т.б. өндіретін зауыттардың ағынды суларының құрамын зерттеу, ағынды суларды тазарту үшін физика-химиялық және биологиялық тазартудың қосарланған әдістерін қолдану оңтайлы екенін көрсетті. Бұл коагуляциядан кейінгі тұндыру немесе флотация болуы мүмкін [185].

Осыған байланысты ағынды суларды тазартудың технологиялық сұлбасы әдетте екі кезеңді қамтиды. Бірінші кезең – физика-химиялық тазарта, ол биологиялық тазалау қондырғыларына немесе жалпы қолданыстағы кәріз желілеріне ағызу талаптарының орындалуын қамтамасыз етеді. Екінші кезең – биологиялық тазарту.

Сүт өндірісі кәсіпорындарының ағынды суларын физика-химиялық тазарту технологиясы келесілерді қамтиды: ірі механикалық қоспаларды аластату; май ұстағыштарда бос және эмульсияланған майларды ұстау; бастапқы ағынды суды реагенттік өңдеу (рН мәнін реттеу, коагулянт және флокулянт енгізу); суспензияны тұндыру немесе флотациялық бөлу; сүзу

немесе центрифугалау арқылы тұнбаны сусыздандыру сатылары. Бұл жағдайда қалқымалы заттар аластатылады, ағынды сусардың лайлылығы 60-70% тиімділікпен төмендейді, алеріген майлар және сүт ақуыздары коллоидтық фазадан бөлінеді (бастапқы шоғырынан шамамен 75%). Оларды қайта өңдеуге жіберуге болады. Жеңіл тотығатын органикалық заттарды алудың салдары, ОХҚ бастапқы мәндерінен 60-65%, ОБҚ мәні 50-55% айтарлықтай төмендеуі болып табылады. Сонымен қатар, реагенттік өңдеу азот мазмұнының 30-40% фосфаттардың 70-80% төмендеуіне алып келеді.

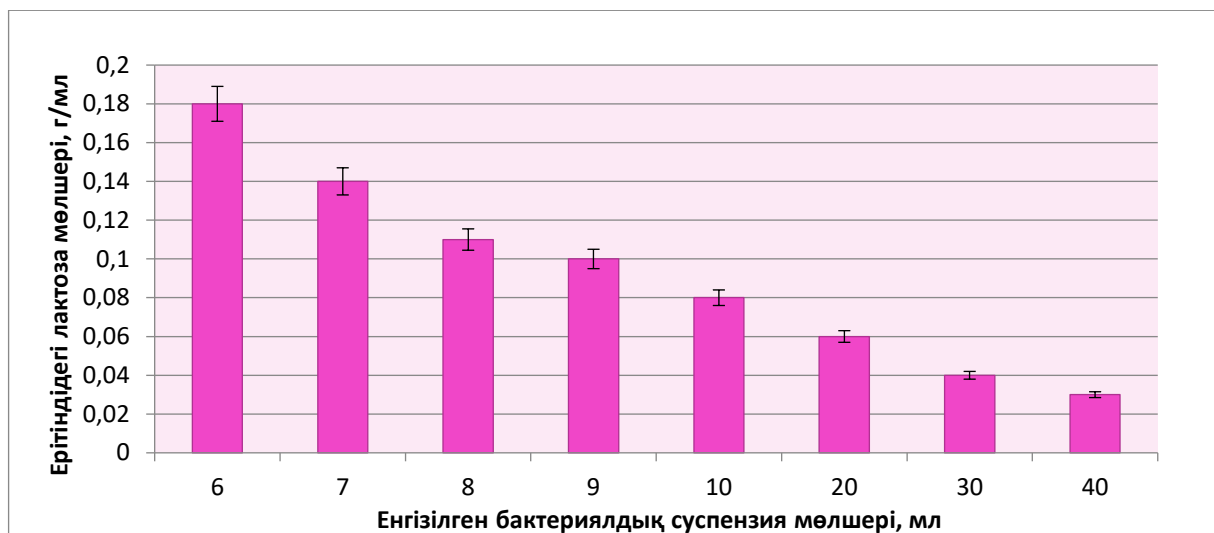
Ағынды суларды майлы ластаушы заттардан алдын ала тазарту үшін коагулянтты енгізі тиімді екені анықталды. Бұл жағдайда коллоидтар зарядының бейтараптануына қол жеткізіледі, жүйенің тұрақтылы бұзылады, ластаушы заттар коагулянттық жарнақтарда сорбцияланады және сұйықтықтан бөлінеді. Коллоидты жүйелердің дисперсті фазасының бөлшектері, негізінен ақуызды ластаушылар зарядқа ие, гидратациялық қабыршықпен қоршалған және әдеттегі тұндыру мен флотация кезінде бөлінбейді. Шөгу кезінде майдың ірі бөлшектері және басқа да суспензиялы заттар бөлінеді. Флотация ұсақ суспензиялы заттарды, эмульсияланған және коллоидты қоспаларды ұстауға мүмкіндік береді. Коагулянттар енгізілген кезде (көп жағдайда алюминий және темір тұздары) фосфор қосылыстары ерімейтін қосылыстарға айналады және тұнбамен бірге тазартылған судан аластатылады [186].

Дегенмен, жоғарыда аталған тазалау әдістерінің бірқатар елеулі кемшіліктері бар, атап айтсақ: олар салыстырмалы түрде ұзақ уақытты, айтарлықтай операциялық шығындар, қолданылатын реагенттердің жоғары құны және қоршаған ортаның екінші реттік ластану мүмкіндігі.

Ағынды сулардағы аз еритін қосылыстар түріндегі ластаушы заттардан тұндыру жолымен тазалау әдісі өндірістерде қолданылатын негізгі әдістердің бірі болып табылады. Балама ретінде биотехнологиялық тазарту әдістерін қолдану тиімді. Осылайша, *A. ferrooxidans* бактерияларының сұйықтығын өнеркәсіптік ағынды суларды металл иондарынан және кейбір органикалық ластаушы заттардан тазалау үшін коагулянт ретінде қолдануға болады.

Белгілі әдістермен салыстырғанда, *A. ferrooxidans* тионды бактерияларын қолдану үрдісі өте жылдам.

Зертханалық зерттеулер нәтижесінде ағынды суларды коагуляциялық тазарту үшін өндірісте қолданылатын үш валентті темір немесе алюминийді құрамында $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ бар *A. ferrooxidans* *Ach 1* бактериалдық суспензиясымен ауыстыруға болатыны дәлелденді. Бұл микроағзалар тионды бактериялар арасында ерекше орын алады, себебі күкірт қосылыстарының тотығуы есебінен автотрофты өсу қабілетінен өзге, ол темірдің тотығу энергиясын да қолдану мүмкіндігіне ие. Бұл жағдайда, тотыққан темір жасушаларда түзілген қандай да бір құрылымдар түзбейді [187].



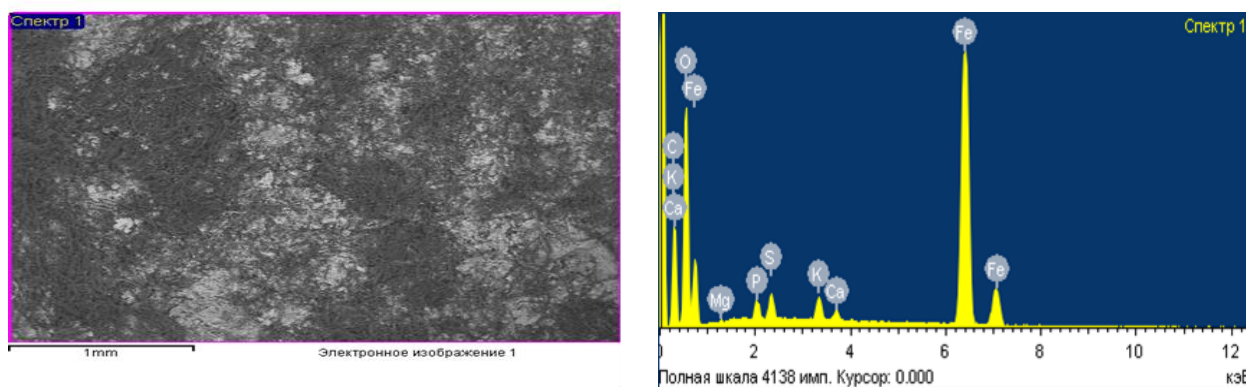
Сурет 15 - Бактериялық суспензияның лактозаның мөлшеріне ықпалы

Модельдік ерітінділерге ерітінді көлемінен 1,0-40,0% мөлшерінде биокоагулянт енгізілді. Биокоагулянтты енгізу нәтижесінде лактозаның мөлшері және ерітінділердегі лайлану дәрежесі секілді көрсеткіштердің төмендеуі орын алды (сурет 15).

Зерттеу нәтижесінде биокоагулянт енгізілмеген бақылау ерітіндісіндегі лактозаның мөлшері 0,46 г/мл екені анықталды. Биокоагулянтты 6% көлемде енгізу нәтижесінде лактозаның мөлшері $39,1 \pm 3,0\%$ -дан биокоагулянт көлемінің 40% енгізу шартында $92,5 \pm 8,9\%$ дейін төмендейтіні орнатылды. Бұл реттегі судың мөлдірлігі сәйкесінше тәжірибелік нұсқаларда $45,5 \pm 4,2\%$ -дан $80,1 \pm 7,9\%$ -ға дейін өсті.

Қол жеткізілген нәтижелер, сүт өңдеу зауыттарының ағынды суларын тазалау үшін *A.s ferrooxidans Ach 1* қолдану кезінде биокоагулянт ретінде бактериалды суспензияның көлемдік мөлшері 40,0 % енгізу ең жоғарғы тиімділікке қол жеткізіледі, бұл жағдайда лактозадан тазалау дәрежесі 92,5% құраса, судың мөлдірлігі 80%. Биокоагуляция үрдісі 6 минут уақыт алады. Зерттеу нәтижелері сүт өңдеу өнеркәсібінде түзілетін ағынды суларды тазарту үшін биокоагулянт ретінде *A. ferrooxidans Ach 1* бактериялық суспензиясын қолданудың мүмкіндігі бар екенін көрсетті [188].

Модельдік ерітіндіге биокоагулянтты енгізудің нәтижесінде түзілген тұнбаның элементтік құрамына талдау жасалынды. Үлгінің элементтік талдауы микроэлементті микроскопта жүргізілген спектрлік нәтижелері 16 суретте келтірілген.



Элемент	C	O	Mg	P	S	K	Ca	Fe
Салмақ, %	30,7	26,9	0,2	0,8	0,9	1,1	0,5	38,9

Сурет 16–Тұнбаның құрғақ қалдығының элементтік құрамы

Талдау нәтижелеріне сүйенсек, үлгінің құрамындағы көміртегі мен оттегі мөлшерінің жоғары болуы, органикалық заттардың немесе биокоагулянттың құрамындағы көміртек негізді қосылыстардың басым екенін білдіреді. Темір мөлшерінің жоғары болуы тұнбада темір оксидтері немесе басқа темір қосылыстарының бар екенін көрсетеді. Бұл нәтижелер биокоагулянттың тиімділігін бағалау үшін маңызды.

Сонымен, зерттеулердің нәтижесінде сүт құрамды модельдік ерітіндіні биокоагуляциялық тазартуда лактозадан тазалану дәрежесі $92,5 \pm 8,9\%$ құраса, судың мөлдірлігі $80,1 \pm 7,9\%$. Биокоагуляция үрдісі 6 минут уақыт алды. Алынған нәтижелер ағынды суларды коагуляциялық тазарту үшін өндірісте қолданылатын үш валентті темір немесе алюминийді - құрамында $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ бар *A. ferrooxidans* Ach 1 бактериалдық суспензиясымен ауыстыруға болатынын дәлелдеді. Сүт құрамды модельдік ерітіндіні тазарту үшін *A. ferrooxidans* Ach 1 бактериалдық суспензиясын биокоагулянт ретінде қолдану мүмкіндігін зерттеу тәжірибелері Адам Мицкеевич атындағы Университетте өткізілді (Қосымша Ә). Сүт құрамды модельдік ерітіндінінің тазартудан кейінгі құрғақ қалдықтың элементтік құрамы ИРЛИП лабораториясында тәжірибеден өткізілді (Қосымша Ә).

3.3.2 Тұрмыстық-коммуналдық ағынды суды биохимиялық тазарту

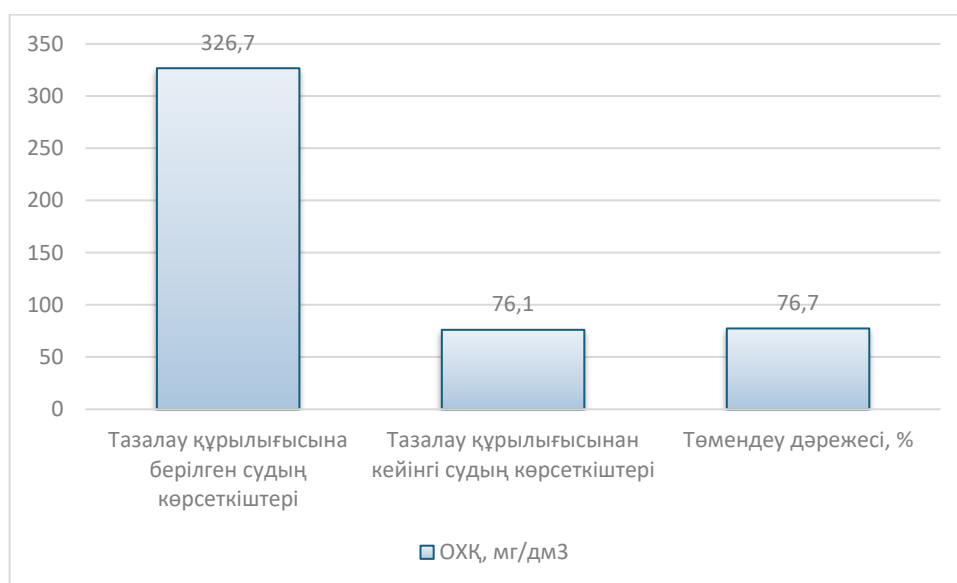
Ағынды суларды тазарту үрдісі бірнеше стандартты сатылардан тұрады:

- механикалық тазарту (түрлі сүзгілерде ірі механикалық қоспаларды сүзіп алып тастау);

- химиялық тазарту (ластанған суларға биокоагулянттар мен ферменттерді қосу арқылы түрлі күрделі қосылыстарды тұнбаға түсіру арқылы бөліп алу);

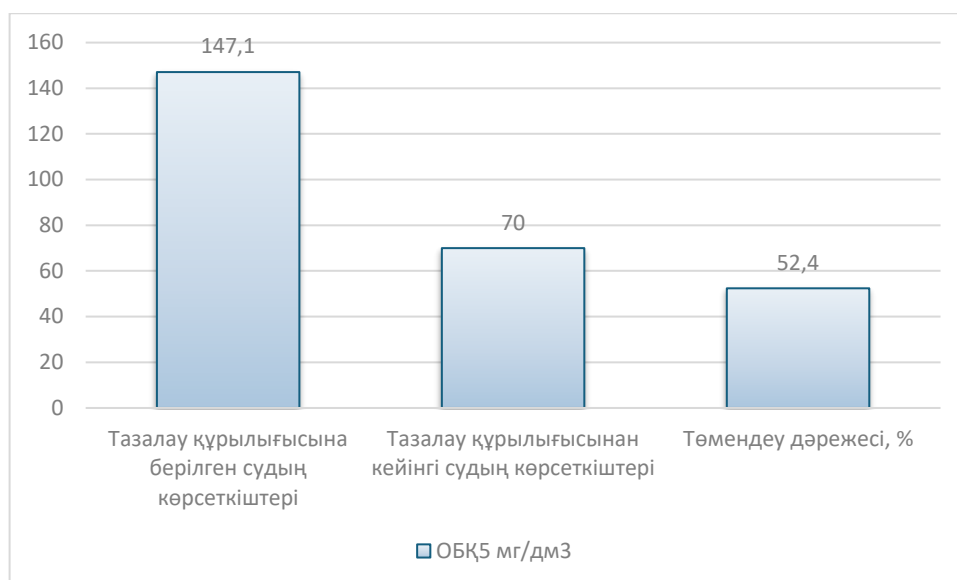
- биологиялық тазарту (ластанған суларды аэротенктерде органикалық қосылыстарды ыдырататын микроағзалар кешенінен тұратын белсенді тұнбаларды және қысымды флотациялық құрылғыларды пайдалану арқылы органикалық заттарды ыдырату);

Әдетте тазарту технологиясының екінші сатысында коагулянт ретінде цеолит, каолин және алюминий сульфаты мен темір қосылыстары қолданылады. Біз зерттеулерімізде кәсіпорындардың ағынды суларын тазалауда, дәстүрлі темір қосылыстардың орнына (FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) бактериалды-химиялық жолмен алынған үш валентті темірді пайдаланамыз. Бұл биокоагуляциялық және биохимиялық әдіс – экологиялық таза, экономикалық тиімді болып табылады. Себебі, дәстүрлі реагенттің орнына тион бактериялары мен темір қалдықтары қолданылады.



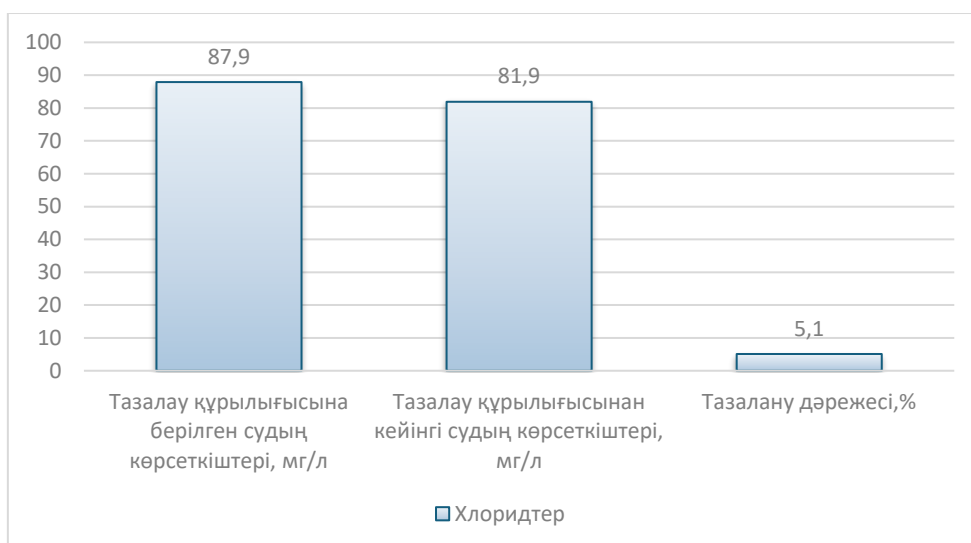
Сурет 17 - *A.ferrooxidansAch 1* бактериялық суспензияның ағынды судың ОХҚ көрсеткішін төмендету дәрежесі

Биокоагулянттардың тиімділігін айқындауға Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларымен тәжірибелік сынақтар өткізілді. Тәжірибеге алынған ағынды судың алғашқы көрсеткіштері ОХҚ- $326,7 \pm 0,1$ мгО/дм³ құрады. Ал дәстүрлі FeCl_3 пайдалану кезіндегі нәтиже ОХҚ $107,0 \pm 2,6$ мгО/дм³ және тионды темір ерітінділері пайдалана коагуляциялаудан кейінгі мәндері ОХҚ $76,1 \pm 1,4$ мгО/дм³ дейін кеміді (сурет-17).



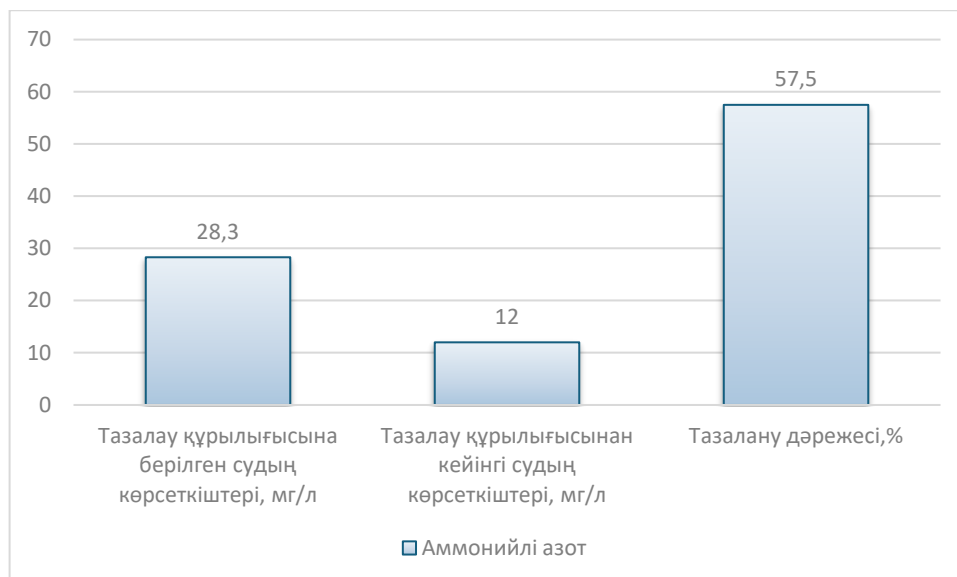
Сурет 18 - *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық суспензияның ағынды судың ОБҚ₅ көрсеткішіне әсері

Тәжірибелік зерттеулерге алынған ағынды судың алғашқы көрсеткіштері ОБҚ₅-147,1±0,1 мгО₂/дм³ тең болды. Ал дәстүрлі FeCl₃ пайдалану кезіндегі нәтиже ОБҚ-101,0±0,1 мгО₂/дм³ дейін жетті және де тионды темір ерітінділерін қолдана отырып, коагуляциялау үрдісінен кейінгі мәні ОБҚ₅-70,0±0,1 мгО₂/дм³ дейін төмендеді (сурет -18).



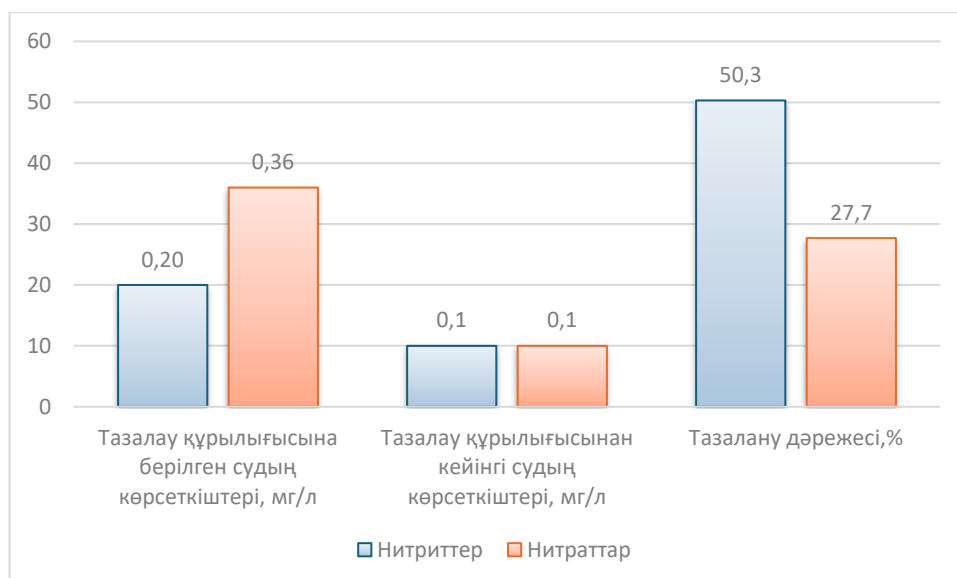
Сурет 19 - Ағынды су құрамындағы хлоридтерді тазартуда *A.ferrooxidans Ach1* бактериялық суспензиясының тиімділігі

Шымкент қаласы коммуналдық-тұрмыстық ағынды суларын биокоагуляциялық тазартудың хлоридті ластаушы заттарды аластатудағы тиімділігі 5,1% ғана болды.

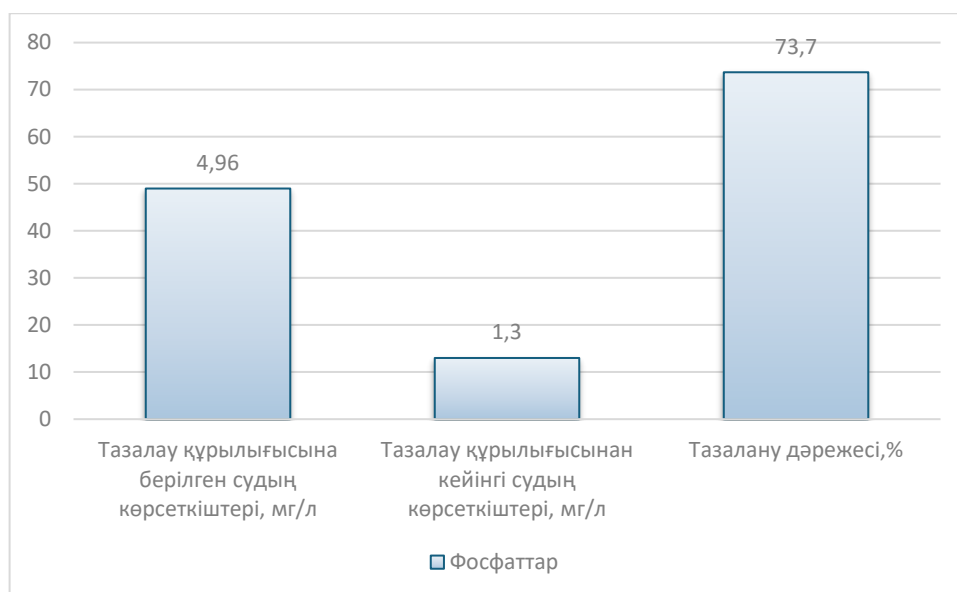


Сурет 20 - Ағынды су құрамындағы аммонийлі азотты тазартуда *A.ferrooxidansAch 1* бактериялық суспензиясының тиімділігі

Зерттеулер барысындағы аммонийлі азоттың бастапқы мәні $28,3 \pm 0,1$ мг/л болды және биокоагуляциядан кейінгі көрсеткіші $12,0 \pm 0,1$ мг/л дейін төмендеп, тазалау тиімділігі 57,5% құрады (сурет -20).

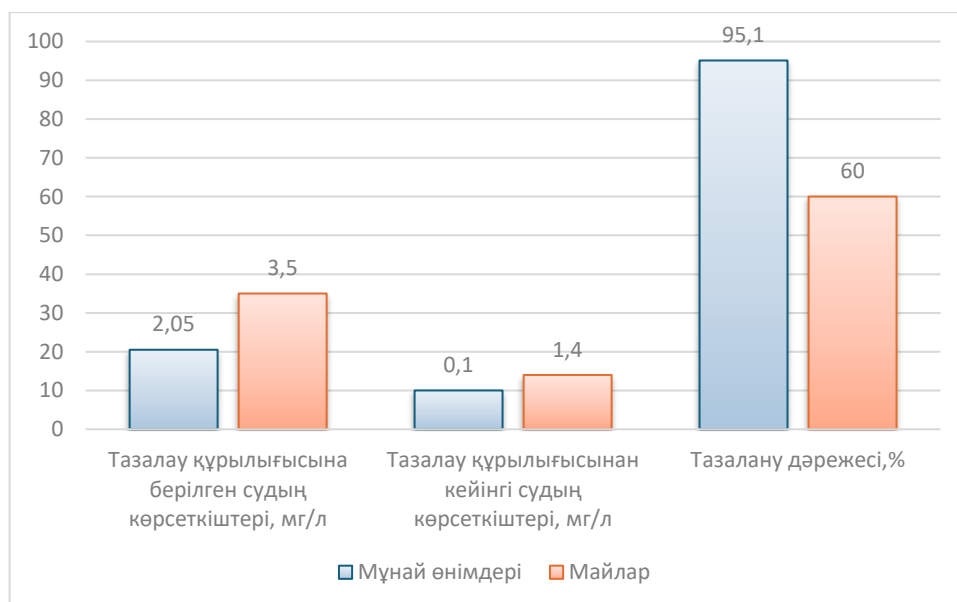


Сурет 21 - Ағынды су құрамындағы нитраттарды және нитриттерді тазартуда *A.ferrooxidansAch 1* бактериялық суспензиясының тиімділігі



Сурет 22 - Ағынды су құрамындағы фосфаттарды тазартуда *A.ferrooxidans* *Ach1* бактериялық суспензиясының тиімділігі

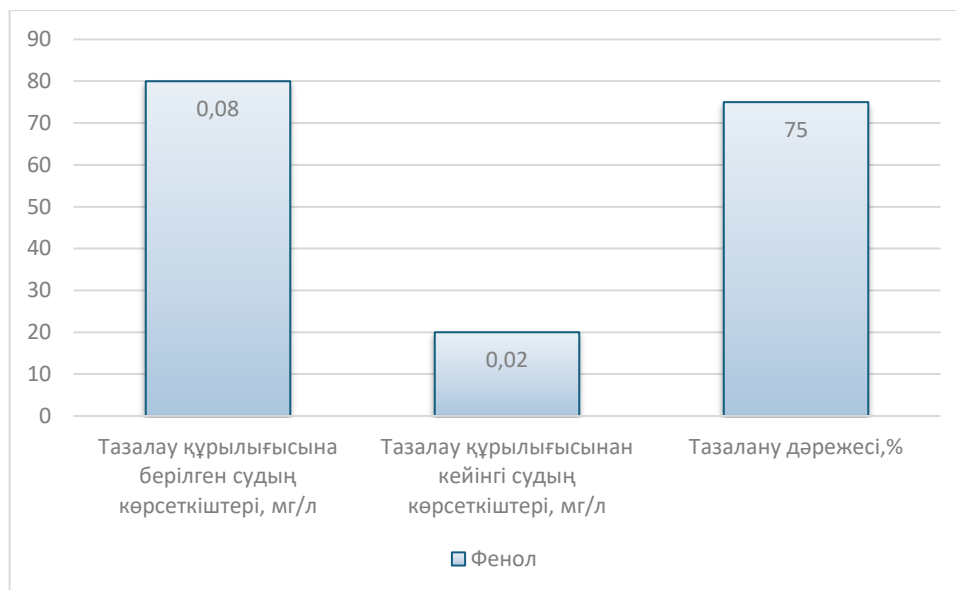
Биокоагуляциялық жолмен ағынды судың құрамындағы фосфатты заттардың бастапқы $4,9\pm0,1$ мг/л мөлшерінен $1,3\pm0,1$ мг/л көрсеткішіне дейін төмендетуге қол жеткізілді. Фосфатты қосылыстардан биокоагуляциялық тазалау тиімділігі 73,7% құрады (сурет -22).



Сурет 23 - Ағынды су құрамындағы мұнай өнімдері мен майларды тазартуда *A.ferrooxidans* *Ach 1* бактериялық суспензиясының тиімділігі

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде қалалық тұрмыстық-коммуналдық ағынды судың құрамындағы мұнай өнімдерінің экспериментке дейінгі көрсеткіші $2,05\pm0,1$ мг/л болса, тазалаудан кейінгі көрсеткіш $0,1\pm0,1$

мг/л болды. Яғни ағынды судың құрамындағы мұнай өнімдері 95,1% дейін тазалау тиімділігі орнатылды (сурет -23).



Сурет 24 - Ағынды су құрамындағы фенолды тазартуда *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық суспензиясының тиімділігі

Бастапқы және биокоагуляциялық талаудан кейінгі ағынды су құрамындағы фенолдың мазмұнын флуориметриялық әдіспен анықтау нәтижесінде 75 % тазалау дәрежесіне қол жеткізу мүмкіндігі орнатылды (сурет -24).

Сонымен, жүргізілген тәжірибелік зерттеулер өндірістік шарттарда пайдаланылатын FeCl_3 түріндегі үш валентті темірді - құрамында $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ бар *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық суспензиясымен алмастыру мүмкіндігін көрсетті. Биологиялық тазалаудың бұл әдісі ағынды суларды хлоридтер мен нитраттардан тазалау үшін қолдану ұсынылмайды. Себебі аталған ластаушы заттардан тазалау тиімділігі 30 % аспайды. Түзілетін құрғақ қалдық мөлшеріне де айтарлықтай әсер етпейді. Сәйкесінше аммонийлі азот қосылыстарынан, нитриттерден, фосфаттардан, майлар мен фенолдан тазалау тиімділігі 50-75 %-ке дейін көтерілді. Зерттеу жұмыстарының негізгі міндеттерінің бірі болып табылатын тұрмыстық-коммуналдық ағынды су құрамындағы мұнай өнімдерінен тазалау тиімділік 95,1 % -ға жетті. Тұрмыстық - коммуналдық ағынды суды биокоагулянтты пайдалану арқылы тазалау бойынша зерттеулер Шымкент қаласындағы «Су ресурстары-Маркетинг» ЖШС өндірістік базасында тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтан өткізілді (Қосымша Ә).

Алынған зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, құрамы $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ пен *A.ferrooxidans Ach 1* бактериядан тұратын суспензияны мұнай өңдеу

өндірісінің ағынды суларын тазалауға тиімді әдістің бірі ретінде практикаға ұсынуға болатындығы айқындалды.

3.3.3 Мұнай өңдеу кәсіпорындарының ағынды суларын биохимиялық тазарту

Су ресурстарының мұнай өнімдерінің компоненттерімен ластануы – қазіргі заманның маңызды экологиялық мәселелерінің бірі болып табылады [189]. Мұнай өнімдерімен ластанған табиғи су қоймалардағы биологиялық қауіптілік олардың химиялық құрамы мен физикалық қасиеттеріне байланысты. Әдетте мұнай өнімдері суда нашар ериді және су бетінде пленка немесе эмульсия түрінде қабат түзеді. Су бетіндегі мұнай дақтары газ алмасуды нашарлатып, терең қабаттарға оттегінің жеткілікті мөлшерде түсуіне кедергі болады [190]. Нәтижесінде суда мекен ететін өсімдіктер мен аэробты микроағзалардың саны азайып, табиғи биоценоздың бұзылуына алып келуі мүмкін.

Мұнайқұрамды ағынды суды тазартудың қолданыстағы әдістері әдетте келесідей сатылардан тұрады: сыйымды тұндырғыштағы мұнай ұстағыштар (механикалық) [191], қысымды флотаторлар (химиялық) [192] және де биологиялық әдіспен тазалау. «Петро Казахстан Ойл Продактс» ЖШС мұнай өңдеу зауытының тазалау қондырғыларына келіп түскен мұнай өнімдерімен ластанған ағынды суларын химиялық тазалауда әдетте $Al_2(SO_4)_3$ пайдаланылады. Алайда қолданылатаны бұл коагулянттың түрі өзінің экономикалық тұрғыдан қымбат реагенттердің бірі екендігі белгілі. Модельдік ерітіндіде жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде *A.ferrooxidans* бактерияларының дақылдық сұйықтығын органикалық ластаушы заттардан өндірістік ағынды суларды тазарту үшін биокоагулянт ретінде пайдалану мүмкіндігі орнатылған.

Осыған байланысты бұл зерттеудің мақсаты - мұнай өңдеу кәсіпорындарының ағынды суларын биохимиялық тазартуда бактериалды-химиялық әдіспен алынған үш валентті темірді қолдану.

Биокоагулянт ағынды суға механикалық тазартудан кейін, $5,5 \pm 0,5$ г/л мөлшерінде енгізілді. Мұнай өнімдерімен ластанған ағынды судың биохимиялық тазарту нәтижелері келесі 17-кестеде көрсетілген:

Кесте 14. Мұнай өнімдерімен ластанған ағынды судың биохимиялық тазарту нәтижелері

№	Көрсеткіш атауы	Өлшем бірлігі	Ағынды судың құрамы		Тазалану дәрежесі
			тазартуға дейін (1-жүйе, 22.01.25ж)	тазартудан кейін	
1	pH	pH	7,9-8,0	7,1-7,9	-
2	Мұнай өнімдері	мг/дм ³	$546,2 \pm 0,5$	$55,5 \pm 0,5$	89,8%

14- кестенің жалғасы

3	Ерімейтін заттар	мг/дм ³	39,7 ± 0,1	30,1 ± 0,1	24,1%
4	Сульфаттар	мг/дм ³	267,1 ± 0,1	260,5 ± 0,5	2,4%
5	Хлоридтер	мг/дм ³	147,2 ± 0,1	145,5 ± 0,5	1,2%
6	Аммоний азоты	мг/дм ³	14,0 ± 0,1	10,0 ± 0,1	28,5%
7	Нитриттер	мг/дм ³	3,98 ± 0,1	3,75 ± 0,5	5,77%
8	Фосфаттар	мг/дм ³	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	Өзгермеген
9	Фенолдар	мг/дм ³	0,3 ± 0,1	0,08 ± 0,01	73.3%
10	ОХҚ	мгО/дм ³	207,5 ± 0,5	65,7 ± 0,5	69%

14-ші кестедегі нәтижелерге сүйенсек, ағынды судың құрамындағы зиянды қоспалардан ең жоғары дәрежеде тазару мұнай өнімдеріне тиесілі. Биокоагуляциялық тазалаудан кейін ағынды судың құрамындағы мұнай өнімдерінің мөлшері бастапқы мағынадан 9,8 есеге азайған. Сәйкесінше судағы оттегінің химиялық тұтыну көлемі 69 %-ға дейін түскен. Сондай-ақ фенолдың тазару дәрежесі - 3,7 есеге төмендеді. Биокоагулянттың органикалық ластауыштардан тазартуға оң әсерін алған соң, келесі кезеңде, мұнай өнімдерімен ластанған ағынды суды бактериалды-химиялық әдіспен алынған үш валентті темірді қолдану арқылы биохимиялық тазарту көрсеткіштерін тағы да оңтайландыру мақсатында бактериялық $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ және бентонитті қолдану ұсынылып, алынған нәтижелер төменде келтірілген.

3.3.3.1 Бактериялық $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ және бентониттен тұратын кешенді құраммен ағынды суларды тазалау

Ағынды сулардың жуғыш заттармен ластануы су қорын ұтымды пайдаланумен байланысты экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Ағынды суларды физика-химиялық тазартудың қолданыстағы әдістері, олардың тиімділігіне қарамастан, қоршаған ортаның екінші ретті ластануына алып келеді. Өсімдік қалдықтарымен биологиялық коагуляция/флокуляция әдістері кеңінен қолданыс тапқан. Бұл зерттеулердің мақсаты құрамында жуғыш заттары бар ағынды сулардағы оттегінің химиялық қажеттілігін азайту үшін бактериалды-химиялық әдіспен алынған үш валентті темір мен бентонитті пайдалану болып табылады. Сазды материал ретінде бентонитті және *A.ferrooxidans* ВІТ тионды бактерияларынан бактериалды-химиялық жолмен алынған $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ пайдалану мүмкіндігі бар екені анықталды. Сонымен қатар, ағынды суларда оттегінің химиялық қажеттілігінің максималды төмендеу дәрежесі 1,75 г/л мөлшеріндегі бактериалды-химиялық үш валентті темір бентонитпен бірге 600 мг/л мөлшерде қолданылған нұсқада орнатылды.

Қазақстан Республикасында әртүрлі жуғыш заттармен ластанған ағынды сулардың едәуір көлемінің пайда болуы және тазартылған ағынды сулардың сапасына қойылатын талаптардың жоғарылауы оларды тазартудың түрлі әдістерін қолдануды анықтайды. Синтетикалық беттік-белсенді заттар –

құрылымы жағынан ерекшеленетін және әртүрлі кластарға жататын қосылыстардың үлкен тобы. Бұл заттар фазалар шекарасында адсорбциялануға қабілетті және оның салдарынан беттік энергияны (беттік тартылуды) төмендетеді. Беттік белсенді заттар суда еріген кезде көрсететін қасиеттеріне қарай олар анион-белсенді заттар (молекуланың белсенді бөлігі - анион), катион-белсенді заттар (молекуланың белсенді бөлігі - катион), амфолитті және ионогенді емес болып бөлінеді [193].

Синтетикалық беттік белсенді заттардың негізгі көзі жуғыш заттар – судың жуғыш әсерін күшейтетін заттар болып табылады. Алғашқы жуғыш заттар табиғи заттардан алынған сабындар болды. Дегенмен, қазір жуғыш заттарды әдетте жуғыш заттың әсері сабынға ұқсас синтетикалық заттар деп түсінеді.

Қазіргі уақытта құрамында жуғыш заттары бар ағынды суларды тазартудың әртүрлі әдістері бар. Мысалы, суды көмірде адсорбциялау арқылы өңдеуді атап өтуге болады, мұнда суды тазарту үшін қолданылатын адсорбенттерге бір қатар талаптар қойылады: үлкен сорбциялық сыйымдылыққа ие болу; жоғары механикалық беріктік; құны төмен және оңай регенерациялану. Үлкен адсорбциялық беттік, жоғары дамыған кеуекті құрылымға ие немесе майда дисперсті күйдегі заттар мен материалдарға тән [194]. Ағынды суларды жуғыш заттардан тазарту үрдісінде келесі адсорбенттерді қолдануға болады: белсендірілген көмір, ионалмастырғыш шайырлар, бейорганикалық тұнбалар, минералды көмірдің алуан түрлері, полимерлі сорбенттер [195]. Ерекше орынды ауыр металдардан, мұнай өнімдерінен және т.б. ағынды суларды тазарту үшін қолданылатын сазды материалдар алады.

Ағынды суларды коагуляция әдісімен тазарту, онда келесідей коагулянттардың тиімділігі қарастырылады: алюминий сульфаты немесе темірдің көмегімен жүзеге асырылады. Зерттеулер сүт өнеркәсібінің ағынды суларын алдын ала тазарту үшін жетілдірілген тотығу үрдісімен жалғасатын химиялық коагуляцияның тиімділігін бағалау үшін жүргізілді. Кейбір физика-химиялық көрсеткіштерімен сипатталатын ағынды сулардың ластану потенциалын тексеру үшін үш сынама алынып, талданды. FeCl_3 /экті қолданғаннан кейін ОХҚ көрсеткішінің төмендеу тиімділігі 94,2%, ал FeCl_3 /полиакриламидті қолданғаннан кейінгі көрсеткіштің тиімділігі 70% құрайтыны орнатылды. Фентон реагентінің оңтайлы шарттары 30 мл/л H_2O_2 және рН 7,35 болды, бұл ОХҚ дәрежесінің төмендеуінің 95% қамтамасыз етті. Фентонның тотығу үрдісін пайдалану барысында, FeCl_3 әктаспенен коагуляциялағаннан кейін сүт өнеркәсібінің ағынды суларынан ОХҚ көрсеткішінің аздап жақсаратыны қорытындыланды. Құрамында мұнай өнімдері бар ағынды суларды тазартуда коагуляцияның тиімділігі көрсетілген. Коагуляция және флокуляция үрдістеріне әртүрлі факторлардың әсері, мысалы температура, түрлі көрсеткіштердің қатынасы, әсер ету уақыты және т.б. зерттелген [196].

Биохимиялық тазарту кезінде детергенттерді жою негізінен осы заттардың биохимиялық ыдырауы есебінен жүреді. Бұл ретте заттың бір бөлігі белсенді тұнбаменен сорбцияланады және тазартылған сұйықтықпен жүргізілетін артық белсенді тұнба мен таразыланған заттарды төгу кезінде құрылымнан шығады. Аэротенктерде және тазартылған ағынды суды резервуарларға жіберу кезінде көбіктің түзілуі, детергенттердің (жуғыш заттардың) әлі де болса бар екенін білдіреді. Өндірістік және қалалық ағынды суларды тазарту қондырғыларында оларды тазарту үшін кеңінен танымал әдістер қолданылады. Осыған орай, ағынды суларды тазарту үшін бірінші және екінші сатыдағы биосүзгілер қолданылады. Аэротенкке келіп түсетін бейорганикалық қосылыстарды тазарту үшін сульфид иондарының көзі ретінде күкіртсутегінің тұздары қосылады [197].

Балама ретінде тазартудың биотехнологиялық әдістерін қолдану тиімді. Осылайша, *A.ferrooxidans* бактерияларының дақылдық сұйықтығын металл иондары мен кейбір органикалық ластаушы заттардан өндірістік ағынды суларды тазарту үшін биокоагулянт ретінде пайдалануға болады. *A.ferrooxidans* тионды бактериялары қышқылдық шарттарда екі валентті темірді үш валентті темірге дейін тотықтырады. Қолайлы шарттарда темірдің бактериялық тотығу жылдамдығы химиялық бақылау жағдайларына карағанда 200-500 мың есе жоғары.

Осыған байланысты бұл зерттеулеріміздің мақсаты – құрамында жуғыш заттары бар ағынды сулардағы ОХҚ көрсеткішін азайту үшін бактериалды-химиялық әдіспен бентонитті қолдану жолымен алынған үш валентті темірді қолдану.

Бентонит Түркістан облысы Сарыағаш ауданы Дарбаза стратаморфты кен орнынан сынамасы алынған сазды материал. Бұл құрамында кем дегенде 70% монтморриолонит бар сазды материал, мұндағы негізгі кен минералы негізгі жыныстарда жұқа қатпарлы аралас жыныстар түзетін галенит болып табылады. Қорғасынның орташа мөлшері 2,39% құрайды. Қоспа элементтері күміс пен алтын. Кенде барит (1-6,7%) және марганец (0,2-0,6%) бар (кесте 15). Минералдық ерекшелігі судың қатысында тығыз гел түзу және кеңістікті шектеу қабілеті. Дарбаза кен орнының бентониттерінде рН 6-9,5 және құрамында 2% төмен натрий карбонаты болады, өзара алмасатын натрий мен кальций мөлшері 80UI/100 г аспайды.

Кесте 15. Дарбаза кен орны бентонитінің химиялық құрамы

№	Қосылыстар	Салмақ бойынша, %
1	Al ₂ O ₃	16,6±1,5
2	SiO ₂	52,30±4,9
3	K ₂ O	0,1±0,1
4	Na ₂ O	1,9±0,1
5	TiO ₂	0,9±0,1
6	P ₂ O ₅	0,1±0,01
7	CaO ₂	5,5±0,5

15- кестенің жалғасы		
8	MgO	3,1±0,3
9	Fe ₂ O ₃	5,3±0,4
10	S	0,4±0,02
11	Өзгелері	12,9±1,2

Ескерту: Бентониттің түрлі үлгілеріндегі компоненттердің мазмұны қосылыстар көрсеткіштерінің пайыздық қатынасын сақтай отырып, әртүрлі болуы мүмкін.

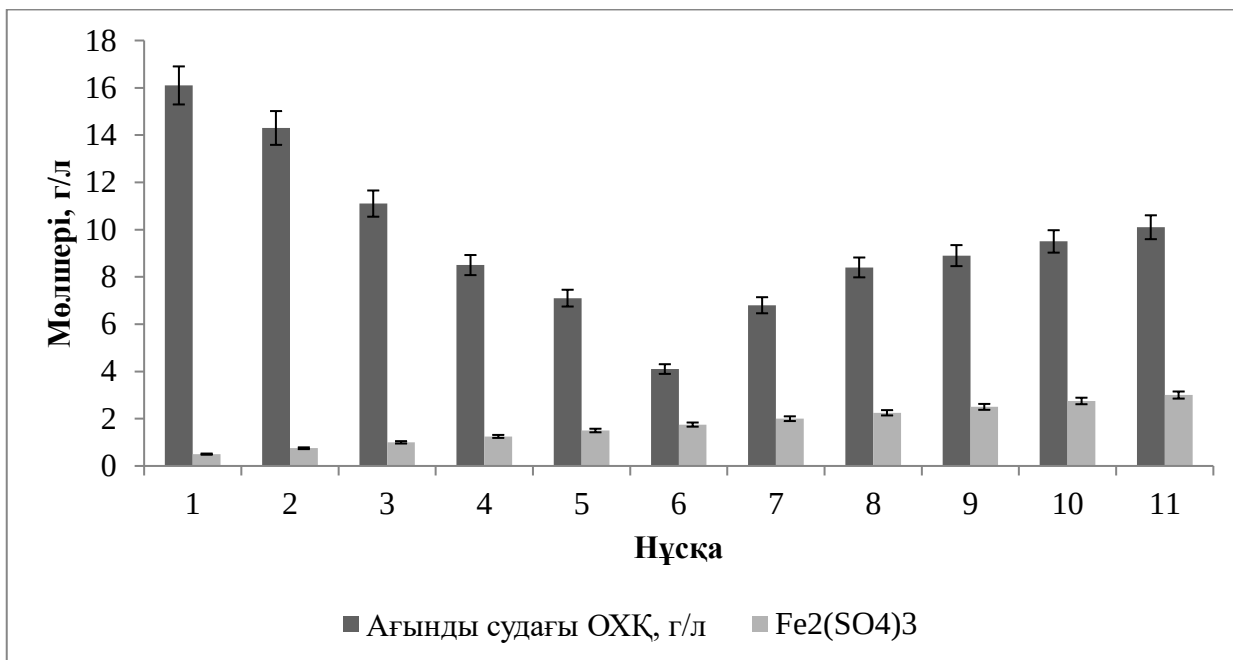
Зерттеу алгоритмі тәжірибелердің 3 түрінен құралды: ағынды суларды тазалау үшін рН тиімді мәнін анықтау; *T. ferrooxidans* BIT 1 көмегімен алынған биокоагулянт – үш валентті темірдің тиімді ара қатынасын анықтау; жуғыш заттар үшін бентонитті сорбент ретінде қолдану мүмкіндігін зерттеу.

Ағынды суларды талдау ОХҚ – 24,1±2,2 г/л; ОБҚ₅ – 2,9±0,2 г/л мәндерін көрсетті. Зертханалық зерттеулер нәтижесінде коагуляциялық ағынды суларды тазарту үшін өндірістік шарттарда қолданылатын FeCl₃ түріндегі үш валентті темірді Fe₂(SO₄)₃ мазмұндайтын *A.ferrooxidans* бактериялық суспензиясымен алмастыруға болатындығын көрсетті. рН тиімді мәнін анықтау және ОХҚ, ОБҚ мәндерін тиімді төмендету үшін Fe₂(SO₄)₃ мазмұны тұрақты деңгейде ұстап тұрылды және де ол 1,5±0,1 г/л құрады. Әртүрлі рН мәндерінің ОХҚ мәніне ықпалы зерттелді. ОХҚ және ОБҚ мәндері рН мәндеріне кері корреляциялық төмендейтіні анықталды. рН мәнінің 3-тен 11-ге дейін жоғарылауы ОХҚ 65,8%-дан 42,9% дейін тиімді аластатуға қол жеткізді, бұл ретте ағынды сулардағы ОХҚ мөлшері 10,3±1,0 г/л болды.

Коагуляция мен флокуляцияны қамтитын ағынды суларды тазарту үрдісіндегі рН және үш валентті темір мәндерінің рөлін бірқатар зерттеушілер көрсеткен [198]. Мысалы, келесі автор [199] зерттеулерінде жуғыш заттары бар ағынды суларды тазарту үшін коагуляция-флокуляция үрдісін қолданған. Бұл жағдайда 71% өңдеу дәрежесіне 2 г/л темір хлоридін қолдану арқылы қол жеткізген. Авторлардың пікірінше, рН мәндері гидролиз түріменен бақыланады. Ағынды суға коагулянтты қосқанда бірқатар еритін гидролиз өнімдері түзіледі. Гидролиз түрі әртүрлі зарядтарға ие: рН мәні қышқылды кезінде оң және сілтілі кезінде рН мәні теріс. Коагуляцияның екі механизмі бар: «зарядты бейтараптандыру», оң зарядталған гидролизденген бөлшектер коллоидты бөлшектердің беттігіне адсорбцияланып, тұрақты коллоидты бөлшектерді тұрақсыздандырады. Сонымен қатар, коагулянттың жоғары мөлшері кезінде түзілетін темір гидрототығының тұнбалары суспензиядан коллоидты бөлшектерді физикалық тұрғыда аластатады. Автор [200] өз зерттеулерінде темір хлоридін пайдаланды; керісінше талқыланған тәжірибелік зерттеуде бактериалды-химиялық жолмен алынған үш валентті темір сульфаты қолданылды. Дегенмен, тазарту үрдісінің нәтижелері толықтай салыстырмалы.

Қосылған үш валентті темір сульфатының тиімді мөлшерін анықтау зертханалық зерттеулердің нәтижелеріне негізделген, мұнда қосылған

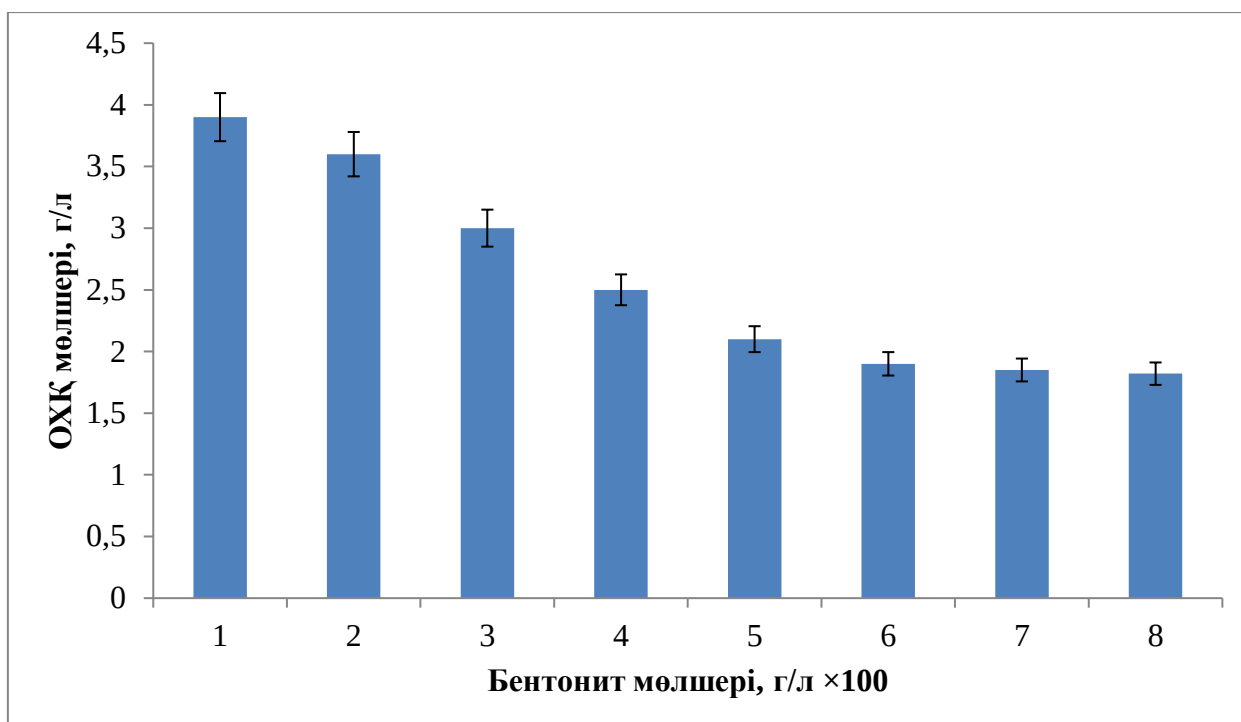
коагулянт мөлшерінің алдыңғы шегі қолданған автор [201] зерттеулерінің нәтижелерімен көрсетілген. Ол ОХҚ жою тиімділігі 29% коагуляция-флокуляция үрдісінде 1,5 г/л әктасын қолданған, ал қосымша енгізілген 1,5 г/л квасц ОХҚ жоюды 18% жеткізуге мүмкіндік берген. Автор [202] зерттеулерінде коагулянт ретінде әкті, алюминийді және темір хлоридін қолдану ОХҚ дәрежесін 89% дейін жоғарылатқан. Зерттеу мәліметтері көрсеткендей, үш валентті темір ОХҚ жоюдың аса жоғары тиімділігін қамтамасыз ете алады. Келесі зерттеулерде *A. ferrooxidans* BIT 1 тионды бактериялардың тотығу белсенділігі нәтижесінде алынған $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, онда бастапқы екі валентті темірдің көзі ретінде металл мазмұндайтын қалдықтар, яғни пирофорлы темір сульфидтері және т.б. қолданылған [203]. Біздің зерттеулерде [204] ОХҚ $16,1 \pm 1,5$ г/л мәнінен $4,1 \pm 0,4$ г/л көрсеткішіне дейін төмендету үшін $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ тиімді мөлшері 1,75 г/л болатыны анықталды, яғни ағынды сулардағы ОХҚ жою дәрежесі $74,5 \pm 0,7\%$ құрайды (сурет 25).



Сурет 25 -Енгізілген $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ мөлшерінің ОХҚ дәрежесінің төмендеуіне ықпалы

ОХҚ көрсеткішін ары қарай төмендету үшін ағынды суларды тазартудың қосымша үрдістерін қолдануға болады. Сазды материалдар үш валентті темірді қолдану кезінде пайда болған ұсақ бөлшектерді, үлкенірек, тығызырақ үлпектерге байланыстыруға жағдай жасайды. Бентонит мөлшерінің ОХҚ көрсеткішіне әсері 21-суретте келтірілген. Бентонитті коагулянт ретінде пайдалану барысында, ОХҚ $4,1 \pm 0,4$ мәнінен $3,9 \pm 0,3$ г/л көрсеткішіне дейін төмендету үшін 100 мг/л бентонит қосылды. Ағынды сулардағы бентонит мөлшерінің одан әрі 600 мг/л дейін жоғарылауымен ОХҚ көрсеткішінің мәні $1,9 \pm 0,1$ г/л төмендеуіне алып келеді, бұл бастапқы ОХҚ көрсеткішінің $88,1 \pm 7,9\%$ төмендегенін көрсететді. Орнатылған бентониттің

осы мөлшері ағынды суларды ОХҚ тазалаудың максималды тиімді мөлшері болып табылады.



Сурет 26 - Енгізілген бентонит мөлшерінің ОХҚ дәрежесінің төмендеуіне ықпалы

Енгізілетін бентонит мөлшерін ары қарай көбейту ОХҚ мөлшерінің айтарлықтай төмендеуіне алып келмеді.

Сонымен, жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ОХҚ көрсеткіші жоғары және ОБҚ мәні төмен жуғыш заттары бар ағынды суларды алдын ала тазарту үшін коагуляция үрдісі қолданбалы екені орнатылды. Бұл ретте *A.ferrooxidans* ВІТ 1 тионды бактериялардың көмегімен бактериалды-химиялық жолмен алынған $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ қолданылу мүмкіндігі орнатылды. 1,75 г/л мөлшеріндегі бактериалды-химиялық үш валентті темір мен 600 мг/л бентонитті бірге қолдану шарттарында ағынды сулардағы ОХҚ мөлшерінің максималды төмендеу дәрежесі $88,1 \pm 7,9\%$ болды.

3.4 Мұнай өңдеу зауыттарының жарылғыш қалдықтарын залалсыздандыру үшін *Acidithiobacillus ferrooxidans* бактериясын қолдану

Қазақстандағы мұнай өңдеу зауыттарындағы пирофорлық шөгінділердің түзілу шарттарын талдау Павлодар зауытында жылына 8-10 т, Атырау зауытында 6-7 т және жылына 4-5 т Шымкент зауытында жарылыс қауіпті заттар түзілетінін көрсетті. Мұнай өнімдерін өңдеудің ұқсас технологиялық сұлбасы бар посткеңестік елдердің мұнай өңдеу зауыттарында жыл сайын 25-40 т дейін пирофорлық шөгінділер түзіледі.

Шығарылған қалдықтар көлемінің аздығына қарамастан, олардың пайда болуының салдары жоғары жарылыс қауіпі бар кәсіпорындарда өртке әкелуі мүмкін. Қазіргі уақытта бұл қалдықтардың өздігінен тұтану мәселесі қалдықтарды ылғалдандыру арқылы шешілуде.

Газ құбырының ажыратылған бөлігінен кесу элементін алу операциясын орындау кезінде атмосфералық ауа қысымсыз газ құбырына түседі. Осы шарттарда пирофорлық шөгінділердің өздігінен жануын болдырмау үшін оларды сумен ылғалдау арқылы фрегатизациялау жүргізілді. Дегенмен, мұндай жұмыстардың тәжірибесі көрсеткендей, бұл операцияны котлованнан кесілген құбыр элементін алу үшін біраз уақыт өткеннен кейін ғана бастауға болады. Бұл кезең, әдетте 10-15 минуттан аспайды, атмосфералық ауа қысымсыз газ құбырын еркін толтырады және пирофорлық шөгінділермен әрекеттесе отырып, олардың қарқынды тотығуын туындатады.

Котлованнан кесілген құбыр элементін алып тастағаннан кейін жүзеге асырылатын пирофорлық шөгінділерді ылғалдандыру операциясы да олардың ауамен жанасуын болдырмайды, себебі оның конденсат булары арқылы газды тасымалдау кезінде ылғалданған пирофорлық шөгінділер сумен нашар ылғалданады және жұмыс кезінде ылғалдану сапасын бақылау мүмкін емес. Сонымен қатар, теріс температура шарттарында фейрверк өндіру кезінде суды флегматизатор ретінде пайдалану мүмкін емес, себебі газ құбырының ішкі бетінде мұздану пайда болады және онда мұз кептелістері түзілуі мүмкін.

Зерттеудің негізгі идеясы микроағзалардың биохимиялық қабілеттерін, атап айтқанда *A. ferrooxidans* тионды бактериялардың пирофорлық темір сульфидтерінің физика-химиялық қасиеттерін өзгертуге пайдалану болды. Осыған орай зерттеудің мақсаты Қазақстанның оңтүстігіндегі мұнай өңдеу зауытында пирофорлық темір сульфидтерін залалсыздандыру үшін *A. ferrooxidans* қолдану мүмкіндігін зерттеу.

Қазіргі уақытта *A. ferrooxidans* бактериялық штаммының биомассасын қолданатын бактериалды-химиялық әдіс пирофорлық шөгінділерді залалсыздандырудың оңтайлы және келешекті әдістерінің бірі болып саналады. Бұл бактериялар барлық сульфидті минералдарды, тотықсызданған күкірт қосылыстарын (SO , SO_3^{2-} және т.б.) және ерітіндідегі өзге азотты элементтерді, атап айтқанда темірді энергетикалық субстрат ретінде пайдалана алады. Грам-теріс, таяқша пішінді жасушалар, өлшемі $0,3-0,4 \cdot 0,7-1,7$ мкм, полярлы жілікшенің көмегімен қозғалады.

Мәселені шешудің негізгі идеясы тиондық бактериялардың екі валентті темірді үш валентті түріне тотықтыру қабілеті болды, ал элементті күкірт сульфат формасына өтеді. Пирофорлық темір сульфидтерінің химиялық және физикалық құрылымының өзгеруі нәтижесінде олардың ауадағы оттегімен белсенді тотығу қабілеті де өзгеруі керек, бұл қалдықтардың өздігінен жануын дезактивациялауға алып келеді.

Ғылыми болжамды растау үшін экспресс-тәжірибе жүргізілді, онда *A.ferrooxidans* өсіру үшін қолданылатын Сильверман-Лундгрэн ортасында $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ орнына пирофорлы темір сульфиді қосылды. *A. ferrooxidans* бактериялары 5-6 күн ішінде пирофорлық шөгінділердің құрамына болатын екі валентті темір мен күкіртті тотықтыратыны орнатылды. Түзілген қатты қалдықтар өздігінен тұтану қабілетін толығымен жоғалтады. Бақылау нұсқасында Сильверман-Лундгрэн модификациялық ортасына микроағзаларды енгізбегенде, пирофорлы темір сульфидтерінің өздігінен жану қасиеті сақталды. Дәстүрлі Сильверман-Лундгрэн қоректік ортасында және темірдің жалғыз көзі ретінде пирофорлы темір сульфидтері бар ортада өсірілген *A. ferrooxidans* бактерияларын өсіруде түбегейлі айырмашылықтар жоқ екені орнатылды. Тиобактериялар өздерінің өміршеңдігін және тотықтыру белсенділігін сақтап қалды.

Қалдық орталығына орналастырылған пирофорлық шөгінділердің өздігінен тұтану қабілеті термометрдің көмегімен өлшенді. Ауамен түйісу кезінде пирофорлық шөгінділер бірте-бірте қыза бастайды. $+65 \pm 5^\circ\text{C}$ температурада түгін пайда болады, температураның одан ары жоғарылауымен қалдықтардың ішінде ұшқындар пайда бола бастайды және ары қарай тұтанады. Тиобактерияларды қолданған жағдайда қалдықтардың температурасының жоғарылауы анықталмады, бақылау нұсқасында қалдықтардың температурасы 9-10 минутта көтеріле бастады.

Конг және т.б. жүргізген зерттеулер пирофорлы темір сульфидтерінің өздігінен жану үрдісінің өзіндік қауіптері бар екенін көрсетті. Сульфидті концентрат үлгісінің жылу сипаттамаларын бағалау үшін термогравиметрия және дифференциалдық сканерлеуші калориметрия әдістері қолданылды. Пирофорлы темір сульфидтерінің үлгілері төрт түрлі қыздыру жылдамдығымен қоршаған орта температурасынан 1000°C дейін қыздырылды. Семенов моделі негізінде авторлар өздігінен үдемелі ыдырау кезіндегі тотығу температурасын (ӨҰЫТТ) және қайтымсыз температураны (ҚТ) есептеді. Сульфид қоры квазиадиабаттық күйде деп есептей отырып, авторлар сульфид қорының өздігінен тұтанудың кешігу уақытын (ӨТКУ) болжаған. Жалпы алғанда, нәтижелер көрсеткендей, пирофорлы шөгінділердің үлгілерінің әр түрлі қыздыру жылдамдығында тотығуы ұқсас үрдістен өтеді: физикалық сіңірудің бастапқы кезеңі, химиялық сіңірудің келесі кезеңі және термиялық тотығу кезеңі. Сульфидті минералдың түрлі қыздыру жылдамдығында жылулық әрекеті қыздыру жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым бастапқы және ең жоғарғы температура жоғары болатынын көрсететіні анықталды. Жылыту жылдамдығы артқан сайын, ұстау уақыты берілген шарттар жиынтығы бойынша шамамен 20 күннен 12 күнге дейін азаяды. Бұл зерттеулермен алынған ақпарат пирофорлы қалдықтардың оларды сақтау орындарында өздігінен жану қауіпін азайту үшін пайдалы, бұл әсіресе жазғы температура $+50^\circ\text{C}$ жоғары Оңтүстік Қазақстан шарттары үшін маңызды.

Мұнан бөлек, пирогорлы темір сульфидтерінің тотығу жылдамдығына әртүрлі факторлардың (температура, қатты-сұйық қатынасы, ортаның рН) әсерлері зерттелді. Дәстүрлі Сильверман-Лундгрен қоректік ортасында және темірдің жалғыз көзі ретінде пирогорлы темір сульфидтері бар ортада өсірілген *A.ferrooxidans* бактерияларын өсіруде айтарлықтай айырмашылықтардың болмайтындығы орнатылды.

Пирогорлы темір сульфидтерінің тотығу жылдамдығына түрлі температуралардың әсерін зерттеу кезінде 5-28°C температура аралығында зертханалық сынақтар жүргізілді. Оңтайлы температура 28°C, 1 мл ерітіндідегі *A.ferrooxidans* бактерияларының максималды саны осы температураға сәйкес келетіні анықталды. Fe²⁺ бастапқы шоғырына қарамастан температура 15°C дейін төмендегенде бактериялардың меншікті өсу жылдамдығы мен Fe²⁺ тотығу жылдамдығы шамамен бірдей төмендейді (сәйкесінше 1,5-2,5 және 1,1-2,3 есе). Fe²⁺ бастапқы шоғырына байланысты температура 5,5°C дейін төмендеген жағдайдағы бактериялардың меншікті өсу қарқыны айтарлықтай (4,2-14,3 есе) бәсеңдейді.

Пирогорлы темір сульфидтерінің тотығу жылдамдығына түрлі рН мәндерінің әсерін зерттеу бұл үрдіс үшін оңтайлы рН 2,0-2,5 аралығында екенін көрсетті. Өндірістік сынақтардың нәтижелері зертханалық зерттеулердің нәтижелерін растады және тионды бактериялардың тотықтырғыштық қабілетін пайдалану пирогорлы қосылыстарды толық дезактивациялауға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Тығыз заттың сұйық затқа қатынасын (С:Т) зерттеу нәтижелері көрсеткендей, белсенді барботажды тәртіптегі пирогорлы темір сульфидтерінің қоректік сұйық ортамен жанасу ауданын ұлғайту үшін оңтайлы қатынас 1:10±2 екенін көрсетті. Әрекеттесетін сұйықтықтағы қатты компонент мөлшерінің жоғарылауы дезактивациялау уақытының ұзаруына алып келеді [205].

Сонымен, жүргізілген зерттеу нәтижелерінде екі валентті темірдің бірден-бір көзі ретінде пирогорлы темір сульфидтері бар ерітінділерде тионды бактериялардың *A. ferrooxidans* штаммын өсіру және олардың тіршілік әрекеті үшін оңтайлы шарттары орнатылды: +28°C, рН 2,0-2,5, С:Т = 1:10±2. Мұнай-газ өңдеу кәсіпорындарының жарылыс қауіпті қалдықтарын дезактивациялауға мүмкіндік береді.

4 БИОКОАГУЛЯНТТЫ ҚОЛДАНУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СЫЗБАНЫҢ ӨНДІРІСТІК СУ НЫСАНДАРДА ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІ

4.1 Органика құрамды ағынды суды тазартуда биокоагулянтты пайдаланудың технологиялық сызбасын құрастыру

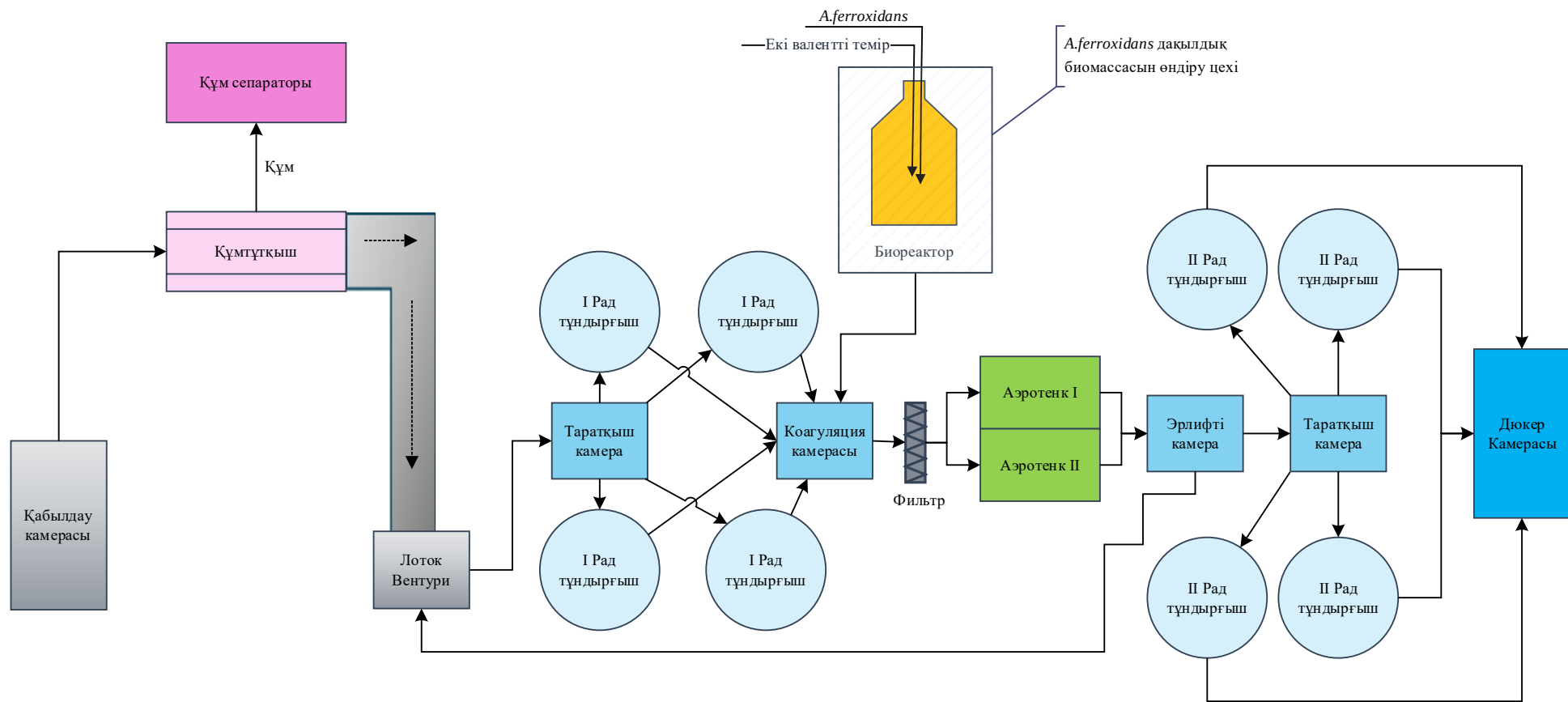
Зертханалық зерттеулердің негізінде алынған нәтижелерге сүйене отырып, жаңа құрамды биокоагулянт ретінде *A.ferrooxidans Ach1* және *BIT 1* тионды бактериялармен тотықтырылған үш валентті темірдің сульфатын тиімді қоспа ретінде органика құрамды ағынды суды тазалауға болатындығы дәлелденді. Осыған орай, өндірістік ағынды суларды тазалау үшін инновациялық технологияның сызбасы ұсынылды. Технологиялық сызбанұсқа екі нысанның ағынды суларын өндірістік жағдайда тазалауға арналған. Зерттеу жұмыстарында Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суды тазалау «Су ресурстары-Маркетинг» ЖШС мекемесі және де «Петро Казахстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауытының ағынды суларын алынды. Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суды тазалаудың технологиялық сызбанұсқасы төмендегі кезеңдерден тұрады (27-сурет):

1. Тізбектің алғашқы сатысы ағынды сулардың келіп түсетін қабылдау камерасынан басталады.

2. Қабылдау камерасынан әрі қарай механикалық әдіспен тазалауға жіберіледі. Әдетте механикалық тазалауға торлар немесе торлы-ұсатқыштар, құм ұстағыштар және тұндырғыштар қолданылады. Бұл органикалық ластанудың бір бөлігін шөгінділерге электр энергиясының үлкен шығындарынсыз алып тастауға, сондай-ақ биологиялық тазарту қондырғыларының тұрақты жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Біздің сызбанұсқамызда механикалық тазалау сатысында құмтұтқыш пайдаланылды. Құмтұтқыш ағынды судың құрамындағы ірі дисперсті заттарды ұстап, ары қарай тұндырғыштар мен метатенктерге түсуіне кедергі болады.

3. Технологиялық тізбектің келесі кезеңі - ағынды судың Вентури науасына келіп түсуі. Вентури науасы әдетте судың ағынын өлшеп жылдамдығын анықтау үшін қажет.

4. Келесі кезеңде ағынды су таратқыш ыдысқа жиналып, ары қарай 1-радиалды тұндырғыштарға жіберіледі. Ағынды суды тұндыру- құрамындағы ерімейтін заттар мен қалқымалы заттарды бөліп алу үшін кеңінен қолданылады. Тұндырғыштар суды механикалық тазартудың негізгі құрылымдары ретінде пайдаланылатын қондырғылардың бірі болып табылады. Егер биологиялық тазарту станцияларында бастапқы ағынды сулардың құрамында өлшемі 150 мг/л-ден асатын ерімейтін заттар болса, биологиялық тазалау қондырғыларға дейін бастапқы тұндырғыштар орналасады; белсенді тұнбаны немесе биопленканы ұстау үшін қайталама екінші ретті тұндырғыштар пайдаланылады.



Сурет 27 - Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суды тазалау технологиялық сызбанұсқасы

5. Технологиялық тізбектің келесі сатысында радиалды тұндырғыштан шыққан су таратқыш камераға жиналады. Дәл осы кезеңде ағынды суға *A.ferrooxidans* дақылдық биомассасын өндіру цехінде орналасқан биореактордан биокоагулянт қосылады. Биореакторда Сильверман-Люддгрэн 9К қоректік ортада *A.ferrooxidans* бактериясы өсіріледі. Бактериялардың екі валентті темірді үш валентті темірге дейін тотықтыруға қолайлы жағдай тудыру үшін температуралық режим $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ деңгейінде ұсталынып, аэрацияланып тұрады. Сондай – ақ биокоагулянт ретінде пайдаланылатын үш валентті темірді тотықтыру үшін биореакторға тәулігіне $5,5 \pm 0,1 \text{ г/л}$ мөлшерінде екі валентті темір $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ енгізіледі. Коагуляциялық тазартудан өткен ағынды су фильтрден өтіп, тазалаудың келесі сатысына жіберіледі.

6. Технологиялық тізбектің келесі кезеңі – биологиялық тазарту. Биологиялық тазарту әдетте биофильтрлер мен аэротенктерде жүзеге асырылады. Бірнеше жылдар бұрын шағын және орта елді мекендер үшін биофильтрлер қолданылса, қазіргі таңда Шымкент сияқты ірі қалаларда аэротенктер пайдаланылады. Көрсетілген сызбанұсқада ағынды су аэротенктерде биологиялық тазартудан өтеді. Аэротенктердің жұмыс принципі белсенді тұнбаның көмегімен органикалық ластағыштарды ыдыратуға негізделген.

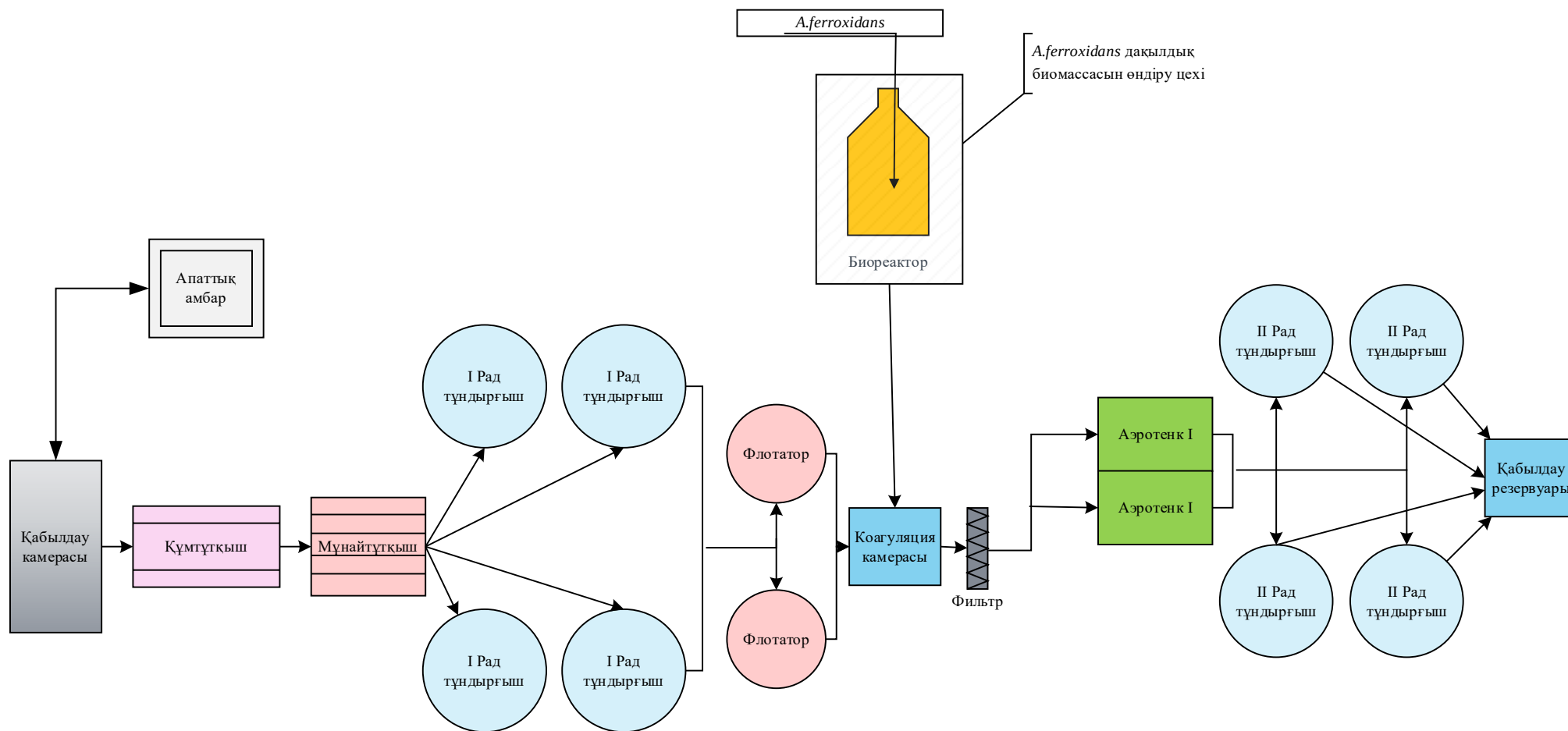
7. Технологиялық сызбанұсқада көрсетілген ағынды судың тазартудың келесі сатысында су эрлифті камераға келіп түседі. Эрлифті камера – бұл аэрация жүйесінде қолданылатын құрылғы, ол сұйықтықты немесе тұнбаны көтеру үшін сығылған ауаны пайдаланады. Бұл процесс арқылы тұнбаны қайта айналымға жіберуге немесе қажетсіз бөлшектерді тазарту жүйесінен шығарып тастауға болады.

8. Тазартудың келесі сатысында ағынды су таратқыш камера арқылы екінші радиалды тұндырғыштарға жіберіліп, тазартудың соңғы кезеңіне келеді. Бірнеше тазарту сатыларынан өткен ағынды су екінші ретті пайдалану үшін жіберіледі.

28 суретте көрсетілген келесі нысан «Петро Казахстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауытының ағынды суын тазартудың технологиялық сызбанұсқасы келесі сатылардан тұрады:

1. Алғашқы сатысы ағынды сулардың келіп түсетін қабылдау камерасынан басталады. Қабылдау камерасына келіп түскен ағынды су – механикалық тазалаудан өтеді.

2. Механикалық тазалау сатысында құмтұтқыштан өткен су мұнайтұтқышқа барады. Мұнайтұтқышта ағынды сулардан мұнай өнімдері, майлар және басқа да жеңіл қалқыма заттар бөлініп алынады.



Сурет 28 - «Петро Казахстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауытының ағынды суын тазартудың технологиялық сызбанұсқасы

3. Технологиялық тізбектің келесі сатысында ағынды су таратқыш камера арқылы 1- радиалды тұндырғыштарға жіберіледі. Мұнай өнімдері мен ерімейтін заттарға арналған радиалды тұндырғыштарда ағынды су 6-8 сағат тұнады. Тұндырғыштар қалқымалы мұнай өнімдерін ағызуға және тұнбаны тырмалауға арналған құрылғылармен жабдықталады.

4. Технологиялық тізбектің келесі кезеңінде ағынды су флотаторға келіп түседі.

5. Флотатордан кейін, биологиялық тазалау сатысы алдында қосымша тазарту үшін ағынды суға *A.ferrooxidans* дақылдық биомассасын өндіру цехінде орналасқан биореактордан биокоагулянт қосылады. Биореакторда Сильверман-Людгрен 9К қоректік ортада *A.ferrooxidans* бактериясы өсіріледі. Бактериялардың екі валентті темірді үш валентті темірге дейін тотықтыруға қолайлы жағдай тудыру үшін температуралық режим +25 +30°C деңгейінде ұсталынып, аэрацияланып тұрады. Сондай – ақ биокоагулянт ретінде пайдаланылатын үш валентті темірді тотықтыру үшін биореакторға тәулігіне $5,5 \pm 0,1$ г/л мөлшерінде екі валентті темір $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ енгізіледі. Коагуляциялық тазартудан өткен ағынды су фильтрден өтіп, тазалаудың келесі сатысына жіберіледі.

6. Технологиялық тізбектің келесі кезеңінде ағынды су аэротенктерде биологиялық тазалаудан өтіп, екінші ретті радиалды тұндырғыштарға жіберіледі. Екінші ретті радиалды тұндырғыштарда судан қалдық ластағыш заттар бөлініп алынып, резервуарға жіберіледі.

4.2 Органика құрамды ағынды суларды тазартуда биокоагулянтты пайдалануын математикалық модельдеу

Математикалық модельдеу – нақты нысанның немесе құбылыстың жұмыс істеу принциптерін сипаттап, оның құрылымдық және функционалдық қасиеттерін талдауға мүмкіндік беретін әдіс. Бұл әдіс белгілі бір жүйенің заңдылықтарын, параметрлерін және өзара байланыстарын формулалар, теңдеулер немесе алгоритм түрінде сипаттайды. Мысалы, ағынды суларды тазарту барысында тікелей процестің өзінен қарағанда, оның негізгі факторлары: реагент мөлшері, тұнба түсу уақыты, температура және т.б. ескеріледі.

Жүргізілген зерттеулерде *A.ferrooxidans* BIT 1 және *A.ferrooxidans* Ach 1 бактериялар көмегімен алынған үш валентті темір мен бентонит негізінде, ағынды судың ластануын сипаттайтын ОХҚ көрсеткіштері MatLab бағдарламасымен математикалық модельдеу арқылы зерттелді.

Ағынды суды тазалауда қосылатын үш валентті темір мен бентонит тұрақты фактор болып табылады. Ал судың ОХҚ тазаланау дәрежесі тұрақсыз фактор болып табылады. Математикалық үш өлшемді графиктерді құру үшін Статистика бағдарламасы қолданылды. Ол үшін алдын - ала есептеулер жүргізіліп, кестеге енгізілді (16-кесте). Нәтижесінде бағдарлама

үш өлшемді графиктерді тұрақты және тұрақсыз факторларға байланысты тұрғызды.

A.ferrooxidans BIT 1 тионды бактериялардың көмегімен бактериалды-химиялық жолмен алынған $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ қолданылу мүмкіндігі орнатылды. 1,75 г/л мөлшеріндегі бактериалды-химиялық үш валентті темір мен 600 мг/л бентонитті бірге қолдану шарттарында ағынды сулардағы ОХҚ мөлшерінің максималды төмендеу дәрежесі $88,1 \pm 7,9\%$ болатыны анықталды.

Кесте 16. *A.ferrooxidans BIT 1* тионды бактериялардың көмегімен бактериалды-химиялық жолмен алынған $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ қолданылу мүмкіндігі

№	Үш валентті темір, г/л	Бентонит, мг/л	ОХҚ тазалану дәрежесі, г/л	ОХҚ тазалану дәрежесі
1	1,74	100	3,9	75,7 %
2	1,76	200	3,6	76,5 %
3	1,73	300	3	77,5 %
4	1,74	400	2,5	79,0 %
5	1,72	500	2,1	80,5 %
6	1,75	600	1,9	88,1 %
7	1,76	700	1,8	88,0 %
8	1,77	800	1,8	88,1 %
9	1,78	900	1,8	88,0 %
10	1,75	1000	1,7	88,0 %

Биокоагулянттардың тиімділігі тәжірибеде Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды сулары сынақтан өткізілді. Тәжірибеге алынған ағынды судың алғашқы көрсеткіштері ОХҚ- $326,7 \pm 0,1$ мгО/дм³ болды. Ал дәстүрлі FeCl_3 пайдалану кезіндегі нәтиже ОХҚ $107,0 \pm 2,6$ мгО/дм³ және тионды темір ерітінділері пайдалана коагуляциялаудан кейінгі мәндері ОХҚ $76,1 \pm 1,4$ мгО/дм³ дейін кеміді. Тазалану дәрежесі 76,7 %. Бактериалды-химиялық үш валентті темірдің мөлшері 5,5 г/л. Тұнбаның түзілу уақыты 25 минут. Математикалық үш өлшемді графиктерді құру үшін Статистика бағдарламасы қолданылды. Ол үшін алдын - ала есептеулер жүргізіліп, 17-кестеге енгізілді.

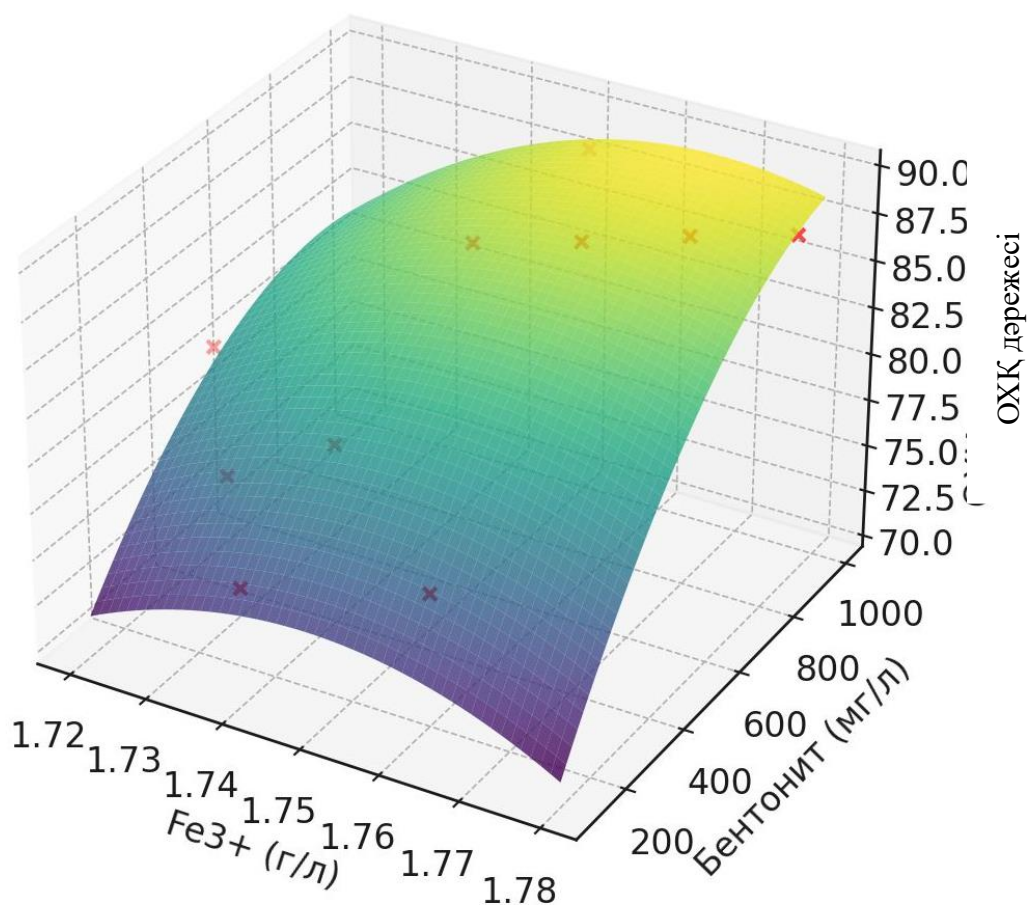
Кесте 17. Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларының биокоагуляциялық тазалаудың

№	Үш валентті темір, г/л	Тұнбаның түсу уақыты, минут	ОХҚ Тазалану дәрежесі, мгО/дм ³	ОХҚ Тазалану дәрежесі
1	2	70	283	13,0 %
2	2,5	60	200	25,8 %

17- кестенің жалғасы

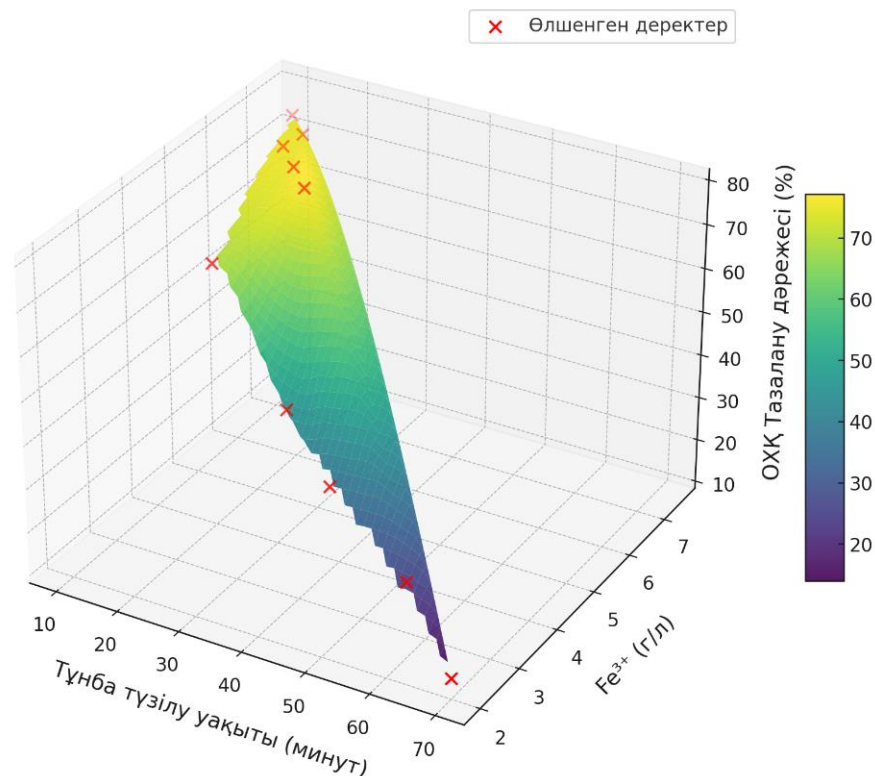
3	3	45	125	36,5 %
4	3,5	35	98,3	45,6 %
5	4	20	82,1	68,7 %
6	5,5	25	76,1	76,7 %
7	6	20	78,5	76,1 %
8	6,5	15	77	75,5 %
9	7	15	79	74,8 %
10	7,5	10	80	74,0 %

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ - 1,75 г/л, бентонитті - 100 мг/л қосқанда ағынды судағы ОХҚ мөлшерінің төмендеу дәрежесі 75,7% болады (сурет 29).



Сурет 29- *A.ferrooxidans* ВІТ 1 тионды бактериялардың көмегімен бактериалды-химиялық жолмен алынған $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ қолданылу мүмкіндігінің математикалық моделі

Тұнба түзілу уақыты мен Fe^{3+} -тің тазалану дәрежесіне әсері



Сурет 30- Шымкент қаласының тұрмыстық-коммуналдық ағынды суларының биокоагуляциялық тазалаудың математикалық моделі

Бактериалды-химиялық үш валентті темірдің мөлшері 2 г/л болған шартта ОХҚ $283,0 \pm 0,1$ мг/дм³, тазалану дәрежесі 13%, тұнбаның түзілу уақыты 70 минут (сурет 30).

Сонымен, жүргізілген зерттеулер нәтижесінде биокоагулянттарды қолдануға негізделген өндірістік ағынды суларды тазартудың технологиялық сызбасы жасалып, оның тиімділігі дәлелденді. *A.ferrooxidans Ach1* және *BIT 1* тионды бактериялар көмегімен тотықтырылған үш валентті темірдің сульфаты органика құрамды ағынды суларды коагуляциялық әдіспен тазалауда жоғары нәтиже көрсетті. Шымкент қаласының екі түрлі өндірістік нысанында – «Су ресурстары-Маркетинг» ЖШС тұрмыстық-коммуналдық мекемесі мен «Петро Казахстан Ойл Продактс» мұнай өңдеу зауытының – ағынды суларын тазартуға арналған технологиялық сызбанұсқалар жасалды. Бұл сызбаларда биокоагулянттарды тазалау процесінің аралық кезеңдеріне енгізу арқылы ағынды сулардың органикалық ластануын айтарлықтай төмендетуге болатыны көрсетілді. Математикалық модельдеу нәтижелері бойынша үш валентті темір ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) мен бентониттің оңтайлы мөлшерлері анықталып, олардың ағынды судың ОХҚ көрсеткішін $88,1 \pm 7,9\%$ дейін төмендетуге мүмкіндік беретіні дәлелденді. Бұл ретте FeCl_3 сияқты дәстүрлі коагулянттармен салыстырғанда, бактериалды-химиялық жолмен алынған

коагулянттардың тазалау тиімділігі жоғары әрі экологиялық қауіпсіз болып табылады.

4.3 Ағынды суды тазалауда биокоагулянтты пайдаланудың экологиялық-экономикалық көрсеткіштері

Құрамында хемотрофты бактериялармен тотықтырылған үш валентті темірдің сульфаты бар биокоагулянттың экологиялық-экономикалық көрсеткіштері жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде есептелінді. Алынған биокоагулянттың экологиялық-экономикалық тиімділігі, ағынды суларды тазалауда пайдаланылатын дәстүрлі коагулянттармен салыстырмалы түрде жүргізілді. Алюминий немесе темір тұздарына негізделген дәстүрлі коагулянттар салыстырмалы түрде жоғары тиімділігіне қарамастан, бұл реагенттердің айтарлықтай кемшіліктері бар. Мәселен, алюминий тұздары суық суда немесе қышқыл немесе сілтілік ортада тиімді болмайды, ал темір тұздарына негізделген коагулянттарды қолдану - экономикалық жағынан тиімсіз қымбат болып табылады. 1 л бактериялық суспензияның калькуляциясы 321,16 теңгені құрады, келесі 18- кестеде көрсетілген:

Кесте 18. 1 л бактериялық суспензияның калькуляциялау

№	Реагент атауы	Бағасы, теңге кг	Мөлшері	Құны, теңге
1	(NH ₄) ₂ SO ₄	790	2,0 г/л	1,58
2	K ₂ HPO ₄	2690	1,0 г/л	2,69
3	MgSO ₄	300	0,5 г/л	0,15
4	NaCl	1200	0,2 г/л	0,24
5	FeSO ₄ ·7H ₂ O	370	44,2 г/л	16,5
6	H ₂ O	300	1 л	300
Барлығы				321,16

Бактериялардың екі валентті темірді толығымен тотықтыра алатынын ескере отырып, суспензиядағы FeSO₄·7H₂O мөлшері 44,2 г/л болғанда, тотықтырылғаннан кейінгі үш валентті темірдің массалық мөлшері 9,8 г/л құрайды.

Өртүрлі коагулянт үлгілерін салыстыру бойынша жиынтық деректер 19-кестеде келтірілген.

Кесте 19. Өр түрлі коагулянттардың салыстырмалы сипаттамалары

	Алюминий сульфаты	Темір хлориді	Алюминий оксихлориді	Биокоагулянт
Бағасы, тг/кг	420	12 000	500	321,16
Судың тазалану деңгейі	орташа	жоғары	орташа	жоғары
Дозалау (орташа), г/л	15	10	10	5,5

Кестеден көріп отырғанымыздай, кешенді биокоагулянт барлық салыстыру параметрлері бойынша дәстүрлі алюминий және темірқұрамды коагулянттардан айтарлықтай арзан және тиімді екені анықталды.

Сонымен қатар, ағынды суды тазалаудың нәтижесінде қоршаған ортаға тигізетін залалды шығынды да жоюға болады. Су ресурстарымен туындаған экономикалық залалды есептеу – Қазақстан Республикасының табиғатты пайдаланушылар үшін экологиялық залалды анықтау әдісіне сәйкес орындалды:

Пайыздық шығын бағалау

1. Шартты залал сомасын есептеу (тазаланбаған су үшін):

$$C_{\text{факт}}=30,5 \text{ мг/л}$$

$$C_{\text{норм}}=20,1 \text{ мг/л}$$

$$V_{\text{факт}}=2\,000\,000 \text{ м}^3$$

$$Z=(C_{\text{факт}}-C_{\text{норм}}) \times V \times \beta \quad (1)$$

Мұндағы:

β – 1 мг/л концентрация айырмасына сәйкес келетін шартты шығын.

$$Z = (30,5 - 20,1) \times 2\,000 \times 1,5 = 10,4 \times 2\,000\,000 \times 1,5 = 31\,200\,000$$

2. Экологиялық айыппұлдық төлем:

$$U = V \times R \times K \quad (2)$$

Мұндағы:

$$V = 2\,000\,000 \text{ м}^3$$

$$R = 15 \text{ тг/м}^3$$

$K = 1.5$ – ластану деңгейіне байланысты коэффициент

$$U = 2\,000 \times 15 \times 1.5 = 45\,000\,000 \text{ тг}$$

Су ресурстарын ластаудан келтірілген залал 31 200 000 тг, экологиялық төлем 45 000 000 тг құрайы. Алынған деректер хемотрофты микроағзаларды Шымкент қаласы кәсіпорындарының органика құрамды ағынды суларын тазартуда пайдалаудың экономикалық тиімді және экологиялық қауіпсіз екені туралы қорытынды жасауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде келесі қорытындылар алынды:

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 $95,1 \pm 0,5\%$, 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 тазalandы. 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 азайған, судағы оттегінің химиялық тұтынуы $69 \pm 0,5 \%$ -ға дейін түскен. Фенолдың тазару дәрежесі – $73,3 \pm 0,3 \%$ 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. Су ресурстарын ластаудан келтірілетін экологиялық залал мөлшері есептелді. Қоршаған орта үшін төленетін төлем 45 млн. тг құрады.

2. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде микроағза штаммдарымен екі валентті темірдің биологиялық тотығу процесінде температуралық фактордың айтарлықтай ықпал ететіндігі анықталды. *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық штамының 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 төмендесе $+10^{\circ}\text{C}$ температурада 3 тәулікте $10,0 \pm 0,1$ г/л мөлшерінен $1,0 \pm 0,1$ г/л-ге дейін төмендегіні белгілі болды. *A. ferrooxidans Ach 1* штамының екі валентті темірдің үш валентті темірге дейін тотықтыру ең үлкен жылдамдығы сағатына $0,5 \pm 0,1$ 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: $+28^{\circ}\text{C}$, pH 2,0-2,5, C:T = 1:10 $\pm$ 2.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абаканов Е.Н., Баймаганов А.К., Сүлейменова З.Б., Чиканова К. Қазақстандағы Экологиялық Саясат: Негіздері мен Перспективалары : оқу құралы. Астана: Lux Media Publishsing, 2021.-243б.
2. Мареев И.А. Качество питьевой воды как глобальная экологическая проблема// Молодой ученый, 2020. - №50- С.402.
3. Қазақстан Республикасының Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігінің 2019 ж. арналған Қоршаған ортаның жай-күйі туралы және ҚР табиғи ресурстарын пайдалану туралы Ұлттық баяндама: ҚР Энергетика Министрі бұйрығымен бекітілген 17.05.2019ж., №184. – 2019. – 563б.
4. ҚР қоршаған ортаны қорғауға 2023 жұмсалған шығындар туралы статистика. – 2024.-105б.
5. И.Ю. Шлёкова, А.И. Кныш. Механическая очистка сточных вод: учебное пособие. Омск: ФГБОУ ВО, 2020. – С.221.
6. Адельшин А.Б. Очистка нефтепромысловых сточных вод с использованием центробежных аппаратов / А.Б. Адельшин, А.А. Адельшин, Б.М. Гришин, М.В. Бикунова // Водоснабжение и санитарная техника, 2015. – № 2. – С. 29-35.
7. El-Batrawy O., El-Sonbati M., El-Awadly E., Hegazy T. 2020. Study on ferric chloride coagulation process and fenton's reaction for pretreatment of dairy wastewater. International Current Science, 10, 366–370.
8. Ostovar F., Abedinzadeh N., Pourkarim S., Mirblooki H., Yazdi M. Desalination and water treatment combination of coagulation and oxidation processes for treatment of real fish canning wastewater. International Current Science, - 2021. 10, P.203–207.
9. Пляц Д.С., Новикова М.А. Очистка сточных вод рыбоперерабатывающих производств и совместное применение процессов озонирования и сорбции// Вода: Химия и Экология, 10.-2024.-С.64-72.
10. Урбоков Е.А., Князев Р.А. Изучение новой системы аэрации для биологической очистки бытовых сточных вод// Материалы XXVI международной экологической студенческой конференции. Новосибирск, 2023. – с.70.
11. Roshanravan H., Borghei M., Hassani A.H., Vagheei R.. Nitrate removal from drinking water wells by heterotrophic denitrification using citric acid as a carbon source and ozonation. Journal of Water and Wastewater, 2021, 31(7), 63–77. <https://doi.org/10.22093/wwj.2020.201484.2928>.
12. Abascal E., Gómez-Coma L., Ortiz I., Ortiz A. Global diagnosis of nitrate pollution in groundwater and review of removal technologies. Science of The Total Environment, 2022, 810.
13. Vysotina A.A. waste water treatment of timber industry enterprises by flotation method// Молодежь. общество. современная наука, техника и инновации, - 2022, 2.- с.205-207.

14. Сушкова Л.Е. Перспективы применения электролиза для очистки природных и сточных вод// Сборник научных статей международной научно-практической конференции. Москва, 2025. – с.124-127.
15. Kedan Wang ^a, Dengke Yan ^a, Xiaolei Chen ^c, Zicong Xu ^a, Wang Cao ^a, Haisong Li ^b. New insight to the enriched microorganisms driven by pollutant concentrations and types for industrial and domestic wastewater via distinguishing the municipal wastewater treatment plants. Environmental Pollution Available online 23 August 2024, 124789.<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124789>
16. Richards J., Chambers T., Hales S., Joy M., Radu T., Woodward A., Humphrey A., Randal E., Baker M.G.. Nitrate contamination in drinking water and colorectal cancer: Exposure assessment and estimated health burden in New Zealand. Environmental Research, 2022,C.204.
17. Николаева Л.А. Биологическая очистка сточных вод предприятий нефтехимического комплекса и энергетики: учебное пособие / Л.А. Николаева, Р. Я. Исхакова. – Казань: КГЭУ, 2021. – 90 с.
18. Ерофеева М., Андреева Е.В., Катков И.С. Несколько слов об очистке сточных вод в окситенках// Материалы II Национальной научно-практической конференции. Том 2. под общ. ред. Т. В. Золиной. 2019. – С.418-420.
19. Yaneth A. Bustos-Terrones ^a, Erick R. Bandala ^b, Gabriela E. Moeller-Chávez ^c, Victoria Bustos-Terrones ^c. Enhanced biological wastewater treatment using sodium alginate-immobilized microorganisms in a fluidized bed reactor. Water Science and Engineering. Volume 15, Issue 2, June 2022, Pages 125-133.
20. Kamble P., Pandit A. Significant study of effect of aeration intensities on membrane bioreactor performance. International Journal of Scientific and Research Publications, 11, 2020.P.203–209.
21. Abascal E., Gómez-Coma L., Ortiz I., Ortiz A., 2022. Global diagnosis of nitrate pollution in groundwater and review of removal technologies. Science of The Total Environment, 810, 152233.
22. Rocher V., Mailler R., Mèche P., Pichon S., Bernier J., Guérin S., Ferro O., Augé A., Boursaud L., Bord G., Bulteau J., Azimi S. Clogging limitation of nitrifying biofilters: BiostyrDuo® process study. Water Practice and Technology, 2019.14(1), 43–54.
23. . Xin J., Wang Y., Shen Z., Liu Y., Wang H., Zheng X. 2021. Critical review of measures and decision support tools for groundwater nitrate management: A surface-to-groundwater profile perspective. Journal of Hydrology, 598, 126386.
24. Schada Von Borzyskowski I. Multiple levels of transcriptional regulation control glycolate metabolism in *Paracoccus denitrificans*// MBIO. 2024. T. 15. № 8.
25. Mannepalli K.R., Deshpande B., Mundeja P. Hot water sanitization and its impact on microbial biofilm causing bacteria *pseudomonas aeruginosa* and

Pseudomonas putida// Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 2022. C. 187-191.

26. Machado R.A.R., Loulou A., Bhat A.H., Mastore M., Terrettaz C., Brivio M.F., Kallel S. *Acinetobacter nematophilus* sp. Nov., *Alcaligenes nematophilus* sp. Nov., *Enterobacter nematophilus* sp. Nov., and *Kaistia nematophila* sp. Nov., isolated from soil-borne nematodes and proposal for the elevation of *Alcaligenes faecalis* subsp. *Faecalis*, *Alcaligenes faecalis* subsp. *Para-faecalis*, and *Alcaligenes faecalis* subsp. *Phenolicus* to the species level// Taxonomy. 2023. T. 3. № 1. C. 148-168.

27. Karataş steinum S., Turgay E., Yardimci R.E., Steinum T.M. türkiye'de yetiştiriciliği yapılan balıklarında (*Dicentrarchus labrax*) *Aeromonas veronii* biovar *veronii* enfeksiyonu// Journal Of Agriculture and Nature. 2023. T. 26. № 6. C. 1397-1404.

28. Tleukeyeva A.Ye., Alibayev N., Pankiewicz R., Issayeva A.U. The possibility of using green algae as fertilizer in agriculture// Научный журнал «Доклады НАН РК». -2021. -№1. -С.19–23.

29. Issayeva A.U., Uspabayeva A.A., Sattarova A.M., Shingisbayeva Z.A., Isaeva R. Consortium of hydrocarbon-oxidizing microorganisms as a basis for a biological product for treating petroleum industry waste in southern Kazakhstan // Ekoloji.- 2017.-№ 26(100).

30. Сыздыкова М.Н., Исаева А.У. Таксономическая характеристика тионовых бактерии *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS1, используемой для очистки органикосодержащих сточных вод// Вестник научных конференций, № 8-2 (108). г. Тамбов, 2024.С.76-79.

31. Syzdykova M.N., Gulzira A. A., Alikhan A. E. Investigation of the rate of biochemical oxidation of iron by the bacterial strain *Acidithiobacillus ferrooxidans* Ach 1 used for wastewater treatment// Proceeding of XI International Conference “Industrial Technologies and Engineering” ICITE-2024, M.Auezov South Kazakhstan State University. – Shymkent, Kazakhstan, 2024. P. 62-64.

32. Borilova, S., Mandl, M., Zeman, J., Kucera, J., Pakostova, E., Janiczek, O. Can sulfate be the first dominant aqueous sulfur species formed in the oxidation of pyrite by *Acidithiobacillus ferrooxidans* // J. Microbiol. – 2018. – Vol.9:3134. – P. 75-89.

33. Исаева А.У., Отарбекова А.А. Исследование эффективности использования жизнедеятельности железоокисляющих бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* в биологическом способе доизвлечения металлов из производственных отходов // Materialy IX Vedecko-Prakticka Konference. – Praha Publishing House Education and Science s.r.o, 2013. – С. 68-70.

34. Syzdykova M.N.,Kemelbekova G., Absattar G.,Kozhakhmetova A. Anatomical and morphological features of thionic bacteria// Proceeding of X International Conference “Industrial Technologies and Engineering” ICITE-2023, M.Auezov South Kazakhstan State University. – Shymkent, Kazakhstan, 2023. P. 299-301.

35. ҚР Экологиялық кодексі: 2021 жылғы 2 қаңтарда қабылданған – № 400- VI ҚРЗ. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K2100000400/k21400.htm>. 07.02.2023.
36. Семенова Т.С., Сергиенко О.И., Ульянов Н.Б. Очистка производственных сточных вод. Часть 1. Отстойники: Учебно-методическое пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2025. - 69 с.
37. Heyde, B.J., Braun, M., Soufi, L., Siebe, C., Siemens, J. Transition from irrigation with untreated wastewater to treated wastewater and associated benefits and risks// npj Clean Water, 8(1), 6. 2025y.
- Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 416 с.
38. Родионова А.Ю. Очистка карьерных сточных вод от приоритетных загрязнителей. В сборнике: Кузбасс: образование, наука, инновации. Материалы XI Инновационного конвента. Кемерово, 2023. С. 386-388.
39. Артемьева Н.Н. Оптимизация технологического процесса канализационно-очистных сооружений нефтегазового предприятия / Н.Н. Артемьева, К.В. Панасенко // Вестник Астраханского государственного технического университета, 2015. – № 1 (59). – С. 26-31.
40. Малкин В.С., Викарчук А.А., Соснин И.М., Денисова А.Г., Шафеев М.Р. Индикатор наличия органических загрязнителей в сточных водах промышленных предприятий Патент на полезную модель RU 190229 U1, 24.06.2019. Заявка № 2018136310 от 15.10.2018.
41. Neelova A.D., Shepilova E.M., Nosova E.I., Rongonen S.L., Parfenov V.A. A study of chemical and mechanical properties of paper under its laser cleaning. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics. 2023. T. 16. № S3.2. С. 114-119.
42. Сидоров Е.П. Физические возможности и особенности конструкции установки очистки сточной воды методом струйной имплозии. Universum: технические науки. 2023. № 8-1 (113). С. 6-14.
43. Kenzhegul Bolatkhan, Assem K. Sadvakasova, Bolatkhan K. Zayadan, Ardak B. Kakimova, Fariza K. Sarsekeyeva, Bekzhan D. Kossalbayev, Ayshat M. Bozieva, Saleh Alwasel, Suleyman I. Allakhverdiev. Prospects for the creation of a waste-free technology for wastewater treatment and utilization of carbon dioxide based on cyanobacteria for biodiesel production. Journal of Biotechnology. - 2020. - V. 324. P. 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2020.10.010>
44. Белоусова В.Ю., Зибарев Н.В., Сафронов С.С. Анализ физических факторов, воздействующих на процесс биологической очистки сточных вод. В сборнике: Межотраслевые исследования. Безбарьерная среда научной деятельности. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Стерлитамак, 2023. С. 83-88.

45. Dong Z. Treatment of oilfield wastewater in moving bed biofilm reactors using a novel suspended ceramic biocarrier / Z. Dong, M. Lu, W. Huang, X. Xu // *Journal of Hazardous Materials*, 2011. – V. 196. – P. 123-130.
46. “Efficient Detection and Classification of Brain Tumors Using a Novel Local Binary Pattern.” *Academia Engineering*, vol. 2, no. 1, Academia.edu Journals, 2025.
47. Труберг А.А., Кацерева О.В., Силос О.В., Терпугов Г.В. Исследование Очистки Сточных Вод Сульфатных Целлюлозно-Бумажных Заводов С Помощью Полупроницаемых Мембран. *Химическая промышленность сегодня*. 2012. № 2. С. 27-33.
48. Araslanova, L. Development of oil product contaminated wastewater treatment technology using sorbents based on mining waste / L. Araslanova, E. Kuznetsova, I. Tuktarova, A. Nazarov // *E3S Web of Conferences*. International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2020.
49. Bhupinder Kaur ^a, Raveena Choudhary ^b, Gaurav Sharma ^c, Loveleen Kaur Brar ^b. Sustainable and effective microorganisms method for wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*. Volume 319, July 2024, 100419. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100419>.
50. Yernazarova G.I., Bukharbayeva Zh.M., Zayadan B.K., Turasheva S.K., Omarova G.K. Development Of Technology For Biological Treatment Of Oily Wastewater With A Consortium Of Microorganisms, Microalgae And Aquatic Plants. *Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series*. 2021. T. 102. № 2. С. 30-36.
51. Egorova M.V. Review Of Biological Treatment Facilities For Wastewater From Mcc. В сборнике: *Theory and practice of modern science: the view of youth*. Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference in English. In 2 parts. Saint Petersburg, 2025. С. 221-226.
52. Biliaiev, M. M., Mashykhina, P. B., Pobiedonnyi, R., Chirkov, A., & Chyrva, M. V. Mathematical Model of Oxygen Regime Analysis in a Bioreactor. *Science and Transport Progress*, (1(105), 5–12. 2024.
53. Sravan JS, Matsakas L, Sarkar O. Advances in Biological Wastewater Treatment Processes: Focus on Low-Carbon Energy and Resource Recovery in Biorefinery Context. *Bioengineering (Basel)*. 2024
54. Maulana, Aulia & Adiandri, Resa & Boopathy, Raj & Setiadi, Tjandra. (2022). Extraction, characterization, and biosurfactant properties of extracellular polymeric substance from textile wastewater activated sludge. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.
55. Qi, Kang & Li, Zhengwen & Zhang, Chen & Tan, Xuejun & Wan, Chunli & Liu, Xiang & Wang, Li & Lee, Duu-Jong. (2020). Biodegradation of real industrial wastewater containing ethylene glycol by using aerobic granular sludge in a continuous-flow reactor: Performance and resistance mechanism. *Biochemical Engineering Journal*. 161. 107711. 10.1016/j.bej.2020.107711.

56. Xuyi Ji, Mingxuan Zhu, Man Li, Ning Wang, Mei Li, Li Song, and Rui Shan. Adsorption and Degradation of Organics in Wastewater on Municipal Sludge. *ACS Omega* 2023, 8 (37), 33349-33357 DOI: 10.1021/acsomega.3c02765
57. Liu, Z., Smith, S.R. Enzyme Recovery from Biological Wastewater Treatment. *Waste Biomass Valor* 12, 4185–4211 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01251-7>
58. Azadi P. Catalytic reforming of activated sludge model compounds in supercritical water using nickel and ruthenium catalysts / P. Azadi, E. Afif, H. Foroughi, T. Dai, F. Azadi, R. Farnood // *Applied Catalysis B: Environmental.*, 2013. – V. 134-135. – P. 265-273.
59. Aljuboury D. al deen Atallah. Treatment of petroleum wastewater using combination of solar photo-two catalyst TiO₂ and photo-Fenton process / D. al deen Atallah Aljuboury, P. Palaniandy, H. B. A.Aziz, Shaik Feroz // *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2015. – V. 3, I. 2. – P. 1117-1124.
60. Hubert, Bimenyimana & Bashir, Misbah & Nasir, Humaib. (2018). Mathematical modeling and analysis of domestic wastewater treatment in Phagwara using moving bed biofilm reactor. 10.13140/RG.2.2.25205.01768.
61. Elsayed, Manar & Abdel-Raouf, Manar El-Sayed. (2019). Wastewater Treatment Methodologies, Review Article. 18.
62. Huang-Shuang Liu, Guang-Guo Ying, You-Sheng Liu, Yuan-Yuan Yang, Liang-Ying He, Jun Chen, Wang-Rong Liu, Jian-Liang Zhao, Occurrence and removal of progestagens in two representative swine farms: Effectiveness of lagoon and digester treatment, *Water Research*, Volume 77, 2015, P.146-154.
63. Y.K. Lin, G. Chen, J. Yang, X.L. Wang, Formation of isotactic polypropylene membranes with bicontinuous structure and good strength via thermally induced phase separation method, *Desalination*, Volume 236, Issues 1–3, 2020, Pages 8-15.
64. Гончаренко Е.Е. Использование компьютерной технологии для изучения процессов очистки сточных вод и их интенсификации / Е.Е. Гончаренко, Б.С. Ксенофонтов, А.М. Голубев, Е.В. Петрова // *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки*, 2015. – № 4. – С. 115-125.
65. Hinkova A. Degradation of Food industrial pollutants by photocatalysis with immobilized titanium dioxide / A. Hinkova, S. Henke, Z. Bubnik, V. Pour, A. Salova, M. Slukova, E. Sarka, // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2015. – V. 27. – P. 129-135.
66. Маликов И.Н. Углеродные сорбенты в промышленности / И.Н. Маликов, Ю.И. Кураков, А.Н. Свиридова // *Современные тенденции развития науки и технологий*, 2015. – № 6-2. – С. 74-78.
67. Zeng, Taotao & Wang, Liangqin & Zhang, Xiaoling & Song, Xin & Li, Jie & Yang, Jinhui & Chen, Shengbing & Zhang, Jie. (2022). Characterization of Microbial Communities in Wastewater Treatment Plants Containing Heavy Metals Located in Chemical Industrial Zones. *International journal of environmental research and public health*. 19. 10.3390/ijerph19116529.

68. Xu, R.; Huang, D.Y.; Sun, X.X.; Zhang, M.M.; Wang, D.B.; Yang, Z.H.; Jiang, F.; Gao, P.; Li, B.; Sun, W. Diversity and metabolic potentials of As(III)-oxidizing bacteria in activated sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 2021.
69. Фаттахова А.М. Применение катализаторов в окислительных процессах очистки природных и сточных вод / А.М. Фаттахова, А.Г. Кирсанова, Р.И. Хангильдин, В.А. Мартяшева // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура, 2011. – №2. – С. 83-87.
70. Emam E. A. Effect of ozonation combined with heterogeneous catalysts and ultraviolet radiation on recycling of gas-station wastewater / E. A. Emam // *Egyptian Journal of Petroleum.*, 2012. – V. 21, I. 1. – P. 55-60.
71. Sekaran G. Immobilization of *Bacillus* sp. in mesoporous activated carbon for degradation of sulphonated phenolic compound in wastewater / Sekaran G., Karthikeyan S., Gupta V.K., Boopathy R., Maharaja P. // *Materials Science and Engineering: C.*, 2013. – V. 33, I. 2. – P. 735-745.
72. Hamawand I. Energy Consumption in Water/Wastewater Treatment Industry—Optimisation Potentials. *Energies*. 2023; 16(5):2433. <https://doi.org/10.3390/en16052433>
73. Andrei, H.; Badea, C.A.; Andrei, P.; Spertino, F. Energetic-Environmental-Economic Feasibility and Impact Assessment of Grid-Connected Photovoltaic System in Wastewater Treatment Plant: Case Study. *Energies* 2021, 14, 100.
74. De Medeiros, A.D.M.; da Silva Junior, C.J.G.; de Amorim, J.D.P.; Nascimento, H.A.; Converti, A.; de Santana Costa, A.F.; Sarubbo, L.A. Biocellulose for Treatment of Wastewaters Generated by Energy Consuming Industries: A Review. *Energies* 2021, 14, 5066.
75. Spennati, E.; Casazza, A.A.; Converti, A. Winery Wastewater Treatment by Microalgae to Produce Low-Cost Biomass for Energy Production Purposes. *Energies* 2020, 13, 2490.
76. Alkhatib M.F. Isolation of bacterial strain for biodegradation of fats, oil and grease / Alkhatib M.F., Alam M.Z., Shabana, H.F.M. // *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 2015. – V. 19, I.1. – P. 138-143.
77. Cornish S.S.L. Ammonium concentrations in produced waters from a mesothermic oil field subjected to nitrate injection decrease through formation of denitrifying biomass and anammox activity / S.L.S. Cornish, M. Yurkiw, S. Lin, A.A. Grigoryan, A. Lambo, H.-S. Park, B.P. Lomans, E.D. Van Biezen, M.S.M. Jetten, G. Voordouw // *Applied and Environmental Microbiology.*, 2010. – V. 76, I. 15. – P. 4977-4987.
78. Preisner, M. Surface Water Pollution by Untreated Municipal Wastewater Discharge Due to a Sewer Failure. *Environ. Process.* 7, 767–780 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40710-020-00452-5>
79. Семенов В.В., Луговкин А.Н. Очистка сточных вод в молочной промышленности. *Молочная промышленность*, 2020. – № 8. – С. 26-29.

80. Мазуряк, О. Н. Очистка сточных вод молокозаводов / О. Н. Мазуряк // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2016. – Т. 1. – С. 432–440.
81. Полетаева, М. А. Пути решения проблемы очистки сточных вод молочного предприятия / М. А. Полетаева, О. С. Осадчая, Н. А. Рузаева // Ползуновский вестник. – 2013. – № 1. – С. 273–275.
82. Ксенофонтов Б.С. Очистка жиросодержащих сточных вод / Б.С. Ксенофонтов, М.Н. Моисеев, Л.А. Дулина. – М.: Знание, 2012. – 212с.
83. Alwared, Abeer & Noora, Saad. (2015). Coagulation-Flotation Process for Removing Oil from wastewater using Sawdust+ Bentonite . 21. 62-76.
84. Xue Chen, Qian Chen, Xiaomeng Ma, Jun Yu & Jun Yuan. (2020) Preparation of superhydrophobic mesh and application in multi-stage parallel oil/water separation system. *Journal of Dispersion Science and Technology* 41:1, pages 39-46.
85. Ramsuroop, J.; Gutu, L.; Ayinde, W.B.; Basitere, M.; Manono, M.S. A Review of Biological Processes for Dairy Wastewater Treatment and the Effect of Physical Parameters Which Affect Their Efficiency. *Water* 2024, 16, 537. <https://doi.org/10.3390/w16040537>
86. Ramsuroop J, Gutu L, Ayinde WB, Basitere M, Manono MS. A Review of Biological Processes for Dairy Wastewater Treatment and the Effect of Physical Parameters Which Affect Their Efficiency. *Water*. 2024; 16(4):537. <https://doi.org/10.3390/w16040537>
87. Дятлова, Т.В. Очистка сточных вод молокозаводов / Т.В. Дятлова, С.Г. Певнев, Т.Г. Федоровская – СПб.: Водоснабжение и санитарная техника, 2008. – 201 с.
88. Мазуряк, О.Н. очистка сточных вод молокозаводов / О.Н. Мазуряк // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2016. – Т. 1. – С. 432–440.
89. Мамай Д.С., Бабенышев С.П., Мамай А.В., Иванец В.А., Хоха Д.С. Методология Решения Проблемы Очистки Стоков Молокоперерабатывающих Предприятий. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 1 (91). С. 214-221.
90. Мазуряк О.Н. Очистка Сточных Вод Молокозаводов Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т. 1. С. 432-440.
91. Sinha, Surbhi & Srivastava, Abhinav & Mehrotra, Tithi & Singh, Rachana. (2019). A Review on the Dairy Industry Waste Water Characteristics, Its Impact on Environment and Treatment Possibilities: Case Studies from India. 10.1007/978-3-319-99398-0_6.
92. Oller I. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review / Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A. // *Science of The Total Environment*, 2011. – V. 409, I. 20. – P. 4141-4166.

93. Байлад, Г. Технология производства молочных продуктов TetraPak / Г. Байлад. – М.: TetraPak, 2000. – 440 с.

94. Козыбаев А., Султангазиева Г.С., Алимкулова Ж.Д. Очистка Сточных Вод Пищевой Промышленности. Инновационные технологии в науке: управление качеством, метрологическое обеспечение, новые подходы и цифровизация производства в сфере АПК. Сборник научных материалов I Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к Всемирному дню метрологии. Саратов, 2023. С. 689-693.

95. Маркитанова, Л.И. Водоснабжение и очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности: учеб. пособие / Л.И. Маркитанова, В.В. Кисс, Т. Т. Каверзнева. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 134 с.

96. Ксенофонтов Б.С. Очистка жиросодержащих сточных вод / Б.С. Ксенофонтов, М.Н. Моисеев, Л.А. Дулина. – М.: Знание, 2012. – 212с.

97. Алламуратов К.К., Аметов Я.И. Очистка Коммунально-Бытовых Сточных Вод И Промышленных Стоков Булатовские чтения. 2019. Т. 4. С. 30-31.

98. Медведев И.А., Мустафин Р.Н., Карева Е.И., Молоканова Ю.П. Изучение Основных Технических Характеристик Методики Электрогидравлического Удара Для Очистки Сточных Вод Коммунально-Бытового Хозяйства.. Сборник научных трудов II Ежегодной международной научно-практической конференции и Международных научно-практических конференций. Москва, 2024. С. 1149-1153.

99. Baidya, A., Akter, T., Islam, M. R., Shah, A. A., Hossain, M. A., Salam, M. A., & Paul, S. I. (2021). Effect of different wavelengths of LED light on the growth, chlorophyll, β -carotene content and proximate composition of *Chlorella ellipsoidea*. *Heliyon*, 7(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08525>

100. Roshanravan H., Borghei M., Hassani A.H., Vagheei R. 2021. Nitrate removal from drinking water wells by heterotrophic denitrification using citric acid as a carbon source and ozonation. *Journal of Water and Wastewater*, 31(7), 63–77. (in Persian) <https://doi.org/10.22093/wwj.2020.201484.2928>

101. Jensen V.B., Darby J.L., Seidel C., Gorman C. 2014. Nitrate in Potable Water Supplies: Alternative Management Strategies, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44(20), 2203–2286. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.828272>.

102. Schussman MK, McLellan SL. Effect of Time and Temperature on SARS-CoV-2 in Municipal Wastewater Conveyance Systems. *Water*. 2022; 14(9):1373. <https://doi.org/10.3390/w14091373>

103. Xu Z, Dai X, Chai X. Effect of temperature on tertiary nitrogen removal from municipal wastewater in a PHBV/PLA-supported denitrification system. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019 Sep;26(26):26893-26899. doi: 10.1007/s11356-019-05823-6. Epub 2019 Jul 13. PMID: 31302889.

104. Auffret M.D. Importance of *Rhodococcus* strains in a bacterial consortium degrading a mixture of hydrocarbons, gasoline, and diesel oil additives

revealed by metatranscriptomic analysis / Auffret, M.D., Yergeau, E., Labbé, D., FayolleGuichard, F., Greer, C.W. //Applied Microbiology and Biotechnology, 2014. – P. 12.

105. Бурыкин А.В. Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов / А.В. Бурыкин, В.В. Козлов // В мире научных открытий, 2012. – №2 – С. 99-102.

106. Баландина А.Г. Развитие мембранных технологий и возможности их применения для очистки сточных вод предприятий химии и нефтехимии / А.Г. Баландина, Р.И. Хангильдин, И.Г. Ибрагимов, В.А. Мартяшева // Нефтегазовое дело, 2015. – № 5. – С. 336-375.

107. Mustapha, Hassana. (2018). Treatment of Petroleum Refinery Wastewater with Constructed Wetlands. 10.1201/9780429450921.

108. Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду. Утверждена приказом Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 10 марта 2021 года № 63. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 11 марта 2021 года № 22317.

109. Проект Нормативов Эмиссий (Ндс) Загрязняющих Веществ, Поступающих Со Сточными Водами Шымкентского Нефтеперерабатывающего Завода Тоо «Петроказакстан Ойл Продактс» В Пруд-Испаритель На 2023-2026 Годы. Алматы 2023г.

110. Ксенофонтов, Б.С. Водоподготовка и водоотведение: учеб. пособие / Б.С. Ксенофонтов. - М. : ИНФРА-М, 2020. - 298 с.

111. Гандурина, Л. В.и Основы химии и микробиологии воды : учебное пособие / Л. В. Гандурина, А. Н. Рожков ; рец. Н. Е. Кручинина ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева. - Москва : Издательство РГАУ-МСХА, 2016. - 168 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 160 (13 назв.). - ISBN 978-5-9675-1422-7 : 66 p.

112. Муйдинов Ж.Б. Синтетикалық адсорбенттерді қолдану арқылы ағынды суларды тазарту. // ҚР Ұлттық инженерлік академиясының еңбектері. – 2021. – №4. – Б. 78–85.

113. Тимергазина И.Ф. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами / И.Ф. Тимергазина, Л.С. Переходова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. – Т.7. – №1. – http://www.ngtp.ru/rub/7/16_2012.pdf.

114. Guang H. Analysis of low-temperature oil-degrading bacteria for municipal wastewater in northern winter / H. Guang, J.H. Wang, D. Cui, X. Liu, S.S. Feng, // International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development, ICEESD 2021; Shanghai; China; Code 87168, 2012. – V. 347-353. – P. 2028-2032.

115. Li, Y., Zhang, H., et al. (2021). "Integrated microbial and physicochemical techniques for restoring freshwater ecosystems: A review." Science of the Total Environment, Vol. 773, 145561

116. Kaur, R., Arora, S., et al. (2020). *"Immobilization of bacteria in alginate beads for wastewater treatment: A review on recent advances."* Environmental Technology & Innovation, Vol. 20, 101108. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101108>
117. Awasthi, S. K., Liu, T., et al. (2020). *"Exploring the role of microbial communities in organic waste valorization: A comprehensive review on composting and anaerobic digestion."* Science of the Total Environment, Vol. 748, 141440. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141440>
118. Ravindran, B., Jaiswal, A. K. (2021). *"A comprehensive review on pre-treatment strategy for lignocellulosic food waste for bioconversion."* Bioresource Technology, Vol. 337, 125398. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125398>
119. Lai, Y. C., Chien, M. W., et al. (2021). *"Utilization of fermented fruit and vegetable waste as a microbial resource for nutrient removal in wastewater treatment."* Bioresource Technology, Vol. 330, 124977. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124977>
120. Mirella Bianca Gama de Almeida ^a, Amanda Maria Dantas de Jesus ^a, Alessandro Sanches Pereira ^b, Fabiana Alves Fiore ^a. *Evaluating centrifuged water treatment plant sludge as an adsorbent for nutrients, microorganisms, and heavy metals removal from wastewater.* Journal of Cleaner Production. Volume 468, 25 August 2024, 142975. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142975>.
121. Matilainen, A., Vepsäläinen, M., & Sillanpää, M. (2020). *Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: A review.* Advances in Colloid and Interface Science, 285, 102270. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102270>
122. Peng, N., et al. (2022). *Ultraviolet disinfection reduces airborne bacteria and antibiotic resistance genes in bioaerosols from wastewater treatment plants.* Science of the Total Environment, 830, 154719. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154719>
123. Шевкопляс В.Н., Дорошкевич Н.В. Биokoагуляция/ Осаждение Гуматов Калия Экзобелками Микромицетов. Сборник материалов Одиннадцатой Международной научной конференции. Великий Новгород, 2021. С.312-313.
124. Tleukeyeva A.Ye., Pankiewicz R., Issayeva A., Alibayev N., Tleukeyev Zh. *Green Algae as a Way to Utilize Phosphorus Waste// Journal of ecological engineering.* - 2021. -№ 22(10). –С. 235–240.
125. Tleukeyeva A. Ye., Myrzabayeva Zh. K., Issayeva A. U. , Baitasheva G. U., Yerimbetova A. A. *The role of higher vascular plants in biological wastewater treatment //Доклады Национальной Академии Наук Республики Казахстан.* - 2021. - № 2.
126. Kilmer, V. J., & Hinkle, M. E. (1947). *Isolation of Thiobacillus ferrooxidans from acid my drainage.* Journal of Bacteriology, 54(3), 261–266.

127. Камалов М.Р., Илялетдинов А.Н. Физиология и биохимия *Acidithiobacillus ferrooxidans*: метаболизм и участие в окислении металлов // *Микробиология*. – 2001. – Т. 70. – №5. – С. 627–634.
128. Соколова Г.А. К физиологии тионовых бактерий // *Микробиология*. – 1957. – Т. 26. – №5. – С. 593–599.
129. Каценович Е.П. Биохимические основы использования тионовых бактерий в процессах очистки сточных вод, содержащих сероводород и сульфиды // *Микробиология*. – 1972. – Т. 41. – №3. – С. 437–443.
130. Четверикова Д.В. Биовыщелачивание цветных металлов из техногенных минеральных образований с использованием культур *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Ferroplasma* sp.: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: СПбГМТУ, 2009. – 23 с.
131. Bertani, R., et al. (2020). Self-heating and spontaneous ignition potential of sewage sludge during drying: Thermo-oxidative behaviour and critical safety parameters. *Journal of Hazardous Materials*, 398, 122896. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122896>
132. Butovsky M.E. 2010. Pyrophoric iron sulfide// *Gas industry*, 2, 19–23.
133. Nolan D.P. 2019. Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities, 4.
134. He, J., et al. (2023). Compositional analysis and pyrophoricity of iron sulfide corrosion products in refineries. *Corrosion Science*, 212, 110897. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2023.110897>
135. Gupta, R., & Mahato, B. (2020). *Spontaneous combustion behavior of iron sulfide deposits in hydrocarbon processing industries*. *Process Safety and Environmental Protection*, 136, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.01.017>
136. Kong D., Liu P., Ping P., Chen G. 2016. Evaluation of the pyrophoric risk of sulfide mineral in storage. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 44, 487–494.
137. Li, Y., et al. (2022). *Formation mechanism and safety hazard of pyrophoric iron sulfide in oil refining equipment*. *Fuel*, 319, 123673. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123673>
138. Bertrand, Valerie. “Effect of Sulfide Impurities on the Reactivity of Pyrite and Pyritic Concentrates: a Multi-Tool Approach.” *Applied Geochemistry*, Elsevier BV, 2001.
139. Nuñez H. 2017. Molecular systematics of the genus *Acidithiobacillus*: insights into the phylogenetic structure and diversification of the taxon. *Front. Microbiol.*, 8(30).
140. Patent SU1404462A1. Method of deactivating pyrophoric ferrous sulfides
141. МЕМСТ 26670-91 Тағам өнімдері. Микроағзаларды өсіру әдістері
142. МЕМСТ 1652.3-77 Темірді трилонометриялық және комплексонометриялық анықтау әдісі

143. МЕМСТ 54667-2011 Сүт және сүтті өңдеу өнімдері. Қанттың массалық үлесін анықтау әдістері
144. МЕМСТ 59024 -2020 Су. Сынаманы алуға қойылатын жалпы талаптар
145. МЕМСТ 26449.1-85 Ағынды судағы құрғақ қалдық мөлшерін гравиметриялық анықтау
146. БҚ 52.24.382-2006 Су құрамындағы фосфаттардың массалық концентрациясын фотометриялық әдіспен анықтау
147. ҚР СТ ИСО 9297 – 2008 Су сапасы. Су құрамындағы хлоридтерді Мор әдісі бойынша анықтау әдістері
148. МЕМСТ 3351-74 Ауыз суы. Дәмін, иісін және мөлдірлігін анықтау әдістері
149. МЕМСТ 26449.1-85 Су. Су құрамындағы аммонийлі азотты титрометриялық әдіспен анықтау әдістері
150. МЕМСТ 4979-49 Шаруашылық-ауыз су және өнеркәсіптік сумен қамтамасыз ету. Химиялық талдау әдістер
151. МЕМСТ 4151-72 Ауыз суы. Жалпы кермектілігін анықтау әдістері
152. МЕМСТ 14.1:2.122-97 Суды сандық химиялық талдау. Беттік және ағынды сулардағы майлардың массалық шоғырын өлшеу әдістемесі
153. МЕМСТ 31859—2012 Су. Судағы ОХҚ көрсеткішін анықтау
154. БҚ 52.24.420-2006 Ағынды судағы ОБҚ көрсеткішін анықтау әдістері
155. ҚР СТ ИСО 17294-2-2006 Судың сапасы. Индуктивті-байланысқан плазмалы масс-спектрометриялық талдау
156. МЕМСТ 13685-84 Ас тұзы. Сынау әдістері
157. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах / П. А. Волкова, А. Б. Шипунов. - Москва : Форум, 2012. - 96 с.
158. Montagnolli R.N. Applied models to biodegradation kinetics of lubricant and vegetable oils in wastewater / R.N. Montagnolli, P.R.M. Lopes, E.D. Bidoia // International Biodeterioration and Biodegradation, 2009. – V. 63, I. 3. – P. 297305.
159. Silva, T., & Oliveira, R. (2023). Relationship between COD levels and biofilm-forming ciliates in polluted freshwater ecosystems. *Science of The Total Environment*, 847, 157560. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157560>
160. Ivanova, E., Petrov, P., & Stoyanov, D. (2021). Influence of organic pollutants on protozoan population dynamics in urban effluents. *Water Research*, 191, 116815. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116815>
161. Kumar, S., & Singh, R. (2020). Bioindicator role of protozoa in assessing urban wastewater pollution. *Ecological Indicators*, 112, 106158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106158>
162. Smith, V. H., & Schindler, D. W. (2021). Eutrophication science: Where do we go from here? *Trends in Ecology & Evolution*, 36(4), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.12.009>

163. Wang, Y., Li, M., & Chen, L. (2022). Effects of phosphate enrichment on cyanobacterial blooms in freshwater ecosystems. *Water Research*, 209, 117925. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117925>
164. Chen, X., & Sun, J. (2020). Effects of phosphorus concentration on growth and toxin production of *Microcystis aeruginosa*. *Harmful Algae*, 91, 101760. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101760>
165. Liu, J., & Zhao, B. (2021). Phosphorus-induced changes in water quality and cyanobacteria proliferation: A review. *Environmental Pollution*, 270, 116243. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116243>
166. Torres, R., & Martinez, G. (2020). Influence of dissolved oxygen depletion on microbial communities in aquatic ecosystems. *Water Research*, 184, 116124. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116124>
167. Kim, H., & Lee, S. (2022). Impact of elevated water temperatures on phytoplankton dynamics and eutrophication in lakes. *Ecological Engineering*, 176, 106509. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106509>
168. Nguyen, P., & Tran, D. (2023). Thermal stress and its effect on aquatic biota and dissolved oxygen concentration in river ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 321. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11025-7>
169. Шатрова Т.Н. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод / Т.Н. Шатрова // Молодежный научно-технический вестник, 2013. – № 11. – С. 22.
170. Матенькова Е.А. Состав микробных ассоциаций дерново-подзолистых почв с нефтяным загрязнением / Е.А. Матенькова, Н.Н. Наплекова // Достижения науки и техники АПК, 2009. – №4. – С. 20-21.
171. Liu, X., Zhang, Y., & Wang, J. (2021). Microbial community structure and function in activated sludge systems under different operational conditions. *Water Research*, 189, 116629. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116629>
172. Sharma, P., & Singh, R. (2023). Protozoa as bioindicators in wastewater treatment plants: Monitoring effluent quality and system health. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 14567–14581. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22999-2>
173. Kim, H., & Lee, S. (2021). Role of benthic and planktonic protozoa in activated sludge bioreactors under varying nutrient loads. *Water Science and Technology*, 83(12), 2849-2860. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.424>
174. Rahman K.S.M. Bioremediation of gasoline contaminated soil by a bacterial consortium amended with poultry litter, coir pith and rhamnolipid biosurfactant / K.S.M. Rahman, I.M. Banat, T.J. Rahman, T. Thayumanavan, P. Lakshmanaperumalsamy // Bioresour. Technol, 2002. – V. 81. – P. 25–32.
175. Wen Zhang ^a, Xiaohui Ren ^a, Jun He ^a, Qingrui Zhang ^a, Cui Qiu ^a, Baomin Fan ^b. Application of natural mixed bacteria immobilized carriers to different kinds of organic wastewater treatment and microbial community comparison. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 377, 5 September 2019, Pages 113-123. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.05.068>.

176. Иванов, С.В., Петрова, Н.И. «Биология активного ила в очистке сточных вод». — Москва: Наука, 2018. — 320 с.
177. Smith, J., & Jones, A. (2017). Microbial communities in activated sludge systems: ecology and indicators. *Water Research*, 120, 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.034>
178. Абдрахманов, Т.Б., & Мухамеджанов, Е.К. (2020). Микробиология сточных вод и методы биоиндикации. *Вестник экологии и природопользования*, 12(3), 45-56.
179. Егорова, М.Л., & Кузнецова, О.П. (2016). Роль гидробионтов в оценке качества очистки сточных вод. *Экология и промышленность России*, 20(8), 32-40.
180. Zhang, L., & Wang, X. (2019). Indicator microorganisms for monitoring wastewater treatment efficiency. *Journal of Environmental Management*, 230, 51-59.
181. Yao J., Wang M., Tang Y.Q. Co-inoculation with beneficial microorganisms enhances tannery sludge bioleaching with *Acidithiobacillus thiooxidans*. // J. Environmental Science and Pollution Research. – 2022. –Vol.29 – P.48509–48521.
182. Сыздыкова М.Н., Исаева А.У., Ағынды суды тазалауда пайдаланылатын *Acidithiobacillus ferrooxidans ach 1* бактериялық штамының темірді биохимиялық тотықтыру жылдамдығын зерттеу. Научный журнал «Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки», № 1 (17). Семей, 2025г. С.398-403
183. Нұрымбетов, Б.Ә., & Жұмабеков, Қ.Т. (2019). Сүт өндеу кәсіпорындарының экологиялық қауіпсіздігі және суды тұтыну мәселелері. *Техникалық ғылымдар журналы*, 6(2), 45-51.
184. Гладкова, Н.Ф., & Чурилов, С.А. (2017). Особенности сточных вод молочных предприятий и их биологическая очистка. *Водоснабжение и санитарная техника*, (10), 34–38.
185. Rajagopal, R., & Massé, D.I. (2021). Characterization of dairy wastewater and evaluation of treatment technologies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 104665.
186. Tikari, P., & Møller, H.B. (2016). Dairy wastewater treatment using anaerobic and aerobic processes: A review. *Water Science & Technology*, 73(10), 2354–2365. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.064>
187. Chen C. A novel “wastes-treat-wastes” technology: Role and potential of spent fluid catalytic cracking catalyst assisted ozonation of petrochemical wastewater / C. Chen, J. Yu, B. A. Yoza, Q. X. Li, G. Wang // Journal of Environmental Management., 2015. – V. 152. – P. 58-65.
188. Syzdykova M.N. Issayeva A.U., Kidirbayeva Kh.K., Absattar G.A. The possibility of using bacterial suspension *Acidithiobacillus ferrooxidans Ach 1* as a biocoagulant for wastewater treatment of milk processing enterprises. Научный журнал «Industrial Technology and Engineering» 2022, 1 (42): pp 46-50. ISSN: 2223-3911

189. Сарсенова, Ж.Б., & Сейдахметова, С.К. (2021). Су ресурстарының мұнай өнімдерімен ластануы және олардың экологиялық салдары. *Қазақ ұлттық университетінің хабаршысы. Экология сериясы*, 65(2), 54–59.
190. Тусупбекова, Г.К., & Алтынбеков, Е.Р. (2020). Мұнаймен ластанған сулардың биосфераға әсері және тазарту жолдары. *Экологиялық журнал*, 3(17), 22–27.
191. Базарбаева, Г.Т. (2018). Өндірістік ағынды суларды механикалық тазалау әдістері. *ҚазҰТЗУ хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы*, 6(128), 45–50.
192. Ахметов, Б.Б. (2019). Мұнай өнімдерімен ластанған ағынды суларды флотоция әдісімен тазарту. *ҚР ҰҒА Хабаршысы. Химия және технология сериясы*, (3), 74–78.
193. Abdulkareem L., Al-sareji O.J., Obaid Z., Abdulhusain N., Satyi S. 2020. Removal of COD and TOC from domestic wastewater by using alum and peels of sunflowers seeds as natural coagulant. *Eurasian Journal of Bio Sciences*, 14, 2011–2014.
194. Altaher, Hossam, Qada, Emad, Omar, Waid. 2011. Pretreatment of wastewater streams from petroleum/petrochemical industries using coagulation. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 1, 245–251.
195. Abdulkareem L., Al-sareji O.J., Obaid Z., Abdulhusain N., Satyi S. 2020. Removal of COD and TOC from domestic wastewater by using alum and peels of sunflowers seeds as natural coagulant. *Eurasian Journal of Bio Sciences*, 14, 2011–2014.
196. Aghabalaei, Vahid. (2020). Fenton.
197. Ahmad H., Lafi W., Abushgair K., Assbeihat J.M. 2016. Electrocoagulation and Biological Techniques for the Municipal Wastewater Treatment. *Int. Journal of Appl. Eng. Res.*, 11, 11014–11024.
198. Ayguna A., Yilmazb T. 2010. Improvement of coagulation-flocculation process for treatment of detergent wastewaters using coagulant aids. *International Journal of Chemistry and Environmental Engineering*, December, 97–101.
199. Azli F., Azoddein A., Abu Seman M.N., Hamid A., Tajuddin T., Nurdin S. 2020. Treatment of Petroleum-Based Industrial Wastewater Using Electrocoagulation Technology. *Advances in Waste Processing Technology*. Springer Nature Singapore: Pte Ltd, 49–59.
200. Bhairi S.M., Mohan C. 2007. Detergents: A guide to the properties and uses of detergents in biological systems. In: EMD Biosciences; 20–21 November; San Diego, CA, 43.
201. Roy C.K., Jahan M.A., Rahman S.S. 2018. Characterization and Treatment of Textile Wastewater by Aquatic Plants (Macrophytes) and Algae. *European Journal of Sustainable Development Research*, 2, 29–30

202. Saravanan J., Priyadharshini D., Soundammal A., Sudha G., Suriyakala K. 2017. Wastewater Treatment using Natural Coagulants. *International Journal of Civil Engineering*, 4, 40–42
203. Slavov A.K. 2017. Wastewaters general characteristics and treatment possibilities. *Food Technology and Biotechnology*, 10, 17113–17120.
204. Issayeva A.U., Abubakirova A., Syzdykova M.N., Arystanova S.D., Anlamasova G.A. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ and Bentonite Use to Reduce COD Indicators in Wastewater Containing Detergents. *Journal of Ecological Engineering (JEE)*, 2022; no. 23(3), pp. 68–73, DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/145468>
205. Akmaral Issayeva¹, Marzhan Syzdykova^{2*}, Ainagul Akhmet², Zhumabek Bakhov³, Zhanna Ospanova⁴, Bakhytzhan Chingisbayev¹, Manzura Kamalova⁵, Saulet Karimova¹. Use of *Acidithiobacillus ferrooxidans* for Decontamination of Explosive Waste from Oil Refineries. *Journal of Ecological Engineering* 2023, 24(7), 19–24 <https://doi.org/10.12911/22998993/163250>

Авторлық куәлік және енгізу актісі



СОГЛАСОВАНО

Проректор по НР и И
ЮКУ им. М. АуэзоваСудейменов У.С.
(подпись)
«04» 04 2025 г.

УТВЕРЖАЮ

Проректор по научным вопросам

Ю.С. Мангалиев Е.И.



АКТ

Внедрения НИР «Устойчивое развитие и зеленые технологии южного региона Казахстана» ГБ-21-03-04 в учебный процесс.

Настоящий акт составлен по итогам НИР, выполненной на кафедре «Экология».

Настоящим актом подтверждается, что по результатам НИР «Использование хемотрофных микроорганизмов для очистки органикосодежащих сточных вод предприятий города Шымкент» определены возможности использования *Acidithiobacillus ferrooxidans* ACH 1 в качестве биokoагулянта для очистки сточных вод предприятий молокоперерабатывающей промышленности.

Используемое в производствах для коагулятивной очистки сточных вод трёхвалентное железо или алюминий можно заменить бактериальной суспензией *Acidithiobacillus ferrooxidans* Ach 1, содержащей $Fe_2(SO_4)_3$ в качестве биokoагулянта.

Результаты НИР опубликованы: Syzdykova Marzhan Nurlanovna, Issayeva Akmaral Umirbekovna «The possibility of using bacterial suspension *Acidithiobacillus ferrooxidans* ach 1 as a biokoagulant for wastewater treatment of milk processing enterprises» Industrial Technology and Engineering. 2022, 1 (42): 46-50.

НИР выполнена: PhD докторантом Сыздыковой М.Н., д.б.н., профессором Исаевой А.У.

Внедрены в учебный процесс:

В лабораторные занятия по дисциплине «Өндірістік экология негіздері» для студентов по специальности 8D05210-«Экология» в модуль 2 по теме «Ағынды суларды тазарту процестерін зерттеу».

Зав.кафедры «Экология»

Абдуова А.А.

Директор ДАВ

Науkenова А.С.

Научный руководитель темы

Исаева А.У.

Директор ДАИ

Назарбек У.Б.

Начальник отдела координации

научной деятельности

Серкебаев М.К.

Қосымша Ә

Сынақталу актілері мен хаттамалары



Товарищество с ограниченной ответственностью
«Водные ресурсы — Маркетинг»
Адрес: 160013 г.Шымкент, ул. Г.Орманова,17 телефон: 32-11-94
Испытательная лаборатория
Аттестат аккредитации зарегистрирован
в реестре субъектов аккредитации
№ КЗ.Т.16.0257 от «12» июня 2019 года.
Действителен до «12» июня 2024 года.
Дата изменения «12» августа 2020 г.

лист 1 страница 1

АКТ ИСПЫТАНИЙ № 97/3 от «11» 06 2024 г.

Наименование продукции (образца) Вода сточная
Место отбора проб Фильтрационная вода ТОВ 10
Изготовитель (страна, фирма) РК, г. Шымкент, Абайский
район Городские очистные
сооружения
Обозначение НД на продукцию (объект): Правила приема сточных вод в систему водоотведения
населенных пунктов № 546 от 20.07.2015 г.
Объем образцов, поступивших на испытания 2,0 дм³
Дата поступления образцов на испытания 03.06.2024 г.
Номер образца № 3-16/24 Фильтрационная вода ТОВ 10
Начало испытаний 03.06.2024 г. дата 14 час. 30 мин.
Конец испытаний 11.06.2024 г. дата 16 час. 30 мин.
Вид испытаний химический анализ
Условия проведения испытаний: температура 20 С, влажность 70 %, давление 94,5 кПа

Результаты испытаний

Наименование определяемых характеристик (параметров), единицы измерения	Обозначение НД на методы испытаний	Допустимая концентрация на выпуске, мг/дм ³	Фактические значения
			Фильтрационная вода
Водородный показатель, pH	ГОСТ 26449-1-85 п.4	6,0-9,0	7,46
Температура, °С	СТ РК 10523-2013	6-30	17,6
Сухой остаток, мг/дм ³	ГОСТ 26449-1-85	-	732,0
Хлориды, мг/дм ³	СТ РК ИСО 9297-2008	184,0	81,9
Азот аммиачный	ГОСТ 33045-2014	10,7	12

к протоколу № 97/3 от 11.06.2024 г

лист 1 страница 2

Нитриты, мг/дм ³	СТ РК 1963-2010	1,2	0,1
Нитраты, мг/дм ³	СТ РК 7890-3-2006	13,4	0,1
Фосфаты, мг/дм ³	РД 52.24.382-2006	0,5	1,3
ХПК (арб), мгО/дм ³	СТ РК 1322-2005	27,3	76,1
БПК мгО ₂ /дм ³	РД 52.234.420-2006	425	70
Взвешенные вещества, мг/дм ³	СТ РК 2015-2010	14,3	10,9
ПАВ, мг/дм ³	СТ РК 1983-2010	0,5	2,5
Нефтепродукты, мг/дм ³	СТ РК 2014-2010	0,1	0,1
Жиры, мг/дм ³	СТ РК 2014-2010	1,2	1,4

Исполнители:

Докторант

М.Сыдыкова

Инженер II категории

Г.Бекбалаева

Ответственный за подготовку протокола

Инженер I категории

Л.Турсынбаева

Начальник испытательной лаборатории



ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ТОО «ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ - МАРКЕТИНГ»

А. Абдраманова

Начальник ИЛ

ACADEMIC TRIP REPORT
on funded research work

Full name of the project contractor	Syzdykova Marzhan Nurlanovna
Position in the project	Researcher of the AP22685211 project «Technology of biological wastewater treatment by use a chemotrophic microorganisms».
Trip period	20.10.2024 – 30.10.2024
Order number and date	№466-ЖК(icc), 30.09.2024
Country of residence	Malaysia
Place of stay	University Putra Malaysia
The purpose of the academic trip	Conducting research works according to the AP22685211 project «Technology of biological wastewater treatment by use a chemotrophic microorganisms». To observe and study modern methods of biological wastewater treatment and analyze water quality.
Information about the scientific, analytical and other research carried out, the work performed during the academic trip and the results of the research	As part of the study, several methods of biological wastewater treatment were observed and analyzed. The focus was on understanding the processes used in the identification of microorganisms involved in biological cleaning. Software such as MEGA was utilized for molecular phylogenetic analysis. During the research observation, we explored methods for isolating microorganisms from a solid substrate, which included observing how pure cultures were obtained through dilution techniques. After obtaining isolates, PCR analysis was demonstrated as a means of identifying bacterial strains, including <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> .
Results	The work has been completed in full. The purpose of the trip has been achieved

Signature _____

PROF. DR. MOH. ZUNUS ABD SHUKOR
DEPT. OF CHEMISTRY
FACULTY OF BIOTECNOLOGY AND BIOLOGICAL SCIENCES,
UNIVERSITY PUTRA MALAYSIA
43400 UPM SERDANG, SELANGOR, MALAYSIA
15/09/2024



KZ.T.02.E0177
TESTING

Испытательная лаборатория ТОО «НУТРИТЕСТ»

Республика Казахстан, 050008, г. Алматы, ул. Клочкова, 66,
телефон/факс: (727) 375 82 23, (727) 375 00 34

Аттестат аккредитации № KZ T.02.E0177 от 06 мая 2021 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 4039К от « 20 » ноября 2024г

Всего страниц 2
Страница 1

Дата поступления в лабораторию: 18.10.2024 г.

Наименование и адрес заявителя: **НАО «Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова»**

Наименование и обозначение испытываемого образца(штамма): **штамм Acidithiobacillus ferrooxidans IS1**

Изготовитель (страна, фирма): **Республика Казахстан**

Количество образцов, поступивших на исследование: **1 штамм**

Обозначение НД на продукцию: **ЕСЭГТ, утв. Реш. КТС № 299 от 28.05.2010г. гл. II**

Дата начала испытания: **18.10.2024 г.**

Дата окончания проведения испытаний: **20.11.2024 г.**

Вид испытаний: **контрольный**

Условия проведения испытаний: **Температура 21-23 °С; влажность 68-74%**

Наименование штамма штамм *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS 1: Идентифицирован согласно «Определителю бактерий Берджи», (Москва: Мир, 1997).

Культурально-морфологические особенности *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS 1: тионовая бактерия, грамтрицательные короткие палочки, расположенных парами, большей частью поодиночке, размером 0,4х(0,8-1)мкм, с одним полярным жгутиком. Неспорообразующие.

Область применения в водоочистных системах, как биокоагулянт, для очистки сточных вод предприятий от ионов металлов и некоторых органических загрязнителей.

Изучение потенциально-патогенных признаков штамма in vitro: В опытах, проведенных in vitro на плотной питательной среде с добавлением яичного желтка (желточный агар) и крови (кровяной агар) установлено, что культура *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS 1 не проявила признаков лецитиназной и гемолитической активности.

Изучение вирулентности штамма (ЛД₅₀): Исследование вирулентности штамма *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS 1 проводилось общепринятым методом /Биргер М.О., 1982/ на 8 группах животных (по 12 белых мышей в каждой, 6 самок и 6 самцов весом 16-18 г) в концентрациях от 10³ до 10¹¹ КОЕ/см³ (Табл.).

**Таблица - Результаты исследования острой токсичности культуры
Acidithiobacillus ferrooxidans IS 1 при внутрибрюшинном и пероральном введении**

№№	К-во животных в опыте	Способ введения	Доза КОЕ/мл	Заболело животных	Пало животных	Выжило животных
1	12	внутри-брюшинно	10 ³	0	0	12
2	12	внутри-брюшинно	10 ⁵	0	0	12
3	12	внутри-брюшинно	10 ⁷	3	0	12
4	12	внутри-брюшинно	10 ⁹	5	0	12
Контроль	12	внутри-брюшинно	физ.раствор	0	0	12
5	12	перорально	10 ⁵	0	0	12
6	12	перорально	10 ⁷	0	0	12
7	12	перорально	10 ⁹	2	0	12
8	12	перорально	10 ¹¹	5	0	12
Контроль	12	перорально	физ.раствор	0	0	12

Результаты опытов показали, что при внутрибрюшинном введении культуры *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS 1 в дозе 10^7 КОЕ/г заболело 3 животных, в дозе 10^9 КОЕ/г - 5 животных. При пероральном заражении в дозе 10^9 КОЕ/г заболела 2 мыши, в дозе 10^{11} КОЕ/г заболела 5 мышей. Через 24 часа после введения культуры у них отмечались: вялость, потеря аппетита, разжижение стула, вслоченность шерстного покрова. На 3-е сутки после заражения все мыши выздоровели.

Гибель подопытных животных не наблюдалась.

Морфологические изменения внутренних органов: Результаты вскрытия животных показали: печень темно-красного цвета, поверхность гладкая, слегка гиперемирована. «Рисунок» мозгового и коркового вещества четкий. Легкие по строению долей и объему обычные, поверхности гладкие, легко отделяются друг от друга, спаяк не отмечено.

Способность к диссеминации внутренних органов:

Диссеминация внутренних органов имеет место только в течение первых 72 часа после введения культуры.

Аллергенное действие по сенсибилизирующему эффекту: Установление среднеаллергенной дозы проводилось на морских свинках, которым вводилась исследуемая культура в дозах $10^3, 10^4, 10^5, 10^6$ КОЕ/на одно животное. Контролем служил физиологический раствор. Учет реакции проводился через 10 дней по диаметру эритемы. Среднеаллергенная доза исследуемой культуры составила $6,5 \times 10^5$ КОЕ на одно животное. Таким образом, этот штамм обладает слабовыраженным аллергенным действием.

Местно раздражающее действие: При введении исследуемой культуры в конъюнктиву глаза кроликов в дозе 1×10^9 КОЕ/см³ наблюдалась слабая положительная реакция в виде инъекции сосудов склеры и роговицы, слизистых выделений в углах глаз. На третьи сутки наблюдений вышеуказанные явления у всех животных полностью купировались и последующие 5 суток отклонений от физиологической нормы не наблюдалось. Таким образом, исследуемый штамм *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS 1 обладает местно-раздражающим действием.

Заключение:

Согласно существующей классификации штаммов (Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны Гигиенические нормативы ГН 2.2.6.709-98), культура *Acidithiobacillus ferrooxidans* IS 1 принадлежит к 4-му классу опасности.

Р.С. Исследования патогенности штамма проводили согласно «Методическим рекомендациям к постановке исследований по оценке вирулентности штаммов-продуцентов микроорганизмов, предназначенных для получения продуктов микробиологического синтеза» (М., 1982), МУ 5789/1-91 «Методическим указаниям по экспериментальному обоснованию ПДК микроорганизмов-продуцентов и содержащих их готовых форм препаратов в объектах окружающей среды» (М., 1993), Биргер М.О. «Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования» (М., 1982). При выполнении экспериментов на животных руководствовались «Правилами гуманного обращения с лабораторными животными» (СП № 1045-73.2003). Заключение составлено в соответствии предоставленному паспорту на штамм.

Заведующая ИЛ



И.Хаджибаева

Заключение распространяется только на образец, подвергнутый испытаниям
Полная или частичная перепечатка заключения без разрешения испытательной лаборатории
запрещена

		ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»	 AUEZOV UNIVERSITY 1943	
НАО «Южно-Казахстанский университет им. М Ауэзова» г.Шымкент, пр.Тауке-хана,5,Офис 101Б.Тел/факс: 8 (7252) 300-836. E-mail: irlip.kibm@mail.ru				

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

от «16» октября 2024 г.

Наименование и обозначение образца продукции:	Сухой остаток
Наименование (фамилия) и адрес заказчика:	Сыздыкова Маржан, докторант, кафедра «Экология»
Дата поступления образца:	15.10.2024 г.
НД на методы анализа	-
Вид испытаний	Рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный микроанализ
Условия проведения испытаний; Температура 20 ⁰ С. Влажность 78% . Давление 716 мм.рт.ст.	

№	Наименование показателей, единицы измерения	Фактическое значение	
		Ach 1	Thio 1
1	Углерод (C), %	30,66	57,52
2	Кислород (O), %	26,85	25,35
3	Магний (Mg), %	0,16	0,13
4	Фосфор (P), %	0,84	0,40
5	Сера (S), %	0,99	0,60
6	Калий (K), %	1,13	0,27
7	Кальций (Ca), %	0,46	0,32
8	Железо (Fe), %	38,91	15,41

Примечание: результаты анализа распространяются только на образцы, подвергнутые испытаниям.

Исполнители

Зав. ИРЛИП «КБМ»:



Куликов

Куликов Е.Г.

Хусанов

Хусанов Ж.Е.



10.06.2022

CERTIFICATE OF EXPERIMENTAL ASSIGNMENT COMPLETION

Experiment description

This preliminary experiment utilized flocculant for removal of organic pollutants present in industrial waste water samples. The purification was measured by means of spectrophotometric determinations (change in turbidity), with pollutants co-precipitating out of the solution.

Reagents

- Demineralized water [99 mL]
- Milk 0.5% [1 mL]
- Suspension of thiobacteria [13 mL]
 - $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ [8.0 g/L]
 - Bacteria [10^6 - 10^7 cell/mL]

Equipment

- Jenway 6305 spectrophotometer
- BRAND automatic pipettes
- Laboratory glassware (Erlenmeyer flasks, funnel, beakers)

Methodology / experimental procedure

- Spectrophotometer is set to 500 nm using the arrow buttons
- Calibration is performed using distilled water in a quartz cuvette by pressing the CAL button
- Samples of water (before and after addition of flocculant and milk, 15 min setting time and filtration) are analyzed by means of transmittance measurements (% of light transmitted)

Results

» Before purification: 17.4% T » After purification: 99.0% T » Change: +81.6% T
% Purification: 99.9% (based on turbidity/optical density)

Conclusions

The sharp decrease in turbidity of samples after treatment are evidence for the successful removal of organic pollutants. Further research are justified into the efficiency of the process and to identify the distinct organic compound groups co-precipitated from solution during procedure.

PhD student: Syzdykova M.

Head of scientific training: Łukasz Tabisz, PhD



Collegium Chemicum, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań
NIP 777 00 66 350, REGON 000001293
tel. +48 61 829 e-mail: @amu.edu.pl

www.chemia.amu.edu.pl