

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Сәтжан Нұрым Сәбитұлы

«Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07107 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

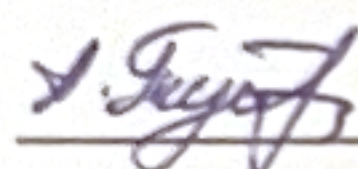
Қолжазба құқығында

Сәтжан Нұрым Сәбитұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту
мүмкіндігін зерттеу
Дайындау бағыты 7M07107 – Робототехника және мехатроника

Ғылыми жетекші
Техника ғылымының кандидаты,
қауымдастырылған профессор

 Туякбаев А.А.

«11» 06 2025 ж.

Рецензент
Техника ғылымының кандидаты,
қауымдастырылған профессор м.а.

 Жаменкеев Е. К.

«07» 06 2025 ж.

Норма бақылаушы
Тех. ғылым. маг. оқытушы

 Игембай Е. А.

«11» 06 2025 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ
Техника ғылымының кандидаты,
профессор

 Қ.Ә. Өжікенов

«11» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

7M07107 – Робототехника және мехатроника

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі РТжАТҚ
Техника ғылымының кандидаты,
профессор

Қ.Ә. Өжікенов

«14» 06 2025 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант Сәтжан Нұрым Сәбитұлы

Тақырыбы Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу
Университет ректорының 2022 ж. « 25 » 03 № 430 - М бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « » маусым 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері:

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Қолданыстағы суды дезинфекциялау технологияларын теориялық және практикалық зерттеу*
- б) Суды дезинфекциялау технологиясын жаңарту мүмкіндіктерін жобалау*
- в) ANSYS Fluent ортасында техникалық көру және болжалды қызмет модельдерін әзірлеу*
- г) Жүйенің тиімділігін бағалау және эксперименттік нәтижелер*

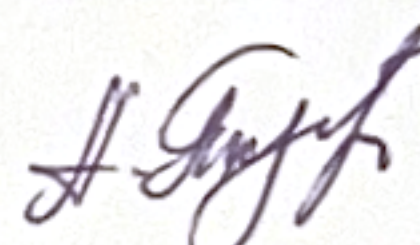
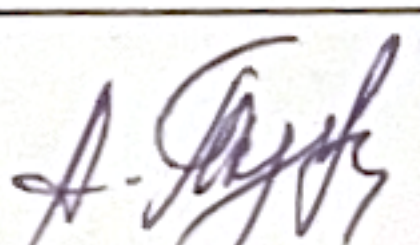
Графикалық материалдың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
жұмыс презентациясы слайтарда 20 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 36 әдебиеттер тізімі және 2 қосымша

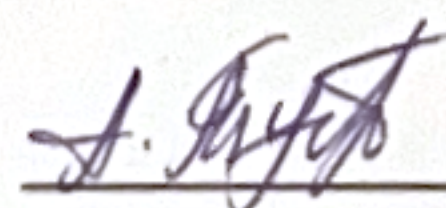
Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Қолданыстағы суды дезинфекциялау технологияларын теориялық және практикалық зерттеу	16.01-12.02.2025 ж	Орындалды
Суды дезинфекциялау технологиясын жаңарту мүмкіндіктерін жобалау	12.02-20.04.2025 ж.	Орындалды
ANSYS Fluent ортасында техникалық көру және болжалды қызмет модельдерін әзірлеу	20.03-17.04.2025 ж.	Орындалды
Жүйенің тиімділігін бағалау және эксперименттік нәтижелер	17.04-15.05.2025 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	16.05-19.05.2025 ж	Орындалды

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қытысты бөлімдердегі
диссертациялар кеңесшілері мен қалып бақылаушының
қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Экономикалық бөлім	Туякбаев А.А., техника ғылымының кандидаты, қауымдастырылған профессор	11.06.25	
Еңбекті қорғау бөлімі	Туякбаев А.А., техника ғылымының кандидаты, қауымдастырылған профессор	11.06.25	
Норма бақылаушы	Игембай Е.А, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	11.06.25	

Ғылыми жетекшісі



Туякбаев А.А.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды



Сәтжан Н.С.

Күні

« 11. » 06 2025 ж.

АҢДАТПА

Магистрлік диссертациялық жұмыс суды бактерияцидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндіктерін зерттеуге бағытталған. Негізгі мақсат ретінде ауыз суды қауіпсіз және тиімді жаңғырту жолын қарастыру болып бекітілді.

Зерттеу объектісі ретінде ауыз суды бактерицидтік өңдеу әдістері мен технологиялары таңдалды.

Зерттеу жұмысының негізгі бағыты ретінде ультракүлгін сәулелендіру әдісінің тиімділігі қарастырылды. Қазіргі таңда қолданыстағы технологиялар мен әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері бойынша сараптама жасалып, жаңа инженерлік шешімдер мен заманауи бағдарламалық модельдеуді қолдану арқылы әдісті оңтайландыру жолдары көрсетілді. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде алынған мәліметтер бойынша реактор үшін қолданылатын материалды өзгерту, ультракүлгін сәулелену дозасымен, судың ағындық жылдамдығын басқару арқылы ауызсу құрамындағы потагендік микроағзаларды тиімді жойылатындығы сипатталды. Сондай-ақ, үй жағдайына бейімделген суды дезинфекциялар жүйесінің тиімділігі мен қойлайлылығын арттыру мақсатында қашықтықтан басқару жүйесі енгізілді. Диссертациялық жұмыс ауыз суды зарарсыздандыру саласындағы заманауи экологиялық таза, экономикалық тиімді, сонымен қатар энергияны үнемдеуші әдістеріді енгізуге негіз бола алады.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертационная работа направлена на изучение возможностей модернизации технологии бактериоцидной обработки воды. Основной целью было предусмотреть путь безопасной и эффективной модернизации технологии бактериоцидной обработки питьевой воды.

В качестве объекта исследования были выбраны методы и технологии бактериоцидной обработки питьевой воды.

В качестве основного направления исследовательской работы была рассмотрена эффективность метода ультрафиолетового облучения. Проанализированы преимущества и недостатки существующих в настоящее время технологий и методов, показаны пути оптимизации метода с применением новых инженерных решений и современного программного моделирования. По данным, полученным в результате экспериментальных исследований, было описано, что изменение материала, используемого для реактора, с помощью дозы ультрафиолетового излучения, контроля скорости потока воды эффективно уничтожает патогенные микроорганизмы, содержащиеся в питьевой воде. Также внедрена система дистанционного управления с целью повышения эффективности и универсальности системы дезинфекции воды, адаптированной к домашним условиям. Диссертационная работа может стать основой для внедрения современных экологически чистых, экономически эффективных, а также энергосберегающих методов в области обеззараживания питьевой воды.

ABSTRACT

The master's thesis is aimed at studying the possibilities of modernizing the technology of bactericidal water treatment. The main goal was to consider the path of safe and effective modernization of drinking water.

Methods and technologies for bactericidal treatment of drinking water were chosen as the object of research.

The effectiveness of the ultraviolet irradiation method was considered as the main direction of research work. To date, an examination of the advantages and disadvantages of existing technologies and methods has been carried out, ways to optimize the method using new engineering solutions and modern software modeling have been shown. According to the data obtained as a result of expiry studies, it was described that changing the material used for the reactor, with a dose of ultraviolet radiation, effectively destroying pathogenic microorganisms contained in the drinking water by controlling the flow rate of water. Also, in order to increase the efficiency and convenience of water disinfection systems adapted to home conditions, a remote control system was introduced. The dissertation work can serve as the basis for the introduction of modern ecologically clean, cost-effective, as well as energy-saving methods in the field of disinfection of drinking water.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Суды бактерицидтік өңдеу технологияларының теориялық негіздері	11
1.1 Судың микробиологиялық ластануы және қауіпі	11
1.2 Бактерицидтік өңдеудің негізгі әдістері	17
1.3 Өлемдегі және Қазақстандағы су тазарту технологияларының даму үрдістері	23
1.4 Бактерицидтік өңдеу технологияларының артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау	26
1.5 Ауыз су сапасына қойылатын мемлекеттік және халықаралық стандарттар	29
2 Суды бактерицидтік өңдеуді жаңарту әдістері	31
2.1 Қолданыстағы суды ультракүлгін сәулелендіру арқылы бактерицидтік өңдеу технологиясын талдау	31
2.2 УК дезинфекция жүйесінің сипаттамасы	36
2.3 УК дезинфекция жүйесінің статиялық моделі	38
2.4 УК дезинфекция жүйесінің беріліс моделі	39
2.5 УК дезинфекция жүйесінің тиімділігін бағалау	40
3 Жаңартудың негізгі бағыттары	45
3.1 Ультракүлгін жарық диодты шамдар	46
3.2 ANSYS Fluent	49
3.3 ANSYS Fluent бағдарламасымен суды ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялау әдісін зерттеу	53
3.4 Ультракүлгін жарық диодты (UV-LED) шамдардың тиімділігін бағалау	62
3.5 Дезинфекциялау жүйесін қашықтықтан басқару	65
3.6 Экологиялық әсері	69
3.7 Экономикалық тиімділік	70
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша А	
Қосымша Б	

КІРІСПЕ

Жер ғаламшарының 70% - суда тұратындай, адам ағзасының да 70%-ға жуық мөлшерін су элементті құрайды. Адам денесінің басым бөлігі су болғандықтан да оның, адам денсаулығы мен өміріне қажеттілігі өте жоғары болып табылады. Адам организмінде күнделікті су алмасу процессі тыныс алу, терлеу, зәр шығару сынды қажеттілігімен тұрақты түрде жүріп отырады. Сол себепті ағзадан шыққан су мөлшерін толықтырып отыру үшін, тұрақты түрде су тұтыну керек. Осыған байланысты “Тұтынып жүрген ауызсудың құрамы қаншалықты таза?” сұрақ келеді. Суды ішуден бұрын оның таза, денсаулыққа зиянсыз екеніне толыққанды көз жеткізуіміз қажет.

Судың ластануы – адам денсаулығына, негізгі су ресурстарына және де жалпы экожүйеге қауіп төндіретін қарқынды өсіп келе жатқан ғаламдық мәселе.

Көп жағдай да судың ластануы, су қоймаларына зиянды заттардың құйылуынан туындайды. Су құрамына түскен улы химиялық заттар, микроорганизмдер мен тұрмыстық қалдықтар, суды тұтынушы адамдарға, флора мен фаунаға өзінің кері әсерін тигізеді.

Қазіргі таңда суға байланысты басты проблема ол - тұтынатын ауызсудың құрамының тазалығы. Ауызсу тазалығының мәлесе, тұщы су тапшылығы сынды мәселелер әлемнің барлық елдерінде кездеседі. Тұтынатын суды зарарсыздандыру мақсатында дүниежүзінің түпкір-түпкіріндегі ғалымдар зерттеу жұмыстарын жүргізіп жатыр.

Магистрлік диссертациялық жұмыстың өзектілігі: Ауызсудың сапасы - адам денсаулығы мен өмір сүру сапасына тікелей әсер беретін факторлардың бірі болып саналады. Бүгін уақытта табиғи және жасанды су орналықтарының ластануы, атап айтқанда құрамында биологиялық және химиялық қоспалардың мөлшерден тыс кездесуі, су ресурстарының санитарлық нормалары қауіп төндіреді. Осы жағдайға байланысты суды өңдеу және дезинфекциялау технологияларын жаңарту керек екенің көрсетеді.

Ауызсуды зарарсыздандырудің тиімділік көрсеткіші жоғары, экологиялық қауіпсіз, экономикалық тұрғыдан арзан, сонымен қатар тұрмыстық жағдайда қолдануға қолайлы баламалы технологияларын дайындау - бүгінгі күннің өзекті ғылыми және практикалық мәселелерінің бірі болып табылады.

Магистрлік диссертациялық жұмыстың мақсаты: Судың құрамында кездесетін зиянды биологиялық және химиялық ластаушы заттарды тиімді жолмен жою әдістерін зерттеу. Сондай-ақ патогендік микроағзалар мен бактерияларды ультракүлгін сәулеленуді қолдану арқылы дезинфекция барысында қауіпсіз және экологиялық тұрғыдан зиянсыз өңдеу технологиясын ұсыну.

Жоғарыда көрсетілген мақсаттарға жету үшін келесі ғылыми және тәжірибелік міндеттер қойылды:

- Қазіргі уақытта қолданылатын су дезинфекциялау әдістерін теориялық және практикалық тұрғыда зерттеу, олардың тиімділігін, артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстыру.

- Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, тұрмыстық жағдайда қолдануға бейімделген су дезинфекциялау құрылғысының жаңарту мүмкіндіктерін модельдеу және жобалау әдістемесін әзірлеу.

- Ұсынылған құрылғыны техникалық және санитарлық-гигиеналық талаптарға сәйкестігін бағалау.

- Алынған нәтижелер негізінде өңдеу технологиясының тиімділігін ғылыми тұрғыдан негіздеу, тәжірибелік тұрғыдан іске асыру жолдарын ұсыну.

Зерттеу объектісі ретінде судың құрамын дезинфекциялауға бағытталған әдістер мен құрылғылар таңдалды.

Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы - суды дезинфекциялаудың жаңа, тиімді және экологиялық тұрғыдан қауіпсіз технологиясын арқылы халықтың денсаулығын қорғауға бағытталған нақты шешімдермен сипатталады.

Жұмыс барысында әзірленген бактерицидтік өңдеу құрылғысының моделі тұрмыстық жағдайда қолдануға бейімделген, қарапайымдылығымен, ыңғайлылығымен, энергияны аз мөлшерде тұтынуымен ерекшеленеді. Бұл құрылғы су дезинфекциялау элементі ретінде орнатылып, су сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Ұсынылған жаңарту мүмкіндіктерін тәжірибе түрінде қолдану арқылы хлорлы реагенттерді тұтынуды азайту, су сапасын жақсартуға және судың құрамын зарарсыздандыру процессін оңтайландырады. Содай-ақ, су ресурстарын ұтымды пайдалануға, қоршаған ортаға таралатын химиялық жүктемені төмендетуге көмек береді.

1 Суды бактерицидтік өңдеу технологияларының теориялық негіздері

Су – өмір көзі. Адам өркениеті пайда болғаннан бастап сумен қамтамасыз ету қоғамның ажырамас бөлігіне айналған, мысалы, ауыз суды тұтыну, ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп, үй шаруашылығы және т.б. Дамушы елдердегі денсаулық проблемаларының көпшілігі көбінесе қауіпсіз ауыз судың болмауына байланысты [1, 2, 3].

Қазіргі таңда экологияға қатысты адамзатты алаңдататын бірнеше мәселелер бар. Соның ішінде аса назар аудартатыны, әрине ол – ауыз суды тазарту мәселесі болып табылады. Ауыз су мәселесін бірінші орынға қоюымыз кездейсоқ емес. Адам ағзасының 70%-ы судан тұратындығын негізге алатын болсақ, ауыз су мәселесінің қаншалықты маңызды екендігін түсінуге болады. Су – барлық тіршіліктің бастауы. Осыдан 50 жыл бұрын АҚШ президенті Джон Кеннеди әлемді «Мұнай туралы ұмытып, су туралы ойлауға» шақырған болатын. Футурологтардың болжамы бойынша ауыз су жетіспеушілік мәселесі жақын арада болу ықтималдылығы жоғары екендігін хабарлайды.

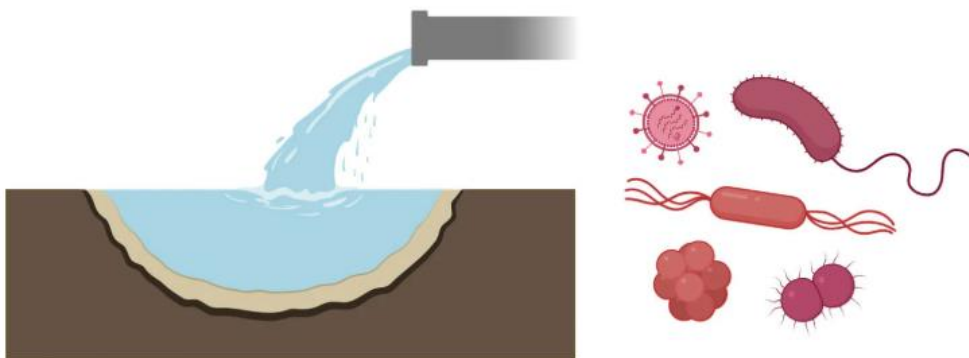
Көптеген ғалымдардың зертеулерінің нәтижелеріне жүгінсек, бүгінгі күннің өзінде жер шарының көптеген аймақтарында тұщы судың жетіспеушілік мәселесін айқын көрсетіп отыр. Дүниежүзілік Денсаулық Сақтау Ұйымының (ДДСҰ) келтірген статистикасы бойынша: Жер планетасындағы шамамен алған кезед 1,4 миллиард (жалпы Жер планетасының тұрғындарының 17,5%-ын құрайды) халық таза және қауіпсіз ауыз суға қол жеткізе алмайды, осыған байланысты жыл сайын 2 миллионнан астам адам лас суды тұтынғандықтан немесе судың жетіспеушілігінен көз жұмып, 500 мыңға жуық тұрғын лас судың кесірінен пайда болған аурулардан зардап шегеді.

Дамушы елдердегі барлық инфекциялардың 80% - ы және өлімнің үштен бірінен астамы ластанған ауыз суды тұтынудан болады деп есептеледі. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) есебіне сәйкес, ластанған су мен санитария жеткіліксіздігіне байланысты жыл сайын шамамен 600 миллион диарея мен дизентерия және 46000 нәресте өлімі тіркеледі [4].

1.1 Судың микробиологиялық ластануы және қауіпі

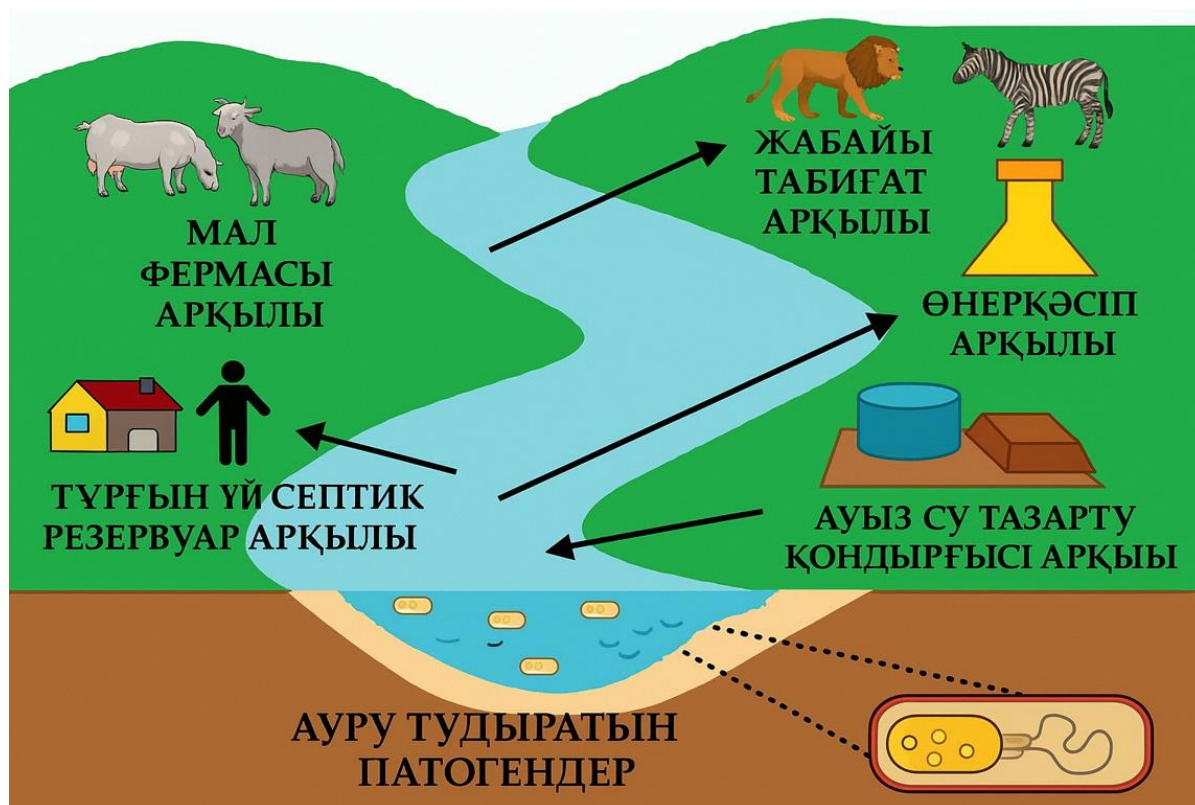
Судың ластануы – адам денсаулығына, негізгі су ресурстарына және де жалпы экожүйеге қауіп төндіретін қарқынды өсіп келе жатқан ғаламдық мәселе.

Көп жағдай да судың ластануы, су қоймаларына зиянды заттардың құйылуынан туындайды. Су құрамына түскен улы химиялық заттар, микроорганизмдер мен тұрмыстық қалдықтар, суды тұтынушы адамдарға, флора мен фаунаға өзінің кері әсерін тигізеді.



1.1.1 - сурет – Судың ластануы

Жер үсті суларының атап айтқанда кезде өзен, көл, тоғандардың су сапасының стандарттары қоршаған ортаның өзгерген жағдайларына байланысты айтарлықтай өзгереді. Ауыз су ретінде пайдаланылмайтын судағы (мысалы, суару, жүзу, балық аулау, рафтинг, қайықпен жүзу және өнеркәсіптік мақсаттар үшін қолданылатын) улы химиялық заттар мен микроорганизмдердің көп мөлшері адам денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін. Өзен суының санитарлық сапасы мен қалалық жауын-шашын суларының ағуы арасында өзара байланыс бар (1.1.2-сурет).



1.1.2 - сурет – Өзен суының әртүрлі көздерден ластануы.

Микроорганизмдер су экожүйелерінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады, өйткені олардың концентрациясы мен белсенділігі жоғары [18].

Ауыз судың сапасы оны тұтынушылардың қауіпсіздігі үшін өте маңызды. Ауыз судың патогендік ластануы адамдар үшін айтарлықтай денсаулық қауіптерін тудырады. Судың микробиологиялық қауіпсіздігін сипаттау үшін санитарлық тексеру және су сапасын анықтау аса қажет. Санитарлық тексеру су микробиологиялық талдауының маңызды бөлігі болып табылады [19]. Судың бактериологиялық талдауы оның нәжістік ластану деңгейінің жоғары екенін көрсете алады, бұл оны тек ауыз су ретінде ғана емес, сонымен қатар демалыс үшін де жарамсыз етеді [20].

Микробиологиялық ластанудың бірқатар көздері бар. Негізгі көздердің бірі - адам мен жануарлардың нәжісі болып табылады [5]. *Giardia*(Лямблии), *Cryptosporidium*(Криптоспоридии) және *E. Coli* (ішек таяқшасы) сияқты қоздырғыштар ағынды сулардың ағуы, бұзылған септикалық жүйелер және ауылшаруашылық қалдықтарының ағуы арқылы су көздеріне енуі мүмкін [6]. Қоздырғыштар ағындарға, өзендер мен көлдерге қалалық жаңбыр суының ағындары арқылы енуі мүмкін, бұл сонымен қатар көшелерден ластаушы заттарды тасымалдайды.

Судың ластану көздері дегеніміз – суды ластаушы заттардың суға тікелей келіп құйылатын белгілі бір орын.

Судың ластану көздерін негізгі 3 топқа бөлуге болады:

- Ластанудың нүктелік көздері;
- Ластанудың нүктелік емес көздері;
- Ластанудың трансшекаралық көздері;

Судың ластануының нүктелік көзі табиғи немесе жасанды болуы мүмкін. Жасанды судың ластануының нүктелік көзі ретінде зауыт, фабрикалар секілді белгілі бір жерден ластаушы заттарды шығаратын өнеркәсіптік орындарды қарастырсақ болады.

Өнеркәсіптік төгінділер: зауыттардан, мұнай өңдеу зауыттарынан және электр станцияларынан ағындар өзендерге, көлдерге немесе мұхиттарға құбырлар мен арналар арқылы түседі. Негізінен бұл төгінділер су экожүйесінің сапасын тежейтін химиялық заттардан немесе ауыр металдардан тұрады.

Ағынды суларды тазарту қондырғылары: жауын-шашынның көп болуы немесе техникалық ақаулар көбінесе осы қондырғылардың толып кетуіне әкелуі мүмкін, содан кейін олар тазартылмаған немесе жартылай тазартылған суларға таралады. Аралас кәріз жүйелері нөсер суларымен де, ағынды сулармен де айналысады, бұл осындай толып кетуге әкеледі.

Жануарларға арналған фермалар зауыттары: Бұл шоғырланған жануарларды азықтандыру операциясында сиыр, шошқа және тауық сияқты көптеген малдар өсіріледі. Тазартылмаған қалдықтар тазартылмаған ағынды сулар сияқты жақын маңдағы су көздеріне тікелей ағуы мүмкін.

ҚР-ның Қоршаған ортаны қорғау Агенттігі "Таза Су туралы" Заңға сәйкес объектілерге қандай ластаушы заттарды төгуге болатынына шектеулер қою арқылы нүктелік сулардың ластануын реттейді. Ережелер орындалса да, нысан стандарттарға сәйкес келмегенде немесе төгілу сияқты апаттар орын алғанда елеулі проблемалар туындайды.

Судың ластануының нүктелік емес көзі – бір ғана көзден емес, үлкен аумақтан немесе бірнеше көздерден келетін ластану түрі болып табылады. Ластанудың бұл түрін қадалау немес басқару қиынырақ болады, өйткені бұл ластану түрі диффузды сипатқа ие болып табылады.

Ауылшаруашылық ағыны: ауылшаруашылық жерлерінен ағып жатқан жаңбыр немесе суару суы тыңайтқыштарды, пестицидтерді және гербицидтерді жинап, оларды өзендерге, көлдерге немесе жер асты суларына тасымалдайды. Тыңайтқыштардан артық қоректік заттар эвтрофикацияны тудырады-бұл балдырлардың зиянды гүлденуіне және су объектілеріндегі оттегінің сарқылуына әкелетін процесс.

Қалалық дренаж: қала көшелерінен, автотұрақтардан және құрылыс алаңдарынан жаңбыр суы майларды, майларды, ауыр металдар мен химиялық заттарды жаңбыр суы мен дренаждарға тасымалдайды. Бұл халық тығыз орналасқан аудандардағы өткір бұлақ.

Қараусыз қалған шахталар: ескі немесе белсенді емес шахталар арқылы ағып жатқан жаңбыр қышқылдар мен улы ауыр металдарды жинайды, содан кейін олар жақын маңдағы су жүйелеріне жіберіледі. Улы элементтер қоршаған ортада ұзақ уақыт сақталуы мүмкін, осылайша судың сапасы мен су тіршілігіне қауіп төндіреді.

Атмосфералық шөгінділер: өнеркәсіптік шығарындылардан немесе көлік құралдарының пайдаланылған газдарынан туындаған ауадағы ластаушы заттар қышқыл жаңбыр деп аталатын жауын-шашын арқылы су объектілеріне түсуі мүмкін. Ластанудың бұл түрі электр станциялары мен автомобильдер шығаратын күкірт диоксиді және азот оксидтері сияқты ластаушы заттарға байланысты.

Судың ластануының трансшекаралық көзі дегеніміз – бір елдің ластанған суы екінші елдің суларына түсетін жағдай. Саяси шекараға қатыссыз әрекет етеді.

Мұнайдың төгілуі: бір елдің аумақтық суларындағы мұнайдың төгілуі басқа елдердің суларын оңай таратып, ластауы мүмкін. Мұнай дақтары теңіз экожүйелері мен жағалаудағы қауымдастықтарға әсер етіп, бір-бірінен бірнеше миль қашықтықта жүре алады.

Төмен қарай ластану: жоғары қарай өнеркәсіптік немесе ауылшаруашылық ластаушы заттар төмен қарай басқа аймақтарға немесе елдерге тасымалдануы мүмкін. Халықаралық шекара өзендері Өндірістік қалдықтарды, ауылшаруашылық ағындарын немесе тазартылмаған ағынды суларды шекаралар арқылы басқа елдерге тасымалдай алады, осылайша судың сапасы мен ресурстарды басқару туралы дау туғызады.

Суды ластаушы заттардың түрлері:

1. Органикалық ластаушы заттар. Органикалық ластаушы заттардың негізі көміртегі болып табылады, сондықтан олар қоршаған ортаға төзімді және қоректік тізбекте био күшейтіліп, жабайы жануарлар мен адам ағзаларында улы заттарды жинайды.

2. Бейорганикалық ластаушы заттар. Бейорганикалық ластаушы заттар биологиялық ыдырамайды және су жүйесінде ұзақ уақыт сақталуы мүмкін, бұл қоршаған ортаға және халықтың денсаулығына үлкен қауіп төндіреді.

3. Микробты ластаушы заттар. Микробтық ластаушы заттар денсаулыққа тікелей байланысты және бұл көбінесе Ағынды суларды тазарту жүйесі жоқ дамушы елдерде кездеседі.

4. Радиоактивті ластаушы заттар. Бұл қауіпсіздік тұрғысынан ең қауіпті материалдардың бірі, өйткені радиоактивті қалдықтар мыңдаған жылдар бойы сақталуы мүмкін.

Ауыз судық микробиологиялық ластануының адам өміріне және де қоршаған ортаға тигізетін көптеген кері әсері мен қиындықтары бар. Судың ластануы экономикаға да өзінің әсерін тигізіп жатыр. Денсаулық сақтау саласының шығындары су арқылы берілетін микробтардан туындаған аурулардың нәтижесінде өсуі мүмкін. Денсаулық сақтау жүйелері тырысқақ, іш сүзегі және басқа диарея аурулары сияқты ауруларды емдеуге ресурстарды жұмсауы керек, бұл денсаулық сақтаудың мемлекеттік және жеке бюджеттеріне әсер етеді [7].

Су арқылы таралатын жалпы патогендерге ішек пен су бактерияларының, ішек вирустарының және қарапайымдылардың бірнеше тобы жатады. Ротавирус, астровирус, аденовирус, норфолк вирусы, пикобирнавирус және энтеровирус диареямен байланысты белгілі ішек вирустары болып табылады [8].

19-шы ғасырда *Vibrio cholerae* және *Salmonella enterica* serovar Typhi (қазіргі атауы *S. typhi*) алғаш анықталған су арқылы таралатын патогендер болды және олар бүкіл әлемде үлкен аурушандық пен өлім-жітімге себеп болды [9]. *Campylobacter* және *Salmonella* түрлері көптеген үй және жабайы жануарлардың ішек жолдарында кездеседі [9]. Сондықтан судың жануарлардың нәжісімен ластануы да адам денсаулығына қауіп төндіреді [9]. Су арқылы таралатын бактериялардың жалпы ауруларының тізімі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1.1.1 – Су арқылы таралатын аурулардың қоздырғыштары мен белгілері.

Аурулар атауы	Қоздырғыштар	Белгілері	Сілтеме
Қанды диарея	Энтерогеморрагиялық ішек таяқшасы (EHEC) серотип O157:H7	Асқазан-ішек жолдарының бұзылуы және гемолитикалық -уремиялық синдром	[10]
Тырысқақ	<i>Vibrio cholerae</i> серотоптары O1 және O139	Сулы диарея және құсу	[11]
Диарея	Энтеропатогенді ішек таяқшасы (EPEC, Enteropathogenic <i>Escherichia coli</i>)	Асқазан-ішек жолдарының бұзылуы	[12]

Диарея	Энтеротоксигенді ішек таяқшасы (ETEC, Enterotoxigenic Escherichia coli)	Асқазан-ішек жолдарының бұзылуы	[13]
Диарея	Энтероинвазивті ішек таяқшасы (EIEC, Enteroinvasive Escherichia coli)	Асқазан-ішек жолдарының бұзылуы	[14]
Шигеллез	Shigella sp. (S. dysenteriae., S. flexneri, S. boydii и S. sonnie)	Бактериялық дизентерия	[15]
Іш сүзегі және паратиф	Сальмонелла брюшного тифа (Salmonella Typhi) және сальмонелла паратифа А (Salmonella Paratyphi A)	Іш сүзегі	[16]
Сулы диарея	Энтероагрегаттық ішек таяқшасы (EAEC, Enterotoxigenic Escherichia coli)	Асқазан-ішек жолдарының бұзылуы	[17]

Судың микробтық ластануынан туындайтын көптеген әсерлер мен киындықтарға байланысты, микробтық ластаушы заттарды судың құрамынан азайту немесе толығымен жою маңызды мәселе болып табылады.

Күнделікті тұтынып жүрген ауыз суға қойылатын ДДҰ мен ҚР тарапынан санитарлық-гигиеналық нормалары мен қауіпсіздік стандарттары қойылады. Су сапасын бақылауды және халықтың денсаулығын қорғауды қамтамасыз ету үшін әртүрлі халықаралық және ұлттық санитарлық-гигиеналық ережелер мен қауіпсіздік стандарттары қолданылады. Бұл стандарттарда судың физикалық, химиялық және микробиологиялық параметрлеріне қатаң қойылған талаптар бар.

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының ауыз суды тұтынуға қойылатын талаптары бірқатар принциптерге негізделген:

- ауыз судың адам ағзасына зиянсыз болуы;
- ауыз судың құрамында патогенді микроағзалардың және адам денсаулығына қауіп тудыратын улы химиялық заттардың кездеспеуі;
- ауыз судың ластану деңгейін алдын алу шараларын жүргізу;
- ауыз су сапасын қатаң бақылау жүйесін енгізу[21]:

Кесте 1.1.2 – ДДҰ нормалары бойынша ауыз су сапасының негізгі көрсеткіштері.

Көрсеткіш	Рұқсат етілетін шекті мөлшер (ДДҰ бойынша)
Е. coli және термо-төзімді колиформ бактериялары	0 КОЕ/100 мл
Жалпы колиформ бактериялары	0 КОЕ/100 мл
Хлор қалдығы (залалсыздандырудан кейін)	0.2–0.5 мг/л

Аммиак (NH ₃)	0.5 мг/л
Нитраттар (NO ₃ ⁻)	50 мг/л
Нитриттер (NO ₂ ⁻)	3 мг/л
Хлоридтер (Cl ⁻)	250 мг/л
Темір (Fe)	0.3 мг/л
Қатты заттар (тұздар, минералдар)	1000 мг/л
Судың рН деңгейі	6.5 – 8.5

Қазақстан Республикасының суға қойылатын стандарттары мен нормалары толығымен ДДҰ тарапынан қойылған нормаларға сай келеді. Қазақстанда ауыз су сапасын реттейтін негізгі құжаттар:

1. Қазақстан Республикасының Су кодексі;
2. "Ауыз су. Гигиеналық талаптар және су көздерін таңдау, су дайындау және су құбыры жүйелеріне қойылатын талаптар" санитарлық ережелері (СанПиН 1.02.002.2018):

1.2 Бактерицидтік өңдеудің негізгі әдістері

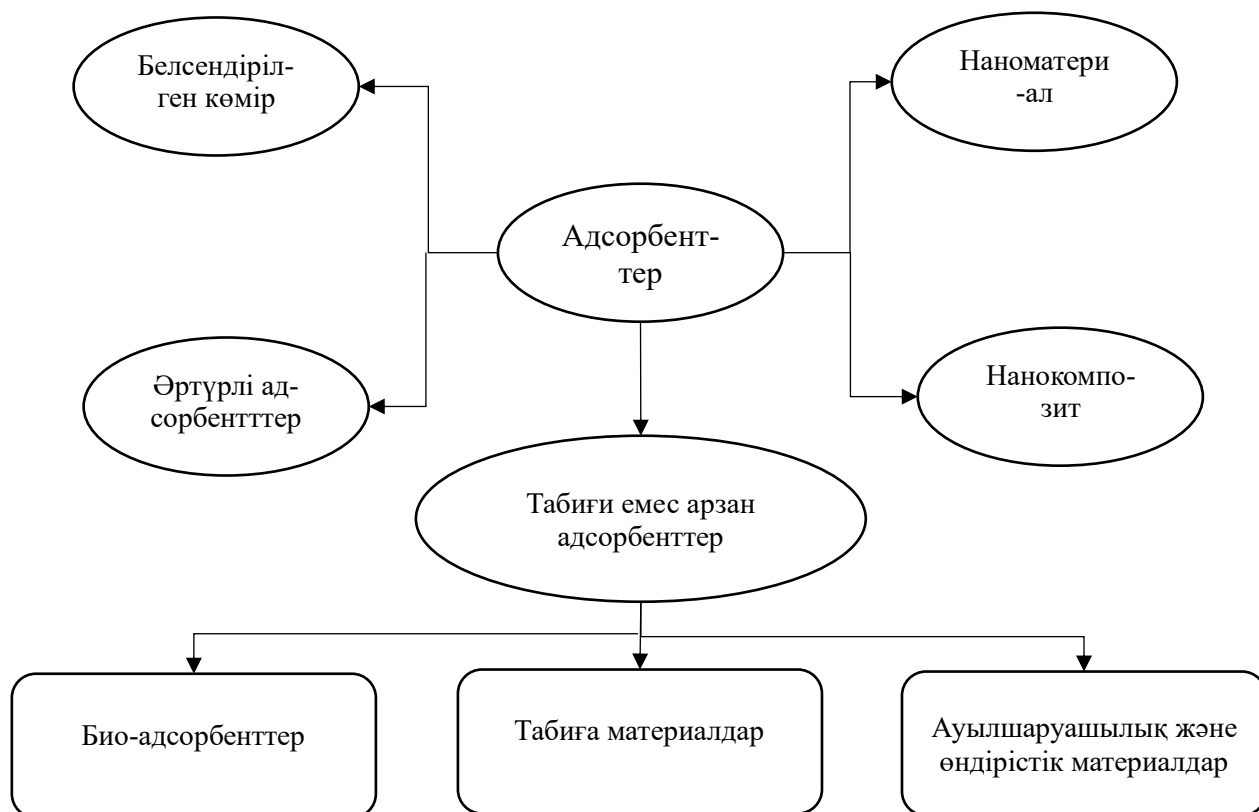
Бүгінгі таңда суды бактерицидтік өңдеудің көптеген әдістері мен түрлері бар. Суды өңдеудің әдістері:

- физикалық әдістер: адсорбция, ультракүлгін (УК) сәулелендіру, жоғары температуралық өңдеу, мембраналық фильтрация;
- химиялық әдісте: хлорлау, озондау, сутегі асқын тотығы, күміс иондарымен өңдеу;
- электрохимиялықлық әдістер: электролиз, анодтық тотығу;
- комбинирленген әдістер: мысалы, ультракүлгін сәулелендіру және озондау, хлорлау және коагуляция;

Адсорбция әдістері судың құрамындағы патогендік микроағзаларды жоюдағы өте тиімді әдістердің бірі болып есептеледі. Бұл әдістің жұмыс жасау принципі адсорбциялық материалға микроағзалардың бекітілуі арқылы, микробтарды сұйықтық құрамына өткізбеу болып табылады. Адсорбциялық материалдың жеке өзіне ғана тән қасиеттеріне байланысты белгілі бір микробтардың, соның ішінде бактериялардың, вирустардың және кейбір адам ағзасына қауіп төндіру ықтималдылығы бар саңырауқұлақтардың бағытталуы мүмкін. Адсорбциялық материалдардың кейбір түрлері қолжетімді, әрі бағасы жағынан арзан болып келеді, мысал ретінде белсендірілген көмірді атап өтсек болады. Бұл әдістің өзіндік кемшілігі бар, ол адсорбциялық материалдың патогендік микроағзаларға бағытталмағаны болып табылады. Бұл дегеніміз адсорбциялық материалдар судың құрамынан тек қана зиянды микробтарды ғана ажыратып қоймай, сонымен қоса денсаулыққа өзінің пайдасын тигізе алатын микроағзалар мен бактерияларды да ажыратып алады. Адсорбция әдісі су құрамынан қоздырғыштар мен патогендік микроағзаларды жою үшін үнемді әдіс ретінде сипатталады. Ғалымдардың жүргізген зерттеулерінің

нәтижелері бойынша адсорбция әдісі су құрамынан қоздырғыштарды жоюдың 99 % -дан жоғары тиімділігін көрсеткен болатын.

Микробтарды жоюға арналған адсорбция әдістері кейбір жағдайларда жоғары тиімділік көрсеткенімен, олардың белгілі бір кемшіліктері де бар. Уақыт өте келе адсорбенттер микробтармен қанығып, бастапқы тиімділігін жоғалтуы мүмкін. Бұл материалдарды қайта қолдану үшін арнайы өңдеу әдістері (мысалы, термиялық әсер ету, химиялық өңдеу және т.б.) қажет, алайда бұл процестер қымбат немесе күрделі болуы мүмкін [22].



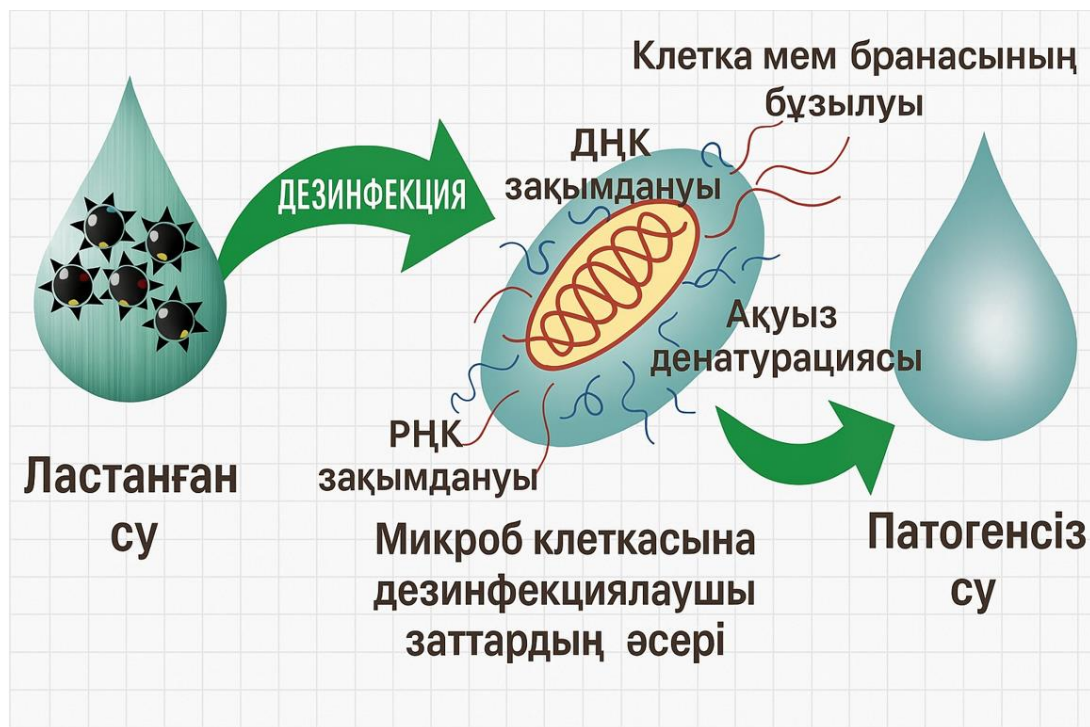
1.2.2 - сурет – Ауыз суды тазартуда қолданылатын адсорбенттердің түрлері.

Келесі әдіс – сүзу әдісі. Ауыз су құрамынан микроорганизмдер мен басқа да зиянды заттардан тазарту үшін қолданылатын, тиімділігі жоғарғы әдістің бірі – осы сүзу әдісі болып табылады. Микрофльтрация – судағы зиянды заттарды тазартуға кеңінен қолданылатын сүзу әдісі. Бұл әдіс үшін 0,1-ден 10 мкм-ге дейінгі кеуек өлшемдері бар мембраналарды қолданады. Бұл әдіс көмегімен судың құрамындағы вирустарды және ірі бактерияларды, ірі бөлшектерді тиімді түрде жоюға мүмкіндік береді. Әлдеқайда жоғарғы нәтижеге қол жеткізу үшін - ультрафльтрация әдісін қолдана аламыз, ультрафльтрация әдісі су құрамындағы өте майды, ұсақ заттарды, микроағзаларды, көптеген ұсақ бактерияларды, коллоидтарды және макромолекулалардан құтылуға мүмкіндік береді. Бұл әдісте қолданылатын кеуек өлшемдері салыстырмалы түрде кіші болып келеді, өлшемі - 0,001–0,1 мкм.

Уақыт өте келе сүзу үшін қолданылатын кеуектер түрлі микроағзалармен бітеліп, сұйықтықты сүзу тиімділігі мен өнімділігін баяулатуы мүмкін, бұл сүзу кеуектерін уақытылы тазалап отыруды немесе жиі ауыстырып отыруды қажет етеді. Аса үлкен мөлшердегі сұйықтықтарды өңдеу кезінде фильтрация процесінің жүру уақыты едәуір өсуі мүмкін, бұл жағдай уақытқа сезімтал процестерге байланысты болуы ықтимал. Фильтрация процесінің жұмыс жаауын төмендететін тағы бір жағдай, ол сүзгіде қалған микроағзалардың биопленка түзуі болып табылады, биопленка сүзгінің ластануына әкеліп соғады.

Ауыз судың құрамын адам денсаулығына зиян келтіретін патогендік микроағзалардан құтылу үшін, химиялық ластаушы заттарды қауіпсіз химиялық заттарға гидролиздеуге көмектесетін әртүрлі химиялық реакциялар қолданылады. Негізгі химиялық әдістер коагуляция және жетілдірілген тотығу процесі (AOP), соның ішінде озондау және фентонды өңдеу.

Дезинфекция – ауыз су құрамындағы патогендік микроағзаларды тазарту процесіндегі ең маңызды деп саналатын кезеңдердің бірі. Ол су құрамындағы микробтардың белсенділігін жоюға негізделген. Бұл әдіс түрі су арқылы таралу қауіпі бар инфекциялық ауруларды алдын алуға өз ықпалын тигізеді. Сол себептен дезинфекция ауыз суды өңдеу кезінде міндетті болып табылады, өйткені патогендік микробтарды жою арқылы адам денсаулығын қорғауды қамтамасыз етеді. Бұл әдіс бүкіл әлемде ағынды суларды, ауыз суды және бассейн суын тазартудың негізгі және маңызды процесі ретінде қолданылады. Физикалық дезинфекция - суды тазартуда қолданылатын ең көп қолданылатын дезинфекция әдісі (мысалы, ультракүлгін сәулелену (УК)) және химиялық дезинфекция (мысалдарға хлорамин, озон, диоксид және хлор жатады). Дезинфекция көбінесе суды тазартудың соңғы кезеңі болып табылады, өйткені дезинфекциялау құралын қолданған кезде адам ағзасына ауру жұқтыруы мүмкін микроорганизмдерді жояды. Дезинфекциялау құралдары 1.2.1 - суретте көрсетілгендей әртүрлі механизмдер арқылы судағы патогендерді жоюға бағытталған. Хлор және озон сияқты дезинфекциялаушы заттар микроорганизмдердің жасушалық компоненттерін зақымдайтын оттегінің белсенді түрлерін шығару арқылы жұмыс істейді [23].



1.2.2 - сурет – Дезинфекциялау құралдарының әсер ету механизмінің көрнекі бейнесі.

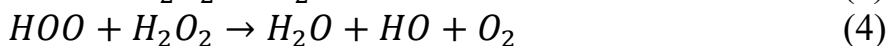
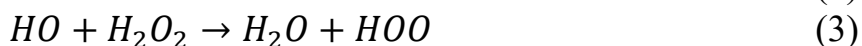
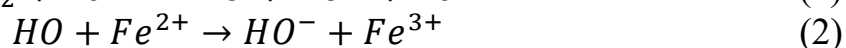
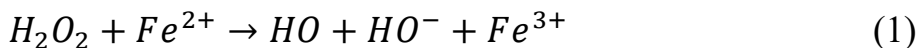
Суды тарату процесінде дезинфекцияның негізгі мақсаты - су арқылы берілетін ауруларды тудыратын патогендік микробтарды жою. Хлор негізіндегі дезинфекциялау құралдары немесе хлор газы микроорганизмдерді олардың жасушалық компоненттерін тотықтыру арқылы жояды [24]. Бұл судың құрамындағы патогендік микроорганизмдердің метаболизмін бұзады және олардың генетикалық материалын жоюға бағытталған, нақтылап айтқанда патогендік микроорганизмдерді жояды. Хлорлау - бұл патогендерді жоюдың практикалық тұрғыдан дәлелденген процесі және көптеген елдерде суды тазартуда қолданылатын ең көп қолданылатын дезинфекция әдісі болып табылады. Бұл процесс кезінде қосылған хлор немесе жанама өнім сумен әрекеттесіп гипохлорит иондары мен гипохлор қышқылын түзеді. Хлорлау әдісінің бағасының арзандығымен және оны жүзеге асыру оңайлығымен ерекшеленетін болса да, оның өзіндік кемшілігі де бар. Су құрамын залалсыздандыру үшін қосылған хлор – ластаушы микро заттардың бастапқы қосылыстарға қарағанда уытты және аз шығарылатын аралық өнімдерге тотығуына әкелуі мүмкін.

Озондау әдісі дегеніміз – озон молекулаларын пайдалана отырып суды ластаушы патогендік микроағзаларға, химиялық заттарға тікелей немесе жанама түрде озонның суда ыдырауынан пайда болатын бос радикалдардың тотығу әсерін пайдалана отырып суды ластаушы заттардан арылу үшін сұйықтықты озондау процесі қолданылады. Алынған бос радикалдар жоғары реактивтілікке ие және сонымен қатар химиялық тотықтырғыштарға

карағанда аз селективті болып табылады. Озонның өмір сүру ұзақтығы өте қысқа, сондықтан оны жергілікті жерде жасау керек.

Озондау бойынша жүргізілген зерттеулердің ішінде Мейерс және басқалар [25] осы әдісті қолдана отырып, 23 пестицидтің жойылу жылдамдығын тексерді. Зерттеулер нәтижесіне сүйенер болсақ алты пестицидті, нақтырақ айтқанда диметоат, хлортолурон, диурон, изопротурон, метоксурон және винклозолинді тиімді әрі жылдам жоюды көрсетті. Он жылдан астам уақыт өткеннен кейін Ормазд озондау әдісін қолдана отырып 40 түрлі пестицидтерді жою бойынша зерттеулер жүргізген болатын. Зерттеулер нәтижесінде 2008 жылы изопротуронды жоюдың 70%, диуронның 75% және метил паратионын көрсетті, ал атразин деңгейінің тек 50% жоя алатынын көрсеткен болатын. Алайда, ауыз суды озондау әдісін қолдану арқылы өңдеу белсендірілген көмірмен және 20 мг Al/л-мен қосылып әрекеттескен кезде, атразинді су құрамынан жою жылдамдығы 90% - ға жетті, одан басқа үш пестицидті 100% - ы жойылу нәтижесіне қол жеткізді.

Келесі суды құрамындағы ластаушы заттарды фентон технологиялары арқылы тазарту. Фентон технологиясы ауыз су құрамындағы органикалық ластаушы заттарды жоюдың нәтижесінің ішіндегі ең тиімді тотығу әдістерінің бірі ретінде саналады. Фентон реагенті-сутегі асқын тотығы (H_2O_2) ерітіндісінің екі валентті темірмен (әдетте темір (II) сульфаты, $FeSO_4$) қосындысы. Төменде көрсетілген 1-4 химиялық реакциялар фентондық өңдеу кезіндегі ерітіндіде болатын тотығу-тотықсыздану реакцияларын көрсетеді.



Фентон технологиялары судағы ластаушы заттарды жою кезінде 98,5% - дан 100%-ға дейінгі жұмыс өнімділігін көрсетті.

Ультракүлгін сәулелену. Ультракүлгін сәулелену әдісі – судың құрамынан патогендерді немесе химиялық қалдықтарды, микроағзаларды жою кезінде кең таралған әдістердің бірі ретінде қолданыды. Ультракүлгін сәулелену патогендік микроағзалардың ДНҚ мен РНҚ-ны зақымдай отырып, репликацияның, патогендік ағзалардың көбеюінің алдын алады және оларды зиянсыз күйге келтіреді. Бүгінгі таңда ультракүлгін сәулелену ауыз су құрамында кездесетін әртүрлі патогеннің микроағзаларды инактивациялау қабілетіне байланысты суды өңдеу кезінде дезинфекциялаудың белгілі әдісі болып табылады. Суды дезинфекциялаудың бұл түрі адам ағзасына қауіп төндіретін кез-келген жанама зиянды заттарды қалдырмайды, бөлмейді. Ультракүлгін сәулелену процесінде ластанған су құрамындағы кез келген микроорганизмдерді жою үшін қысқа толқындары бар сәулеленуді қолданылады. Ультракүлгін сәуле бактерияларды жоюдың тиімді физикалық

құралы болып табылады, ол судың сапасына әсер етпейді және дезинфекциялау үшін суға ешқандай химиялық заттар қосылмайды[18]. Әдістің бірегей қасиеттеріне байланысты тазартылған ауыз судың дәмі, иісі және рН көлемі әрдайым өзгеріссіз қалады, ультракүлгін сәулелену процесіннің жалғыз мақсатты патогендік микроорганизмдер мен бактерияларды қауіпсіз түрде залалсыздандыру болып табылады. Бұл әдіс тек қана ауыз суды ғана емес сонымен қатар тазартылмаған ағынды суларды дезинфекциялау үшін де қолданылады. Шамамен соңғы жетпім бес (75) жылда ультракүлгін сәулелену процесін муниципалды су жабдықтарын дезинфекциялау үшін кеңінен пайдаланылып келеді. Ультракүлгін сәулеленуді қолдана отырып ауыз суды дезинфекциялау құралдарының басты артықшылығы – ол судың құрамын химиялық заттардың қосылуыңсыз тазалау. Бұл әдістің тағы бір артықшылығы ретінде процесстің жылдамдығын айта кетсек болады, және де әдіс экономикалық тұрғыдан қарастырған да үнемді, процесстің оңай өңделетіндігі. Дегенмен, ультракүлгін сәулеленуді қолданудың кемшіліктерінің бірі қалдық дезинфекцияның болмауы болып табылады.

Мембраналық технологиялар. Жалпақ тілде айтқан кезде, мембрана деп екі бөлек фазаны бөліп тұратын тосқауылды айтады. Бұл тосқауыл компоненттердің селективті қозғалысын шектейді. Мембрананың даму тарихы XVIII ғасырдан басталады. Сол уақыттан бері, мембрананы басқада көптеген салаларда қолданыс аясын кеңейту мақсатында зерттеулер жүргізіліп, көптеген ашулар мен жетістіктерге жетті. Сипаттамаларына қарай мембраналарды изотропты және анизотропты деп бөлуге болады. Изотропты мембраналардың құрамы мен физикалық құрылымы біртекті болып келеді. Изотропты мембраналар көп жағдайда микрофльтрациялық мембралар үшін қолданылады. Бейорганикалық мембраналарды жасау үшін, кремний, цеолит, металдар мен керамиканы қолданады. Бұл материалды микрофльтрация, ультрафльтрация сонымен қатар сутектік бөлу мақсатында өнеркәсіптерде кеңінен пайдаланалы.

Жоғарыда аузы суды тұтыну мақсатында, су құрамынан патогендік микроорганизмдерді ажырату үшін қолданылатын негізгі бактерицидтік өңдеудің негізгі әдістері көрсетілді. Және де жоғарыда келтірілген әдістер судың құрамынан адам немесе қоршаған ортаға зиян келтіретін ағзаларды, патогендік микроорганизмдер мен бактерияларды толығымен жою мақсатында немесе олар көбею процессін тежеу үшін қолданылады. Жалпылама айтқанда, барлық бактерицидтік өңдеу технологияларын 3 топқа бөліп қарастыруға болатынына көз жеткіздік. Олар физикалық, химиялық және де биологиялық болып табылады. Бұл әдістердің әрқайсысы өзіндік технологиясымен, қолдану аясына қарай бөлінеді. Барлық әдістер қазіргі таңда өзіне тән ерекшелігі мен суды тазарту процессіне байланысты әртүрлі салаларда қолданылып келеді. Қандай да бір әдісті таңдау тікелей микробты ағзаның түріне, қоршаған ортаның ахуалына (температура немесе рН көрсеткішіне) сонымен қоса өңдеуден кейінгі суды тұтынатын мекемеге

байланысты болады (тамақ өнеркәсібі, медицина, фабрика, ауыл шаруашылығы және т.б.). Әдісті таңдау үшін қолданылатын негізгі факторлар:

- Қолданыс аясы мен қолдану мақсаты. Ауыз суды залалсыздандыру үшін: хлорлау, озондау мен УК сәулелендіру кеңінен қолданылады.

- Микроағзаның төзімділігі. Мысалы, вегетативті яғни қарапайым немесе көпшілік бактериялыр үшін – ең қарапайым сұйықтықты 70° – дейін қайнату жеткілікті болады. Ал саңырауқұлақтан үшін фенолды қолпаларды көптеп қолданады.

- Қоршаған ортаның ахуалы. Бұл фактор температура мен қышқылдық деңгейіне тікелей байланысты болып келеді. Хлор секілді дезинфектанттар көп жағдайда сілтілі ортада қолдануға тиімдірек болап табылады.

- Экология мен қолданудағы қауіпсіздік. Адам өмірі, денсаулығы үшін қауәпсәз болуы. Әсіресе қолданыс барысында теріге зиян келтірмеуі. Ал қоршаған ортаға келер болсақ, қолданған әдісімізден экологияға зардабын тигізетін қалдық заттардың болмауы. Мысал ретінде тазарту процесстерінен кейін қалатын формальдегид сынды улы заттардың қалуы. Экологияның ластануы ауыз судың сапасына тікелей байланысты.

- Экономикалық тиімділік.

- Әдістің нәтижесі.

Осы факторларды қолдана отырып, әдісті дұрыс таңдау су құрамындағы патогендік микроорганизмдерді толығымен жоюға, инфекциялардың таралуын болдырмауға тікелей маңызыды болып табылады.

1.3 Әлемдегі және Қазақстандағы су тазарту технологияларының даму үрдістері

Ауыз су құрамының тазалығы әлемдік мәселе болғандықтан, қай елді болмасын алаңдатады. Тіпті Африка құрлығының кейбір елді мекендері осы жағдай бойынша қатты зардап шегіп отыр. Сол себепті ауыз су мәселесінің шешімін әлемнің барлық мемлекеттері талқылап, оңтайлы және де тиімді шешіміне қол жеткізу үшін әртүрлі зерттеулер жүргізіп жатыр. Әлемдегі және Қазақстандағы барлық дерлік су құрамын тазартуға бағытталған технологиялардың даму үрдістері планетамыздағы су ресурстарын дұрыс деңгейде пайдалануға, сонымен қатар қоршаған ортаның яғни экологиялық мәселелерді де шешуге бағытталған. Су құрамын залалсыздандыру саласындағы негізгі әлемдік деңгейдегі және де Қазақстан Республикасындағы тенденцияларды жалпы екі топқа бөліп қарастыра аламыз. Олар:

Ауызсуды өңдеу барасындағы инновациялық тенденциялары:

- Нанопильтрация;

- Фотокатализ;

- Плазмалық өңдеу.

Энергияны үнемдеуге бағытталған, экологиялық әдістер:

- Кері осмос;

- Биологиялық тазарту;
- Күн энергиясымен жұмыс істейтін тазарту жүйелері.

Инновациялық ауызсу өңдеу технологияларының жетекші жобаларының бірі ретін де - Сингапурдың NEWater жобасын қарастыра аламыз. Сингапур елінің аумағын да жүзеге асырылған NEWater жобасы, қала тұрғындары тұтыну мақсатында ауызсуды кері осмос әдісі мен ультракүлгін дезинфекциялау әдісін қолданған. 2023 жылғы мәліметтерге сүйенер болсақ, жоба аясында бұл жүйе қала тұрғындарын тұтынатын ауызсуының 40%-ына дейінгі мөлшерді қамтыды. Нақты статистикаға жүгінетін болсақ, елдегі барлық 5 NEWater зауыты бір тәулік ішінде 700 млн литр су өңдей алады екен. Ал су құрамындағы патогендік микроорганизмдерді жою көрсеткіші бойынша 99,9% (WHO стандарттарынан жоғары) нәтиже көрсетіп отыр. Экономиялық тұрғыдан да, дәстүрлі әдістермен салыстырған кезде 50% тиімділік көрсеткішін көрсетті, яғни $1\text{м}^3 = \$0.30$ қаражат жұмсалады. 2003-2023 жж аралығында жобаға \$10 млрд көлемінде инвестиция салып, қазіргі таңда осындай жоғарға нәтижеге жетті. NEWater жобасы – ғаламшарымыздағы су тапшылығына төтеп беретін тұрақты және экономикалық тиімді модель болп есептенінеді.

Израильдегі IDE Technologies – қазіргі таңдағы әлем бойынша ең ірі теңіз суын тұщыландыру мақсатында зауыттарды салу жұмыс жасап тұрған компания. Осы компанияның соққан Ashkelon су тазарту зауыты 624 000 м^3 /тәулік су өндіріді алады. Ashkelon су тазарту зауыты да ауызсуды өңдеу үшін кері осмос әдісі мен ультракүлгін дезинфекциялау әдісін қолданады.

Халықаралық су қауымдастығының (International Water Association) деректеріне сүйенсек, нанофльтрация қолдану арқылы су құрамындағы ауыр металдардың 95-99%-ын жояды. Ал 2027 жылға таман кері осмос әдісі нарықта \$15 млрд-қа дейін жетуі мүмкін деп Global Water Intelligence (GWI) тұжырым жасады.

Келесі фотокатализдік тазарту технологиясына негізделіп құрастырылған, АҚШ-тың Grundfos AQpure қондырғысын айта аламыз. Grundfos AQpure – қондырғысы ластанған суды ең қарапайым сүзу әдісінен бастап, оның құрамынан бактерияларды, вирустармен қоса сан алуан химиялық қоспаларды бөліп алу арқылы тұтынуға қауәпсіз ауызсуды өңдеу үшін қолданылады. Суды тазарту барысында ультрафилтрация әдісін қолдану таңдалған. Бұл қондырғының тағы бір ерекшелігі бар, ол – AQpure жүйесінің ультракүлгін модульін белгілі бір аймақтың суын сол аймақтағы экологиялық жағдайларды ескере отырып баптау мүмкіндігінің болуы. AQpure – орнатуға оңай және қолдануға ыңғайлы болып табылады. Осы фотокатализдік тазарту технологиялары су құрамындағы фармацевтикалық қалдықтарның 90%-дан астам бөлігін ыдырата алатындығын зерттеу нәтижелері дәлелдеді.

Плазмалық өңдеу технологиялары. Ауызсуды төмен температуралы плазмамен су құрамындағы бактерияларды жоюдың инновациялық әдісі арқылы 99,9%-дық нәтиже бере алады, басқа әдітермен салыстырмалы түрде

жоғарғы нәтижеге бағытталған. Плазма әдісі су құрамындағы патогендік микроорганизмдері, вирустарды сондай-ақ зиянды ұсақ бөлшектерді, хлороорганиканы жою мүмкіншілігі бар. Бұл әдістің жұмыс жасау принципі: суық яғни температурасы төмен плазма – иондалған газ болып табылады. Оның құрамында бос радикалдар мен иондар болады, олар бактерияларды, вирустарды саңырауқұлақтарды, микробалдырларды және микробтарды мембраналарына еніп, құрылымын бұзу арқылы оларды жоюды немесе тіршілігін жалғастыруына, көбеюіне кедергі келтіреді.

Биологиялық әдістерді қолдану арқылы суды залалсыздандыру. Biomill компаниясы BW Water-ға тиесілі болғаннан кейін, олар ауызсуларды тазартудың ықшам және қол жетімді шешімдерін қамтамасыз ету мақсатында жер үстіне бекітілген өсу биореакторларын шығара бастады. BioGill-таза орта үшін ағынды және ауыз сулардың сапалық көрсеткішін жақсарту мақсатында ғылым мен табиғаттың күшін біріктіретін биотехнологиялық компания. Олар жоғары тиімді, арзан сонымен қатар энергияны үнемдеуге тікелей бағытталған суды тазарту жүйелерін қамтамасыз ететін жер үстіне бекітілетін биореакторларын жобалайды және қондырғыларды құрастырып шығарады. Қарапайым, бірақ интеллектуалды технологиялар мен табиғи биологиялық процестерді біріктіре отырып, Bio GEL қондырғылары ағынды сулардағы органикалық жүктемелерді азайтуда жоғары тиімділікке ие. BioGill әдісі қазіргі таңда Үндістанның жасанды өзендерінде жұмыс жасайды, және де бұл әдісті арқасында энергияның 70%-ын үнемдей аламыз.

Сонымен қатар биологиялық әдіске Нидерландия мемлекетіндегі Aquafarm өндірісін жатқыза аламыз. Aquafarm – табиғи балдырларды қолдана отырып су құрамындағы ауыр металлдарды жою қабілеті бар. Әлемдегі суды тазартудағы инновациялық әдістердің барлығы дерлік экологияға қауіпсіз, әрі тиімді және де баға жағынан арзан болуға бағытталған.

Ауызсуды өндеуде Қазақстан Республикасы да жаңа жобалар мен әдістерді қолданысқа енгізіп, сынақтардан өткізіліп жатыр. Сосын ішінде мемлекет тарапынан енгізілген бастамаларға тоқталатын болсақ:

«Ақ бұлақ» мемлекеттік бағдарламасы. Бағдарламаның басты мақсаты – халықты сапалы ауысумен қамтамасыз ету. Бағдарлама 3 кезеңге бөлінген, I кезең - 2011 - 2015 жылдар, II кезең - 2016 - 2020 жылдар, III кезең - 2020 - 2025 жылдар. Бағдарлама міндеттері adilet.zan.kz порталында мемлекет тарапынан келесідей болып бекітілген «Сумен жабдықтау мен су бұрудың жаңаобъектілерін салу және қолданыстағыларын қайта жаңарту кезінде жүйелік тәсілді енгізу; Қалалық жерлерде сумен жабдықтау мен су бұрудың орталықтандырылған жүйелерін салу және қайта жаңарту; Ауылдық елді мекендерде сумен жабдықтаумен су бұрудың жергілікті жүйелерін септик салу және қайта жаңарту; Сумен жабдықтау мен су бұруды реттеу саласындағы нормативтік құқықтық базаны жетілдіру»[26].

Жоба жұмысы қарқынды жүріп, қазіргі таңда 587 ауылды-мекендерді орталықтандырылған ауызсумен қамтамасыз етіп отыр. 2023 жылы жобаға қосымша 12 млрд теңге бөлініп, сол жылы жоба тағы да 23 ауылды қамтыды.

Қазіргі таңда жобаның жұмыс сапасы мен аумағы үлкейіп келеді. Ауыз сумен қамтамасыз етуде біршама жағдайдың жақсаруына қарамастан, бүгінгі таңда республика халқының едәуір бөлігі тиісті сападағы және толық көлемде ауыз сумен қамтамасыз етілмеген[26].

Жаңартылған ЭҚСЖ (2022). Бұл бағдарламаға 2025 жылға дейін су объектілерін тазалау үшін 400 млрд теңге инвестиция жасалды. Астана, Алматы және Шымкент қалаларында 12 жаңа су тазарту зауыттарының құрылысының жұмыстары басталып кеткен. Бағдарлама аясында еліміздегі аса ірі мегаполистерді тазартылған ауызсумен қамтамасыз ете алады.

Жоғарыда көрсетілген бағдарламалардан басқа, еліміз халықаралық ынтымақтастықты да қалт қалдырып жатқан жоқ. Осы тұрғыдан Израиль елінің компанияларымен бірігіп 2024 жылы еліміздің батысындағы Ақтау қаласында кері осмос станцияларын салу бойынша келіссөздер жүргізілген.

Суды тазарту технологияларындағы еліміздегі перспективалық бағыттарды қарастырайық. 2024 жылдан бастап еліміздің бас қаласы – Астана қаласында нанофилтрация әдісін сынақтан өткізу іске қосылған. Smart Water Network жобасы бойынша Алматы қаласында ақылды есептегіштерді орнату.

Қазақстан су сапасын жақсарту мақсатында елімізде болып жатқан қиындықтарға қарамастан, мемлекет тарапынан көптеген бағдарламалар мен жобалар іске асырылып жатқаны бәрімізге мәлім. Соның арқасында біраз елді-мекеніміз сапалы ауызсумен қамтамасыз ету мүмкіншілігіне жетіп отырмыз. Еліміздегі инновациялық әдістерді ары қарай жетілдіру жұмыстарын жалғастыра түссек, су мәселесінің айтарлықтай көлеміне шешім таба аламыз.

1.4 Бактерицидтік өңдеу технологияларының артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау

Суды құрамын бактерицидтік өңдеу технологияларының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктерінің болуы белгілі. Сол арқылы әдістер мен технологиялар бір-бірінен ерекшелінеді.

Хлорлау әдісі қазіргі таңдағы әлемдегі кеңінен қолданылатын әдістердің бірі болып табылады. Бұл әдіс түрі әсіресе орталықтандырылған су тазарту қоймаларында ауызсудың құрамын залалсыздандыру мақсатында қолданылады.

Хлорлау әдісінің артықшылықтары:

- Жоғарғы тиімділік. Хлорды пайдалану арқылы су құрамындағы патогендік микроорганизмдердің, саңырауқұлақтардың, бактериялар мен вирустардың 99,9%-ын жою мүмкіндіктері бар.

- Әсер ету ұзақтығы. Басқа әдістермен салыстырмалы тұрғыда хлор су құрамындағы бактерияларды залалсыздандыру кезінде ұзақ уақыт бойы өзінің әсерін жоғатпай, су тасымалданылатын құбырлар ішінде қалдықты дезинфекция арқылы өз жұмысын жалғастыра алады.

– Қолжетімділігі. Орташа есеппен алған кезде 1м^3 суды тазарту үшін шамамен \$0,05 – 0,1 қаражат жұмсалады. Бірақ-та күннен-күнге хлор бағасының қымбаттануына байланысты, алдағы уақытта әдіс түрі өзінің ерекшелігін жоғалтып алу қауіпі бар.

Хлорлау әдісінің кемшіліктері:

– Канцерогендік қосылыстардың пайда болуы. Хлор су құрамындағы органиклық заттармен әрекеттескен кезде тригалометандан (ТНМ) түзіледі. Тригалометанның адам денсаулығына тигізер зияны зор болғандықтан WHO стандарттары бойынша рұқсат етілген мөлшері – 0,1мг/л деп белгіленген.

– Экологияға кері әсері. Су құрамындағы хлор толығымен жойылып кетпейтіндіктен, оның құрамынан бөлінетін улы заттар судың құрамында қалып қалғандықтан олар қоршаған ортаға өзінің қауіпін тигізіп отырады. Сол себепті хлор арқылы суды тазарту ағынды сулар үшін шектеулі мөлшерде ғана қолданылады.

Озондау әдісі су сапасының жоғарғы көрсеткішін талап етілетін мекемелерде көптеп қолданылады. Мысал ретінде емханалар мен фармацевтикалық зауыттарды айтап өтсек болады.

Озондау әдісінің артықшылықтары:

– Патогендік микроорганизмдер мен бактерияларға әсер ету жылдамдығы. Озон әдісі су құрамындағы зиянды бактериялар мен вирустарға хлормен салыстырған кезде 50 есе жылдам әсер етеді.

– Өңдеуден кейінгі су құрамында қалдықтардың болмауы. Су өңделгеннен кейін оның құрамында ешқандай химиялық қалдықтар мен улы заттар қалмайды. Озон сумен әрекеттескен кезде ешқандай қосылыс бөлмейді. Адам денсаулығы мен қормаған ортаға зияның тигізбейді.

– Иіс пен дәмнің болмауы. Озон сумен әрекеттескен кезде, су құрамындағы фенолдары ыдырататындықтан, өңделген судың жағымсыз иісі мен дәмі болмайды.

Озондау әдісінің кемшіліктері:

– Энергия шығыны. Орташа есеппен алған кезде 1м^3 суды тазарту үшін шамамен 0,5 – 1 кВт*сағ энергия қажет етеді. Хлормен салыстырғанда 10 есе көп энергия жұмсайды.

– Әсер ету уақыты. Озон сумен әрекеттескеннен кейін 30-40 минут аралығында толықтай ыдырап кетеді. Құбырлар үшін озондау әдісін қолдану тиімсіз болып табылады.

Ультракүлгін сәулелендіру NEWater жобасында қолданылатын жетекші әдістердің бірі болып табылады. Көп жағдайларда құбырлардың соңы нүктелерінде қолданылады.

Ультракүлгін сәулелендіру әдісінің артықшылықтары:

– Су құрамынан зиянды микроорганизмдердің 100% жою қабілеті. Суды тазарту барысында ешқандай химиялық қоспалар түзілмейді. Адам ағзасына қауәпісіз.

– Әсер ету жылдамдығы. 1-10 секунд ішінде су құрамындағы микроазаларды жояды.

– Экологиялық тазалық. Өңдеу процесіннен кейін су құрамында химиялық қалдық заттар болмайды.

Ультракүлгін сәулелендіру әдісінің кемшіліктері:

– Өңделген суда бактериялардың қайта пайда болуы мүмкін.

Мембраналық технологиялар – нанофльтрация және кері осмос. Теңіз суын тұщыландыру үшін, сонымен қатар жоғарғы сападағы суды талап етуші өнеркәсіптерде қолданылады.

Мембраналық технологиялардың артықшылықтары:

– Өңдеу сапасының жоғарлығы. Бактериялар мен вирустарды 99,99% дәлдікпен жою мүмкіндігі.

– Су құрамындағы улы заттардан құтылу. Өңдеу барысында кездесетін пестицидтер, фармацевтикалық қалдықтар мен күрделі химиялық қосылыстарды сүзіп алып тастайды.

Мембраналық технологиялардың кемшіліктері:

– Бағасы. Басқа технологиялармен салыстырғанда мембраналық технологиялар едәуір қымбат болып табылады.

– Қолданыстағы мембраналардың жиі ластануы. Азық-түлік содасы, лимон қышқылы сынды заттар мембраналардың жиі ластануына әкеп соқтырады. Соол себепті мембраналарды жиі ауыстыру немесе тазалау жұмыстарын талап етеді.

Одан басқа комбинациялық әдістерде қолданыста бар. Мысалы: озондау әдісі мен ультракүлгін сәулелендіру әдісінің қосылысы. Бұл комбинациялық әдісті Еуропа елдеріндегі су тазарту зауыттарының 20%-ы қолданады.

Кесте 1.4.1 – Әртүрлі әдістердің идеалды көрсеткішке жақындығы.

№	Әдіс түрлері	Идеалды көрсеткішке салыстырмалы жақындығы
1	Ультракүлгін сәулелендіру	0,84
2	Озондау	0,57
3	Хлорлау	0,42
4	Диоксидті хлор	0,32
5	Мембрана	0,32

1.4.1-кестеде әртүрлі дезинфекциялық әдістерінің TOPSIS әдісін қолдана отырып, идеалды шешімге салыстырмалы жақындығы көрсетілген[27]. Бірақта Gillette et al., (2020), ультракүлгін сәулелендіру әдісі Fuzzy PROMETHEE-ді қолданудың ең тиімді шешімі екенің хабарлайды.

Кесте 1.4.2 – Судың микробты ластану түрлері мен оны жою әдістері және тиімділігі.

№	Микроағзаларды жою әдісі	Әдіс әсер ететін микроағзалар	Патогендік инфекциялар	Әдістің тиімділігі
---	--------------------------	-------------------------------	------------------------	--------------------

1	Жаңартау жыныстарынмен каталитикалық озондау	Polyomavirus	Нефропатия	Жоғары
2	Хлорлау	Escherichia coli (E. coli)	Геморрагиялық колит	Жоғары
3	Сүзу (кұм, мембрана)	Cryptosporidium parvum	Криптоспоридиоз	Жоғары
4	Белсендірілген көмір арқылы адсорбция	Campylobacter jejuni	Кампилобактериоз	Орташа
5	Сүзу құмы	Salmonella spp.	Сальмонеллез	Орташа
6	Ультракүлгін сәулелену	Giardia lamblia	Лямблиоз	Жоғары
7	Бірреттің озондау	Norovirus	Норовирустық инфекция	Төмен
8	Адсорбция	Salmonella typhi	Сальмонеллоз	Жоғары

1.5 Ауыз су сапасына қойылатын мемлекеттік және халықаралық стандарттар

Ауыз су мәселесі адам өмірі және денаулығы үшін әсері орасан зор болғандықтан, оған қойылатын талаптарды барынша қатал қарастырылады. Стандарттарды қоюдың басты мақсаты бұл – қоршаған ортаның экологиялық жағдайын қалыпты жағдайда ұстау және адам денсаулығын қорғау. Бұл стандарттар ауызсу арқылы таралатын жұқпалы аурулардың алдын алып, қауіпсіздікті қамтамасыз етеді.

Судың құрамындағы ескерілуі керек көрсеткіштер:

- Судың түсі;
- Судың дәмі;
- Судың иісі;
- рН қышқылдық деңгейі;
- Ауыр металдар мөлшері;
- Нитраттар;
- Синтетикалық заттар;
- Тұздылық;
- Тұщылық;
- Тұтқырлық;
- Паразиттер;
- Химиялық ластаушылар;
- Радиологиялық көрсеткіш;
- Вирустар;
- Бактериялар:

Су құрамына байланысты стандарттар мен талаптарды қоятын кезде, мамандар жоғарыда көрсетілген көрсеткіштерді басшылыққа алып талаптарды әзірлейді.

Кесте 1.4.3 – Ауыз су сапасына қойылатын мемлекеттік және халықаралық стандарттар.

№	Көрметкіш атауы	ҚР стандарты (СанПиН, ГОСТ)	WHO стандарты (2022ж бойынша)	_Өлшем бірлігі
1	Түсі	≤ 20 градус	≤15 TCU	Градус, TCU
2	Иісі	≤ 2 балл	≤ 3 балл	балл
3	Дәм сапасы	бөгде дәмсіз.	бөгде дәмсіз	сипаттамалық
4	Лайлылық	≤ 1,5 мг/дм ³	≤ 5 NTU	мг/дм ³ , NTU
5	Температура	7-15°C	6-25°C	°C
6	pH (қышқылдық)	6-9	6,5-8,5	бірлік
7	Қаттылық	≤ 7 мг-экв/л	≤ 500 мг/л	мг-экв/л, мг/л
8	Темір	≤ 0,3 мг/л	≤ 0,3 мг/л	мг/л
9	Марганец	≤ 0,1 мг/л	≤ 0,4 мг/л	мг/л
10	Хлоридтер	≤ 350 мг/л	≤ 250 мг/л	мг/л
11	Сульфаттар	≤ 500 мг/л	≤ 250 мг/л	мг/л
12	Нитраттар	≤ 45 мг/л	≤ 50 мг/л	мг/л
13	Нитриттер	≤ 3 мг/л	≤ 0,2 мг/л	мг/л
14	Ауыр металдар	Қорғасын ≤ 0,01 мг/л	Қорғасын ≤ 0,01 мг/л	мг/л
15	Жалпы микроб саны (ОМЧ)	100 КОЕ/мл аспауы керек	100 КОЕ/мл аспауы керек	КОЕ/мл
16	Ішек таяқшасы (E.coli)	0	0	100 мл-де жоқ

Кесте 1.4.3 көсетілген мәліметтер Қазақстан Республикасының санитарлық нормативтері мен Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұымының құжаттарында қамтылған[33,34].

2 Суды бактерицидтік өндеуді жанарту әдістері

Жаңбыр сулары сонымен қатар жер асты және жер үсті сулары ластануға бейім болып келеді. Әдетте бұл су көздері бойынша өндеу жұмыстары жүргізілмегендіктен, олар өзінің құрамында жұқпалы, инфекциялық аурулар мен адам ден аулығына зиянды заттарды тасымалдау қауіпі жоғары болып табылады. Су ресурстарын тазарту технологияларының басым көпшілігі дезинфекциялық жүйелерге бағытталған. Дезинфекциялау екі әдіс бойынша жасалады. Ол – химиялық және физикалық. Хлорлоау, озондау, ультракүлгін сәулелендіру жүйелері ауызсуды тазарту саласындағы кең қолданыстағы әдістер болып есептеліннеді. Алайда химиялық әдістермен суды өндегеннен кейін, судың құрамында қоршаған орта мен адам денсаулығына зияны бар қалдық заттар қалып қояды. Сол себепті судық құрамын залалсыздандыру үшін қазіргі кезде альтернативті шешім ретінде ультракүлгін сәулеленуді қарастырамыз.

Химиялық әдістермен салыстырғанда ультракүлгін сәулеленудің бірқатар артықшылықтары бар:

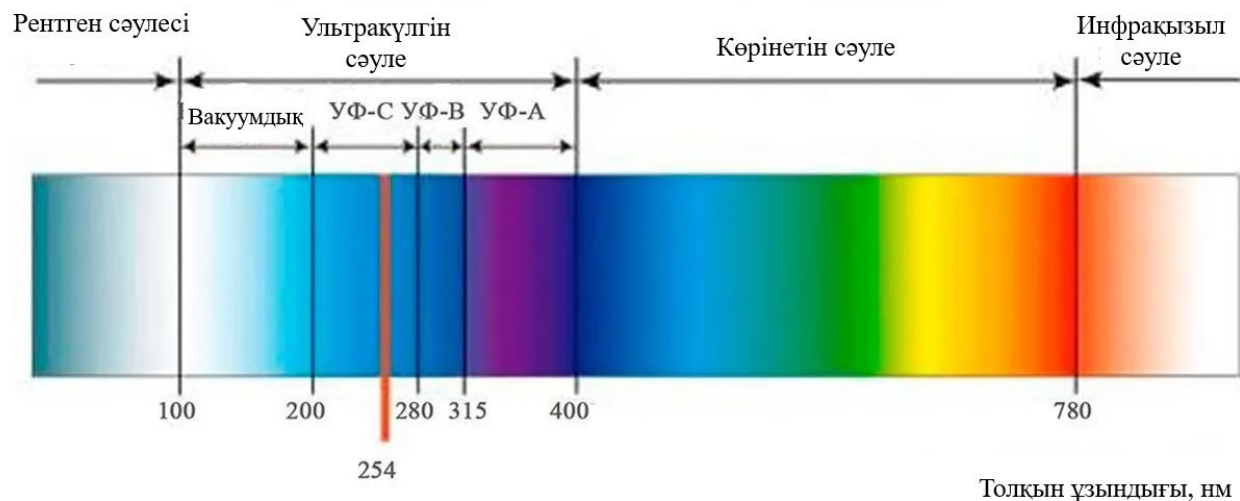
- Ешқандай химиялық қосылыстарды бөлмейді;
- Жанама өнімдер шығармайды;
- Судың дәмін өзгертпейді;
- рН(қышқылдық) – деңгейін өзгертпейді;

2.1 Қолданыстағы суды ультракүлгін сәулелендіру арқылы бактерицидтік өндеу технологиясын талдау

Ультракүлгін сәулеленуді пайдалану арқылы су құрамындағы микроорганизмдер мен бактерияларды тиімді түрде жоя алады, және де қазіргі уақытта дезинфекциялау мақсатында көбірек қолданылады[28]. Ультракүлгін дезинфекциялау химиялық әдістерден қараған кезде тиімдірек болып табылады, өйткені сумен әрекеттескен кезде ешқандай зиянды қалдықдық пайда болмайды. УК-дезинфекциясын жер үсті суларын өндеу мақсатында химиялық дезинфекциялау орнына ұсынған болатын. Дүниежүзі бойынша қазіргі таңда 7000 – астам муниципалды дезинфекциялау қондырғылары жұмыс жасауда, бірақ-та одан бөлек шағын тұрмыстық ультракүлгін дезинфекциялау жүйелеріде бар.

Ультракүлгін сәулелену, ультракүлгін сәулелер дегеніміз – көзге көрінбейтін электромагниттік сәуле болып табылады. 400-100 нм толқын ұзындығы аймағы мен рентген сәулелері сәулелері арасындағы спектрлік аймақ болып табылады[28]. Ультракүлгін сәуле күн сәулесінің құрамында бар, шамамен алғанда күннен түсетін электромагниттік сәулелердің 10 пайызын ультракүлгін сәуле болып табылады. Және де ультракүлгін сәулені тотығу шамдары, арнайы қара шамдар, Черенков сәулеленуі арқылы, электр доғалар және сынап шамдарды пайдалану арқылы шығара аламыз. Ультракүлгін

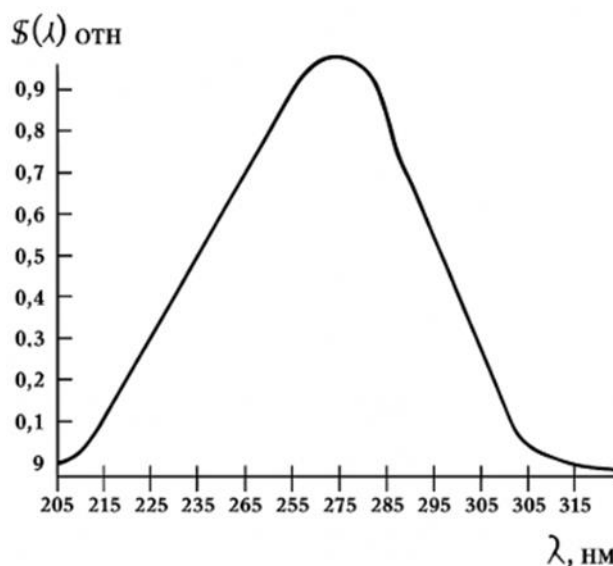
сәулелердің фотондары жарық фотондарынан салыстырған кезде бөлетін энергия бөледі, шамамен ультракүлгін фотондары бөлетін энергия 3,1-12 электрон-вольт бөледі, бұл бөлінген энергия атомдардың иондалуына жеткілікті болып табылады. Қысқа толқынды ультракүлгін сәулелері – иондаушы сәуле болып табылатындықтан. Сәйкесінше, қысқа толқынды ультракүлгін сәулелер жанасқан микроорганизмдердің ДНҚ-сын зақымдап және беттескен ағзалардың сыртқы қабатын зақымдайтын.



2.1 - сурет – Сәулелердің жіктелуі.

Ультракүлгін сәулелер көзге көрінбейтін толқын ұзындығы 100-400 нм аралығындағы спектрді қамтиды[28]. Осы спектр аралығын 3 аралыққа бөліп қарастыра аламыз:

- УК-А (315-400 нм)
- УК-В (280-315 нм)
- УК-С (100-280 нм)

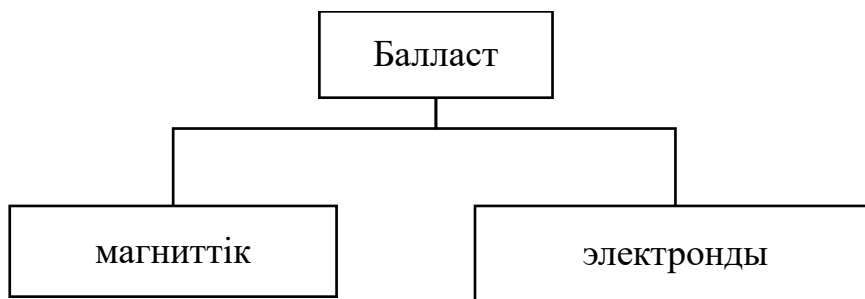


2.2 - сурет – Сұйықтықтағы микроағзаларға максималды әсер ететін ультракүлгін сәуленің толқын ұзындығының салыстырмалы спектрлік тиімділік графигі.

Ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялаудың тиімділігі үшін патогендік микроағзалардың ультракүлгін сәулені жұтудың оптималды мәні шығыс энергиясының 253,7 нм мәніне сәйкес келеді. Ультракүлгін сәулелену күн сәулесінен бөлінетін ультракүлгін сәулеге ұқсас, бірақ одан қарағанда құрылымы мен әсер етуі бойынша едәуір күштірек. Ультракүлгін сәулелену бактерия, вирус, зең, саңырауқұлақ, паразит секілді микробтардың нуклеин қышқылын (ДНК) өзгерту қабілетіне ие, сол себепті ДНК зақымдалған патогендік микроорганизмдер өздерінің көбею қабілетін жоғалтып, белсенді емес деп есептелінеді. Дезинфекциялық процесстің максималды тиімділік нәтижесін көрсетуге тікелей дезинфекциялық жүйенің дизайны әсер етеді. Қазіргі таңдағы заманауи ультракүлгін дезинфекциялау қондырғылары мен жүйелері үшін ультракүлгін сәулеленудің негізгі көзі ретінде орташа және төмен қысымды сынып шамдар яғни ртутті шамдар болып табылады. Доға тәріздес ртутті шамдардың жұмыс жасайтын қысқатоқынды ультракүлгін сәулелердің толқын ұзындығының диапазоны – 253,7 нм болып табылады. Разрядты шамдардың дұрыс жұмыс жасауы үшін балласттар шығаратын электр тізбегін қажет етеді. Мұндай электр тізбектері үш негізгі функциямен қамтамасыз етеді:

- Разрядты шамдарды іске қосу;
- Әр жарты кезең сайын жанып тұруы;
- Разрядты шамдар арқылы электр тогының бақылануы;

Балласт – электрлік қондырғыларды, электр тізбектерінде токты шектеуге негізделген құрылғы.



2.1 - сызба – Балласттың типтері.

Соңғы жылдары магнитті балласттарды электрондық балласттарды алмастырды. Оған әсер еткен факторлар: қуат коэффициентінің жақсаруы яғни жүйелік өнімділіктің артуы; жалпы массасының төмендігі; 1Вт шығарылатын жарық; қызмет көрсету мерзімінің ұзақтығы; жарық деңгейін қадағалау;

шамның жыпылықтауы мен естілетін шумның болмауы. [28] сілтемеге жүгінер болсақ, зертеу бойынша қуат көзінің екі түрін пайдаланған: дәстүрлі электромагниттік және жиіліктерді модуляциялауға негізделген электронды балласттар. Жоғарыдағы зерттеулер дәстүрлі жоғарғы жиілікті ультракүлгін шамдарды басқару арқылы ультракүлгін сәулеленуді пайдаланатын дезинфекциялық жүйелерді жақсартуды және өңделген суды тұтынушыға қауіпсіз болатынына кепілдік беретіндігін дәлелдейді.

Ультракүлгін реакторды жобалау кезінде, орнату және қолдану кезінде ескеру керек бірқатар сипаттамалар бар:

- Судың сапалық сипаттамасы;
- Шам мен реактор қабырғасы арасындағы арақашықтық;
- Ультракүлгін сәуленің таралуы;
- Ультракүлгін сәуленің жылдамдығы;
- Кварц гильзасының сапасы;
- Ультракүлгін сәуленің экспозициялық уақыты;

Ультракүлгін сәулелену арқылы судың құрамындағы суспензияланған қатты заттарды, лайлылық деңгейі жоғары суларды өңдеуге жарамсыз болып табылады. Бұл материалдар ультракүлгін сәулелермен әрекеттескен уақытта, дезинфекциялық процесстің жұмыс өнімділігін төмендетуі мүмкін. Сол себепті су ультракүлгін сәулеленумен өңдеуден бұрын міндетті түрде суды тазартып алған жөн.

Ультракүлгін сәулелену дозасының жасы ультракүлгін сәулелену арқылы өңдеу жүйелерінің негізгі факторы болып табылады. Оның бірнеше факторлары бар, олар: ультракүлгін сәуленің шығыс қарқындылығы; ультрасәуленің жанасу уақыты; судың сапасы. Ультракүлгін сәулелену дозасы экспозициялық кезеңіндегі ультракүлгін сәулеленудің негізгі. Ультракүлгін сәулелену дозасыны D , келесі түрде өрнектеледі:

$$D = \int_0^t I \cdot dt \quad (5)$$

мұндағы: D – ультракүлгін сәулелену дозасы (mW c/cm^2); I – ультракүлгін сәулеленудің қарқындылығы (mW/cm^2); t – ультракүлгін сәулеленудің әсер ету уақыт (c):

Егер ультракүлгін сәулеленудің қарқындылығы экспозициялық уақытта тұрақты болса, D – ультракүлгін сәулелену дозасы I – ультракүлгін сәулеленудің қарқындылығы мен t_{exp} – ультракүлгін сәулеленудің әсер ету уақытының көбейтіндісіне тең.

$$D = I \cdot t_{\text{exp}} \quad (6)$$

Ультракүлгін сәулелендіру реакторында идеалды ағыны жағдайында ультракүлгін сәулеленудің әсер ету уақыты немесе судың реакторда тұру уақыты

ультракүлгін сәулелендіру реакторының V – көлемі мен Q -су ағынының жылдамдық коэффициенті болып есептелінеді.

$$t_{exp} = \frac{V}{Q} \quad (7)$$

мұндағы: сәйкесінше V мен Q реактордың көлемі мен су ағының жылдамдығы.

Патогендік микроорганизмдерді залалсыздандыру процессін түсіндіру үшін дезинфекциялық кинетикалық модельдер [30] сілтемедегі әдебиеттердегі зерттеу нәтижелеріне сәйкес келу үшін, Чик-Уотсонның қарапайым бірінші реттік модельінен бастап, Коллинз-Селлек және сол секілді күрделі мультикинетикалық модельдер ұсынылған[30]. Бактериялардың инактивациясының кинетикасы көп жағдайда негізгі бірінші реттік модельге сәйкес келетін формуламен өрнектеледі:

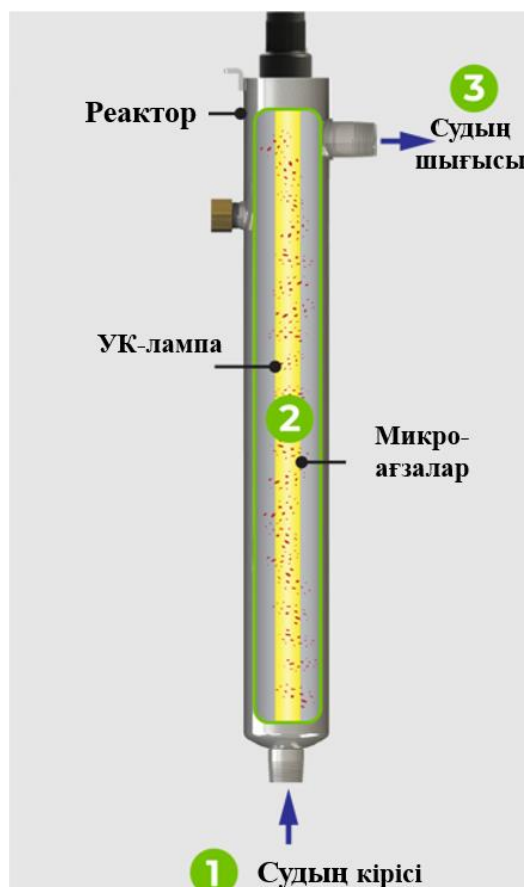
$$N = N_0 \cdot e^{-kIt} \quad (8)$$

мұндағы: N және N_0 – ультракүлгін сәуленің әсеріне дейінгі және кейінгі өміршең организмдердің концентрация (CFU/100 ml); k – бірінші реттік инактивация жылдамдығы (cm²/m J); I – ультракүлгін сәулеленудің қарқындылығы (mW/cm²); t – ультракүлгін сәулеленудің әсер ету уақыт (с):

Микробтық реакция – микроорганизмнің ультракүлгін сәулеге сезімталдық өлешемі болып табылады, және бұл барлық микроорганизмдерге тән қасиет. Ол микробтың инактивация дәрежесін келесі түрде көрсетеді:

$$\text{Log Inactivation} = \log_{10} \frac{N_0}{N} \quad (9)$$

мұндағы: N және N_0 – ультракүлгін сәуленің әсеріне дейінгі және кейінгі өміршең организмдердің концентрация (CFU/100 ml); Log Inactivation – бактериалды инактивация.



2.3 - сурет – Ультракүлгін шамның жұмыс жасау сұлбасы.

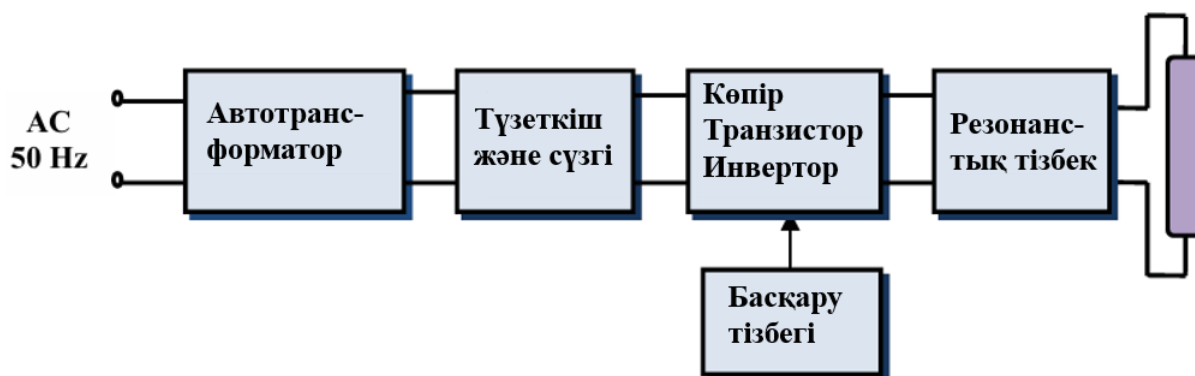
Жоғарыда келтірілген сұлбада, алдын-ала тазартылған сұйықтық ультракүлгін шамы бар тот баспайтын реактордың ішіне түседі. Ультракүлгін шамның айналасындағы сұйықтық ультракүлгін сәулеленуге (толқын ұзындығы – 253,7 нм) ұшырайды, бұл байланыс микроағзалардың ДНҚ-сын зақымдап, олардың тіршілігі мен көбеюіне кедергі жасайды. Дезинфекция арқылы тазартылған су пайдалану үшін үй құбырына түседі.

2.2 УК дезинфекция жүйесінің сипаттамасы

Жалпы қазіргі таңдағы қолданыстағы ультракүлгін дезинфекциясының объектісін құрайтын қондырғылардың сипаттамалары келесідей. Орташа есеппен ұзындығы – 70 см, ішкі диаметр – 6 см, көлемі – 2 л сақиналы секциялы жабық цилиндр тот баспайтын реактордан тұрады. Ол сәулелену реакторының ішкі бөлігінің осіне орналастырылған және шамды механикалық қорғау және тығыздау үшін қолданылатын таза кварц гильзасымен қорғалған бір төмен қысымды сынапты разрядты шаммен (куаты 55Вт, ұзындығы 60 см және диаметрі 2 см) жабдықталған.

Ультракүлгін сәулесін шығаратын шам бір фазалы түзеткіш, оның шығысында 25-100 кГц шығаратын транзисторлық инвертордан және шамның тұтынуына қол жеткізу үшін резонанстық тізбектен тұратын электронды

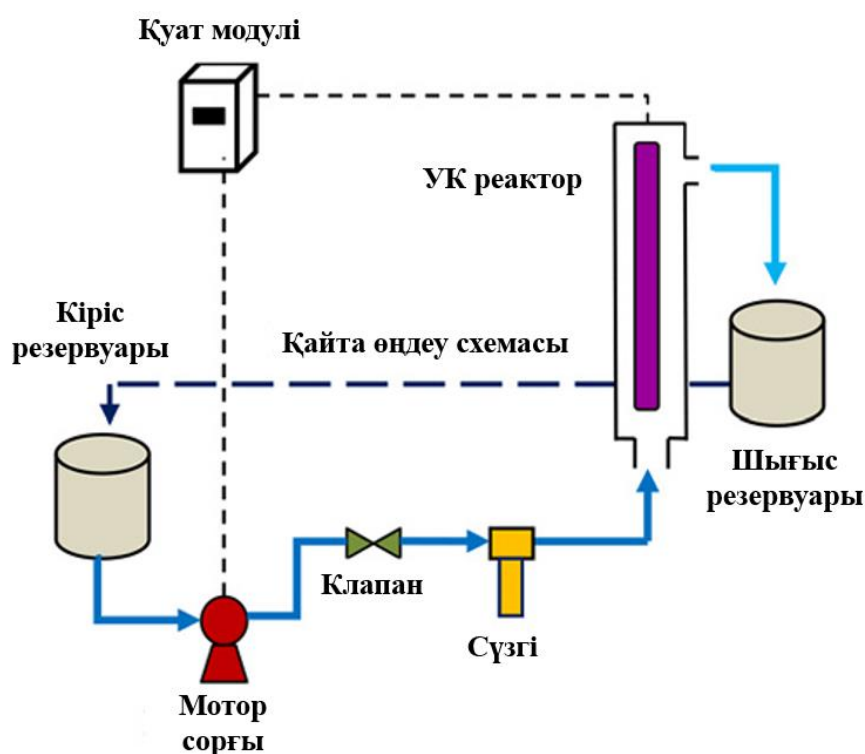
балласт арқылы жеткізілді[31]. Газ разрядты шамды қуаттандыруға арналған электронды балласттың блок-сызбасы 2.1.1 – суретте көрсетілген.



2.1.1 - сурет – Ультракүлгін разрядты шамды қуаттандыруға арналған электронды балласттың блок-сызбасы.

Дезинфекция жүйесі сонымен қатар кіріс резервуарынан ластанған суды соруға арналған мотор сорғысымен, 0,2 – ден 0,8 л/с-қа дейін ағын жылдамдығын алуға арналған ағынды басқару клапанымен және ластанған судың өткізгіштігін жақсартуға арналған сүзгімен жабдықталған. Бұл жүйеде тазартылған суды сәулелену камерасы арқылы бірнеше өтуге мүмкіндік беретін қайта өңдеу тізбегі арқылы қайта өңдеуге болады.

Ультракүлгін сәулелену арқылы суды дезинфекциялау жүйесінің схемалық диаграммасы мен суреті төменде көрсетілген.



2.1.2 - сурет – Ультракүлгін сәулелену арқылы суды дезинфекциялау жүйесінің схемалық диаграммасы.



2.1.2 - сурет – Ультракүлгін сәулелену арқылы суды дезинфекциялау жүйесінің суреті.

2.3 УК дезинфекция жүйесінің статиялық моделі

Ауызсу үшін тұтынатын суды залалсыздандыруға арналған ультракүлгін сәулелену реакторын (қондырғысын) жобалау кезінде қойылатын негізгі талаптың бірі – микроорганизмдер мен потагендік бактерияларды инактивация арналған дозаның жеткілікті мөлшерде болуы. Сондықтан, сұйықтық құрамындағы потагендік бактериялардың азаюы және жойылуы, реактор қамтамасыз ететін ультракүлгін сәуленің дозасы сұйықтықты дезинфекциялау процесі кезінде аса маңызды рөл атқарады. Бұл көрсеткіш – УК сәулесінің қарқындылығы, әсер ету уақыты, судың УК сәулесін өткізу қабілеті (трансмиссиясы), температурасы, рН деңгейі және дезинфекция құрылғысының гидравликалық сипаттамалары сияқты бірқатар параметрлерге тәуелді. Дезинфекциялау есебі келесідей тұжырымдалады: залалсыздандырылуы тиіс су ультракүлгін трансмиссиясы T_r , бастапқы микроағзалар саны N_0 және кіріс ағын жылдамдығы Q параметрлерімен сипатталады. Реактор шығысынан алынған өңделген судағы микроағзалар

саны N , ал реактор арқылы жеткізілген ультракүлгін дозасы D , ультракүлгін сәуле қарқындылығы I , әсер ету уақыты t_{exp} және судың сапасына байланысты болады.

Бұл зерттеуде берілетін су ағыны Q және ультракүлгін шамының қарқындылығы I басқарылатын айнымалылар немесе кіріс параметрлері ретінде қарастырылды. Ал ультракүлгін дозасы D мен бактериялардың азаюы A , яғни судың бактериологиялық сапасын анықтауда негізгі рөл атқаратын параметрлер, шығыс параметрлері немесе орнатылған шамалар ретінде анықталды. Кіру нүктесіндегі ультракүлгін трансмиссиясы T_r бұзушы (дестабилизациялық) кіріс ретінде есепке алынды. Осылайша, залалсыздандыру құрылғысы екі кіріс пен екі шығыстан тұратын көпайнымалды жүйе ретінде қарастырылатын статикалық модель жасалды (2.1.3-сурет). Құрылған көпайнымалды модельге сәйкестендірілген ауысу (беріліс) моделі мен күйлік-аймақтық (state-space) модельді де қолдануға болады.



2.1.3 - сурет – Дезинфекция жүйесінің статикалық моделі: I – ультракүлгін сәуле қарқындылығы, Q – кіріс ағын жылдамдығы, D – ультракүлгін сәулесінің дозасы, A – бактериялық жойылу дәрежесі.

2.4 УК дезинфекция жүйесінің беріліс моделі

Сұйықтықты потагендік микроағзалардан залалсыздандыру процесінде кірісі мен шығысы бар болғандықтан, оны жүйелік тұрғыдан қарастырыа аламыз. УК дезинфекция жүйесін зерттеудің бірінші сатысы – бұл модельдеу, сол жүйенің айнымалары арасындағы байланыстарды бейнелейді. Модельдеу – бұл кезөкелген жүйенің динамикалық және статикалық қасиеттеріне сипаттама бере алатын математикалық модельдеу болып табылады.

Ауысы функциялары матрицасы арқылы суды дезинфекциялау құрылғысының динамикалық моделі жүйенің кірістері мен шығыстары арасындағы байланыс көрсетілген. Егер жүйе МІМО, яғни көп кірісті және көп

шығысты болып табылса, m – кіріс және n – шығыс ретінде қарастырылып, беріліс функциясы ($m \times n$) өлшемді матрица түрінде беріледі.

$$\gamma = [T]U \quad (10)$$

мұндағы: γ – шығыс векторы; T – беріліс матрицасы; U – кіріс векторы:

УК дезинфекциялау жүйесі үшін басқару векторы U және шығыс векторы γ келесідей беріледі:

$$U = \begin{bmatrix} I \\ Q \end{bmatrix}, \quad \gamma = \begin{bmatrix} D \\ A \end{bmatrix} \quad (11)$$

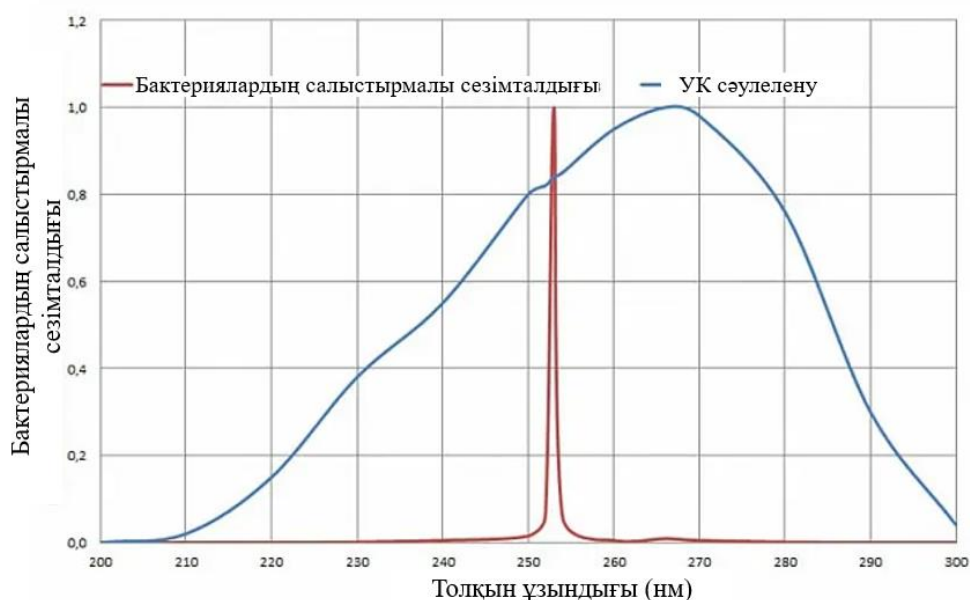
мұндағы: I – ультракүлгін сәуле қарқындылығы, Q – кіріс ағын жылдамдығы, D – ультракүлгін сәулесінің дозасы, A – бактериялық жойылу дәрежесі:

2.5 УК дезинфекция жүйесінің тиімділігін бағалау

Ультракүлгін сәулелену арқылы суды дезинфекциялау мақсатында бірқатар техникалық құралдар құрастырылған болатын, соның ішіндегі ең маңызды элемент – УК-лампа болып табылады.

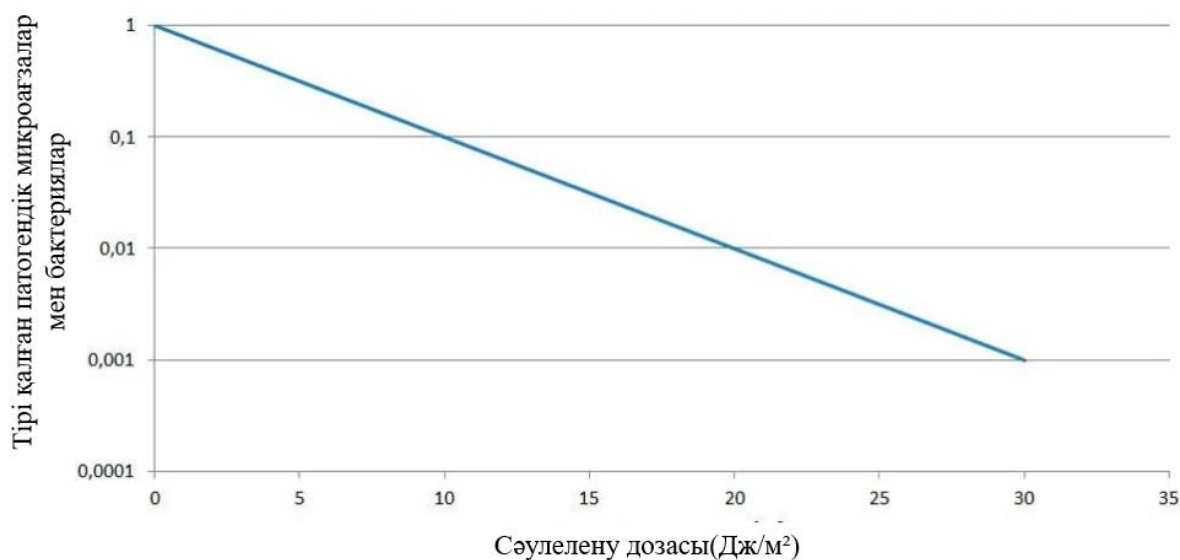


2.1.4 - сурет – УК-лампа.



2.1.5 - сурет – УК-лампа бөліп шығаратын сәуленің толқын ұзындығының спектрлік графигі.

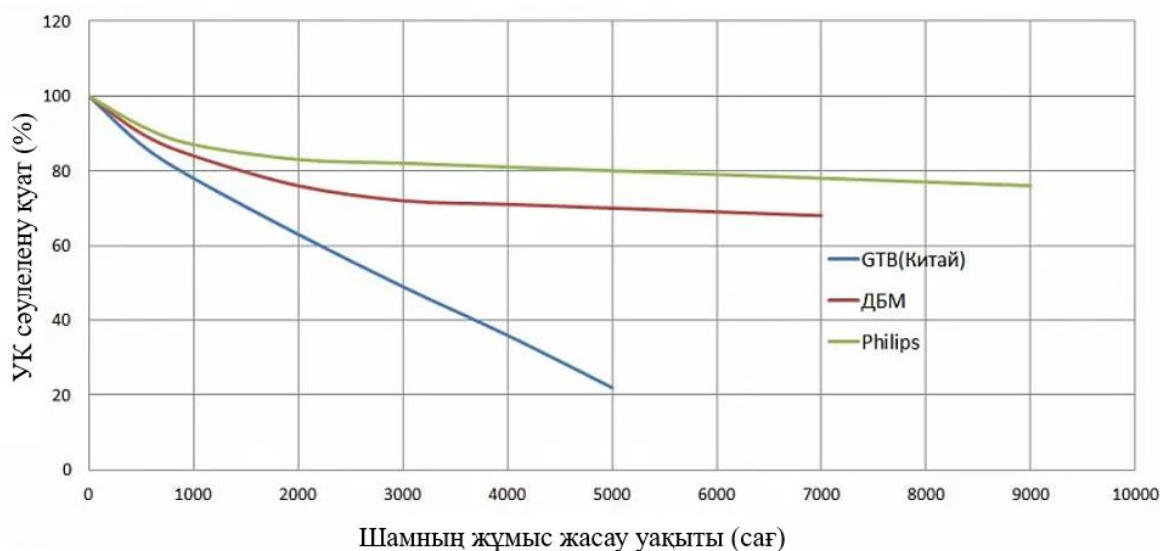
Ультракүлгін сәуле дозасы артқан сайын тірі қалған микроағзалардың саны экспоненциалды түрде азаяды. Мысалы, егер 10 Дж/м^2 дозасы туберкулез бактерияларының 90%-ын жоятын болса, екі есе доза (20 Дж/м^2) – 99%-ын, ал үш есе доза (30 Дж/м^2) – 99,9%-ын жояды және бұл үрдіс осылай жалғаса береді.



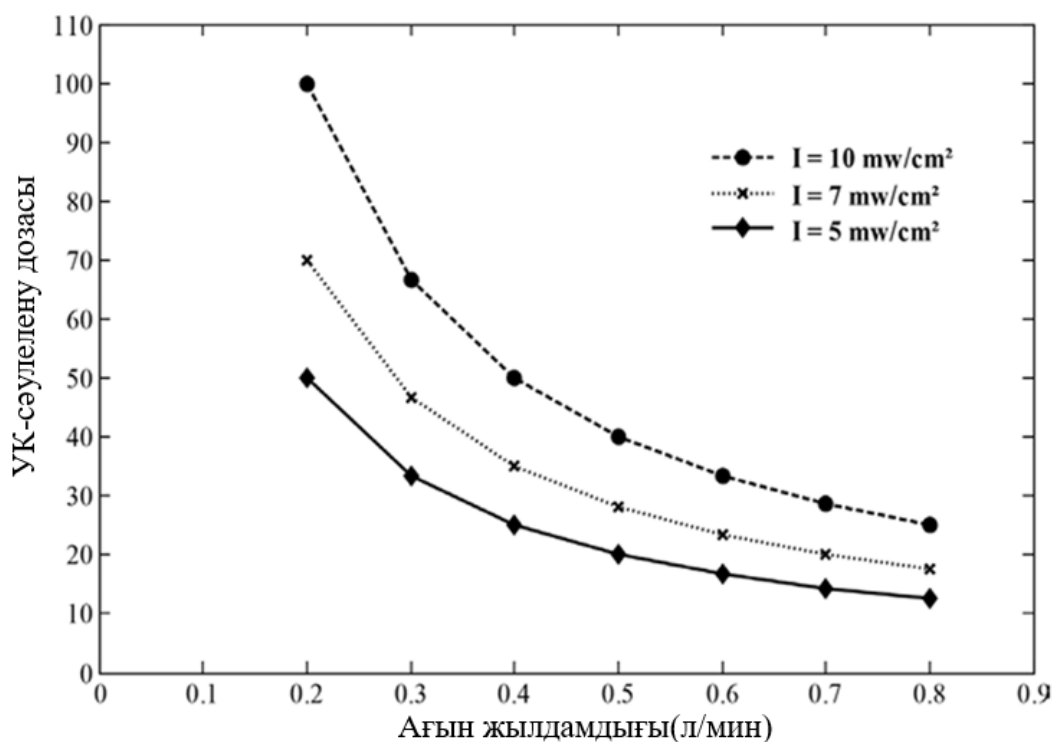
2.1.5 - сурет – Ультракүлгін сәуле дозасының микроағзаларға қатынас графигі.

Ультракүлгін (УК) шамдардың қызмет ету мерзімі шектеулі, бұл уақыт өте келе олардың бактерицидтік ағынының төмендеуімен байланысты. Әдетте,

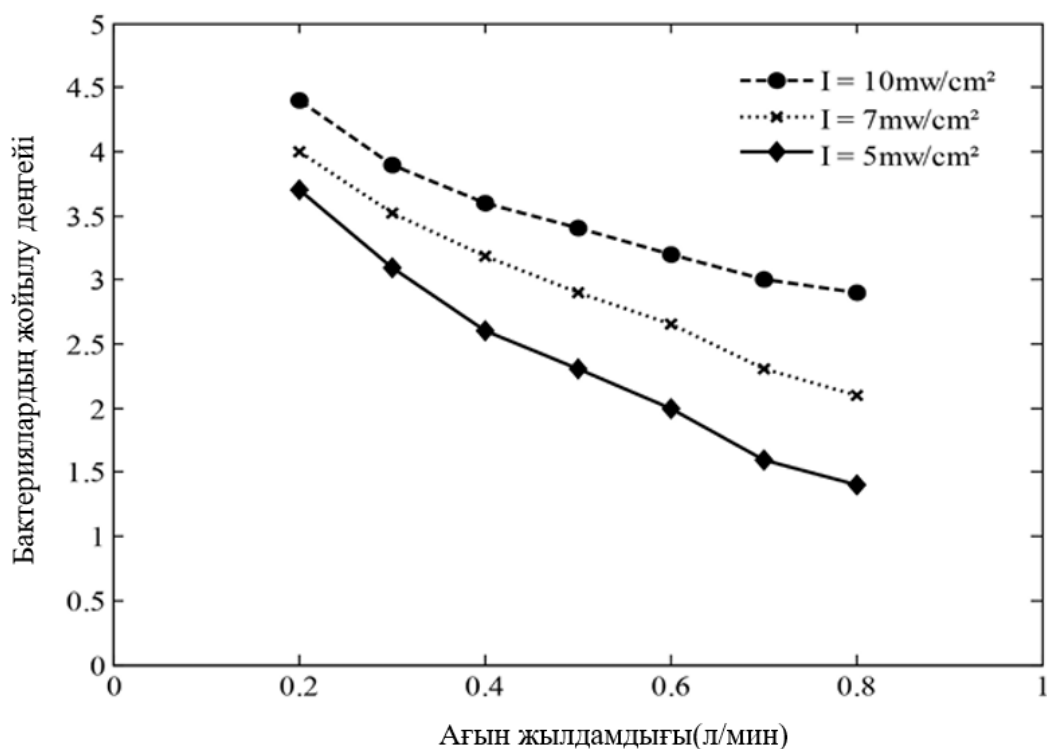
қызмет ету уақыты сағатпен көрсетіледі. Бұл – шамның бастапқы бактерицидтік ағыны 30%-ға төмендейтін уақыт мөлшері (кейбір өндірушілерде бұл көрсеткіш өзгеруі мүмкін). Қымбат және сапалы шамдарда (мысалы, Philips, Osram, ДБ және т.б.) бұл мерзім шамамен 8000–9000 сағатты құрайды, бұл олардың арнайы ішкі жабынының арқасында жүзеге асады. Ал арзанырақ шамдарда бұл көрсеткіш 3000 сағат немесе одан аз болуы мүмкін (төмендегі графикке қараңыз).



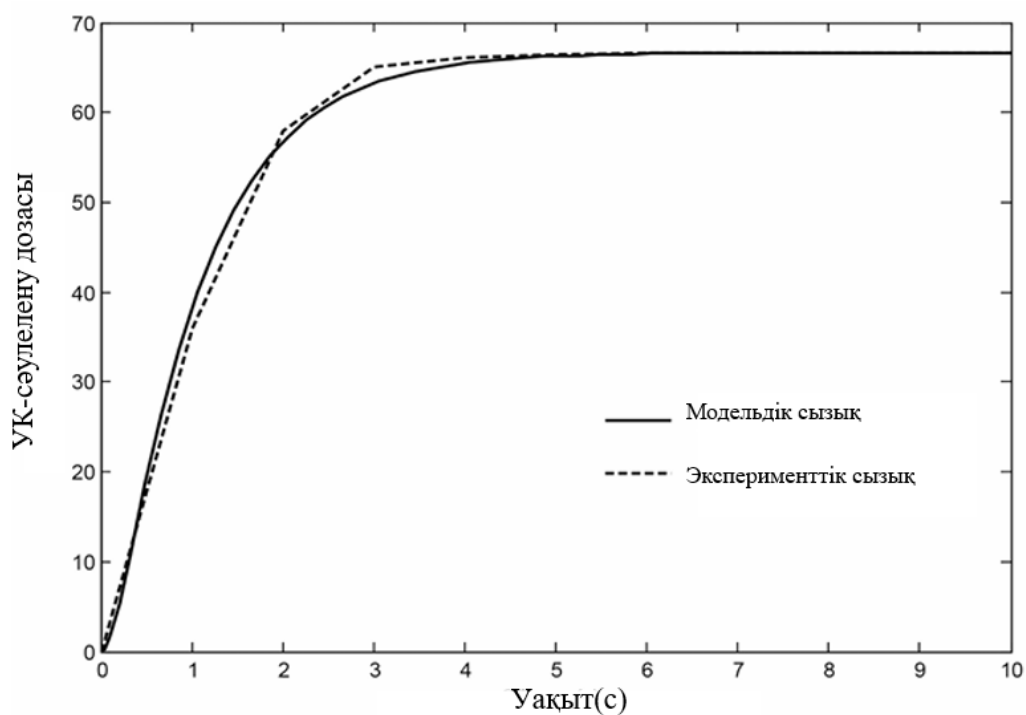
1.2.1 - сурет – УК-лампаның жұмыс жасау ұзақтығының графигі.



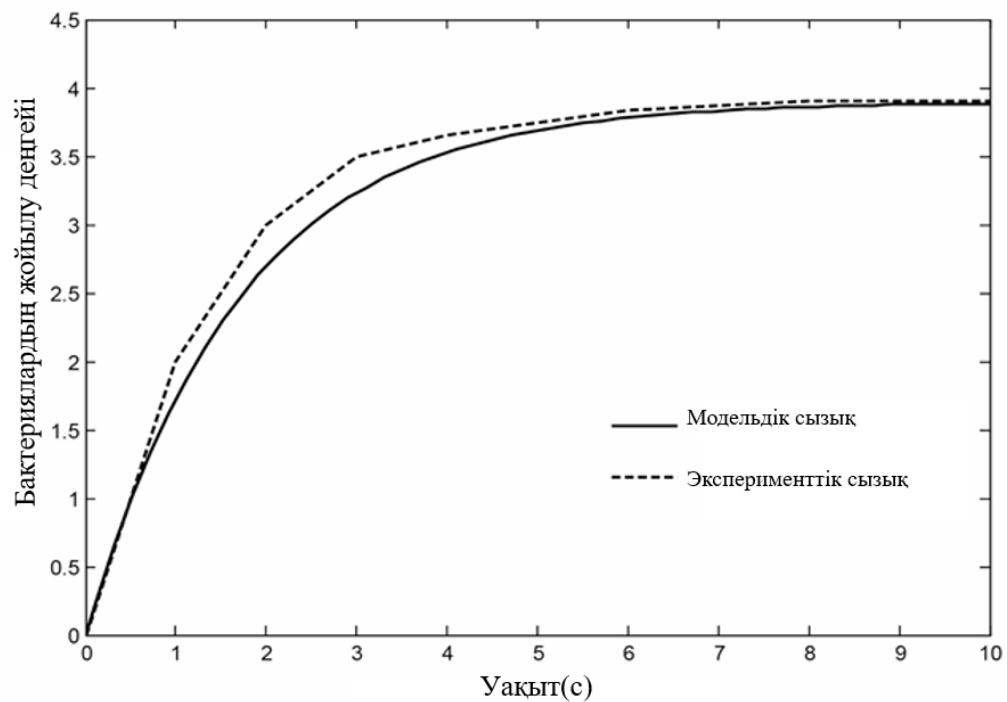
2.1.6 - сурет – Ультракүлгін сәуле дозасы мен су ағыны арасындағы байланыс графигі.



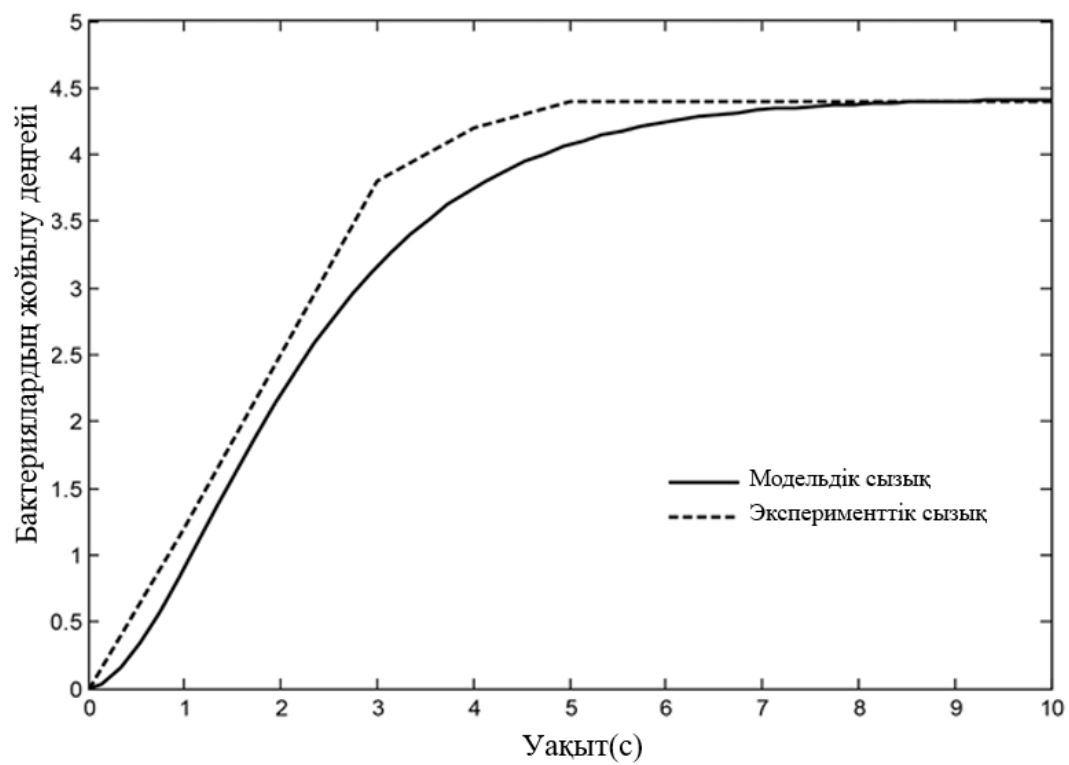
2.1.7 - сурет – Бактериялардың жойылу деңгейі мен су ағыны жылдамдығының өзара тәуелділік графигі.



2.1.8 - сурет – Су ағыны жылдамдығының сатылы әсеріне негізделген УК доза моделін тексеру графигі.



2.1.9 - сурет – Су ағыны жылдамдығының сатылы әсеріне негізделген бактериялардың азаю моделін тексеру графигі.

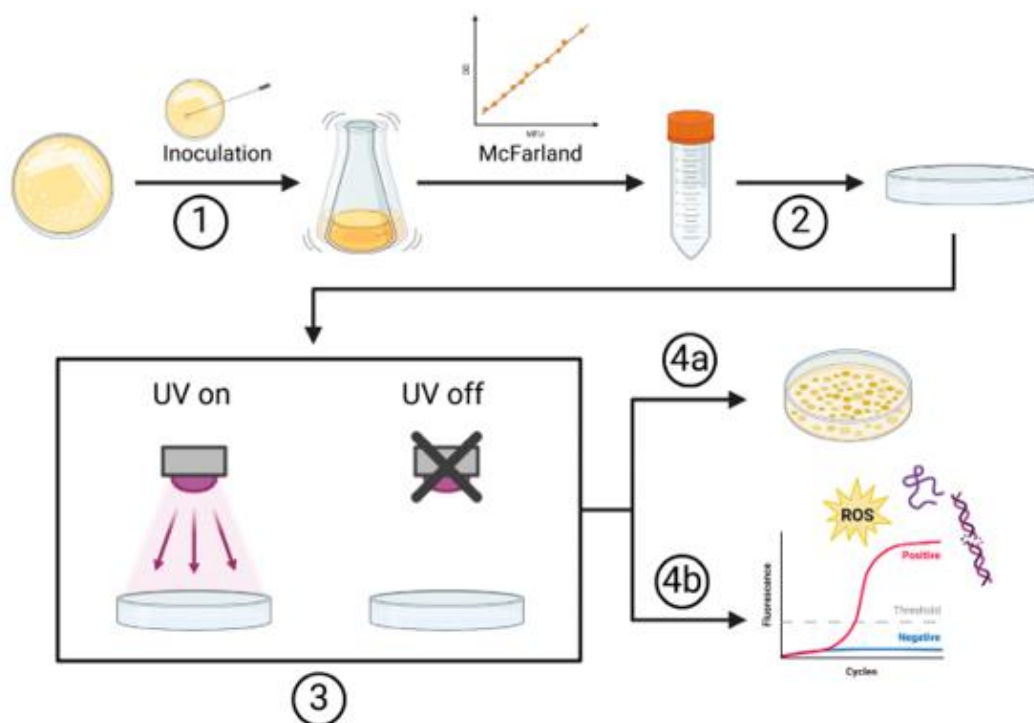


2.1.10 - сурет – УК сәуле қарқындылығының сатылы әсеріне негізделген бактериялардың азаю моделін тексеру графигі.

3 Жаңартудың негізгі бағыттары

Ауызсу тазалығы өзінің маңызын жоғалтпайтын мәселенің бірі болып табылады. Сол себепті су құрамын зарарсыздандыру мақсатында дүниежүзі бойынша сан алуан құрылғылар мен жүйелер жасалынып жатыр.

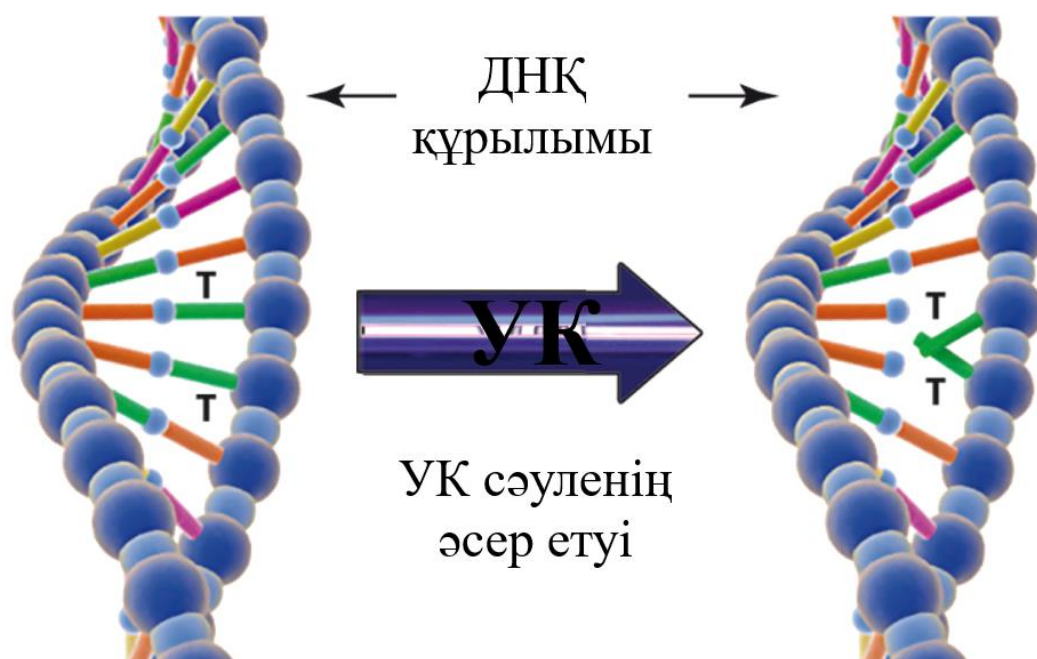
Менің бұл магистрлік диссертация жұмысымда ұсынатыным, ультракүлгін сәулеленуді пайдалана отырып, судың құрамындағы патогендік микроорганизмдерді зарарсыздандыру. Ультракүлгін сәулелену көзі ретінде дәстүрлі сынапты шамдардың орнына, жұмыс жасау өнімділігі мен қызмет ету мерзімі бойынша әлдеқайда тиімді болып табылатын UV-LED яғни жарық диодты шамдарды қолдану. Біріншіден, UV-LED жарық диодты шамдардың артықшылығы, олардың аз энергия тұтына отырып ұзақ уақыт қызмет көрсетуі. Екіншіден, қауіпсіздіктің жоғарылығы. Осы уақытқа дейінгі қолданылып келген ультракүлгін сәулелену мақсатындағы сынапты шамдар зақымданған кезде, ішіндегі сынап суға араласып, барлық суды тұтынуға жарамсыз етеді, ал UV-LED үшін дәл мұндай қауіп болмайды. Үшіншіден, UV-LED шығаратын ультракүлгін сәуле судың құрамындағы патогендік микрағзалар мен бактерияларға сынапты шамдармен салыстырғанда екі-үш секунд жылдам әсер етеді.



3.1 - сурет – UV-LED көмегімен судың құрамын зарарсыздандырудың визуалды сызбасы.

Судың құрамын зарарсыздандыру мақсатында ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялауды таңдағанымның тағы бір себебі, ол ультракүлгін сәулелердің сұйықтықтың құрамындағы зиянды заттардың, патогендік

микроағзалардың және де адам денсаулығына қауіп тудыратын бактериялардың ДНҚ-сын зақымдау арқылы олардың одан көбеюіне не болмаса өзінің тіршілік етуін тоқтата алу. Ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекцияланған сұйықтық құрамында адам денсаулығына кері әсер беретін микроорганизмдер мүлдем қалмайды және де дезинфекциядан кейін ешқандай химиялық реакция жүрмейді, сәйкесінде су құрамында зиянды химиялық қалдықтар қалмайды. Төмендегі 3.2-суретте ультракүлгін сәуленің патогендік микроорганизмдер мен бактериялардың ДНҚ-на қалай әрекет ететін сызбасы келтірілген. Ультракүлгін сәуле сұйықтық құрамындағы патогендік микроорганизмдер мен бактериялармен әрекеттескен уақытта, ультракүлгін сәуле бактерияның ДНҚ-сын толықтай зақымдап оның тіршілік етуін тоқтатады.



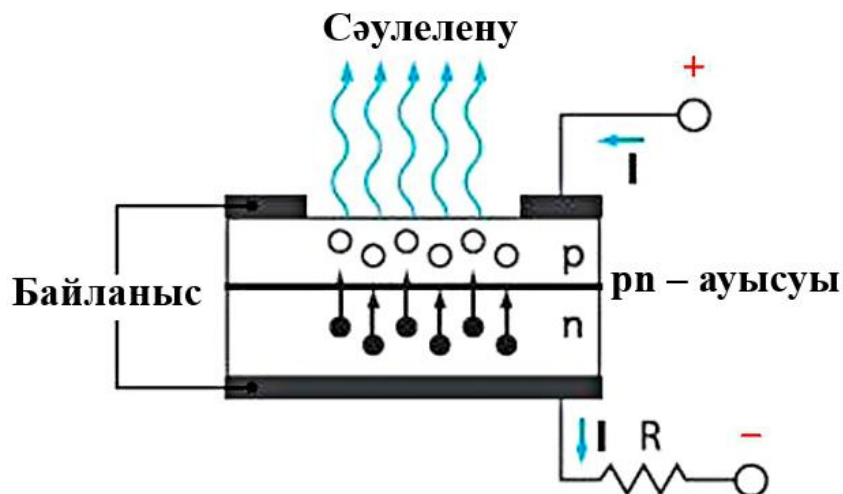
3.2 - сурет – Ультракүлгін сәуленің бактерияның ДНҚ-на әсер етуі.

3.1 Ультракүлгін жарық диодты шамдар

Жарық диод (UV-LED) – ток көмегімен жарық бөлетін жартылай өткізгіш құрылғы болып табылады. Жарық диодтардың жұмыс жасау принципі электролюминесценция құбылысына негізделіп жасалған, электр тогы жартылай өткізгіш материал көмегімен тасымалданады, бұл әрекет фотондардың сәулеленуін қамтамасыз етеді. Жарық диодтар pn – түйісуінен тұрады.

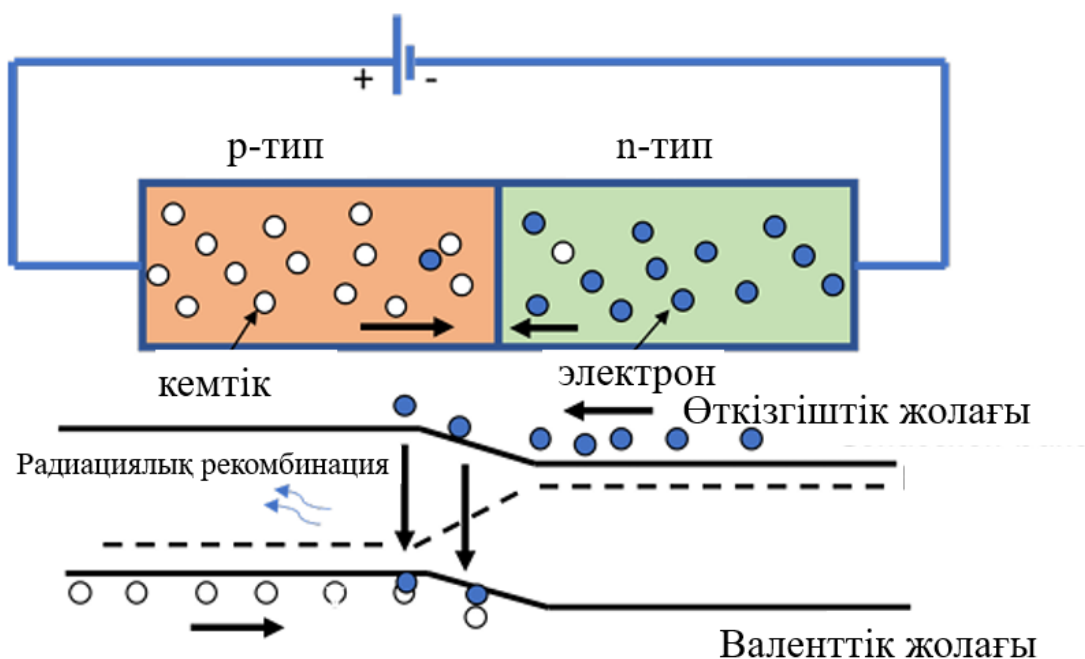
Жарық диодтардың даму тарихы 1927 жылы электролюминесценция құбылысына ашылуымен тікелей байланысты. Дегенмен жарық диодтардың алғашқы прототипі 1962 жылы Техас институтының ғалымдары ұсынған болатын.

Жарық диодтар жартылай өткізгіш кристалдардан дайындалады, көп жағдайда өткізгіш кристалдар периодтық кестенің 3 және 4-ші элементтер тобына тиесілі. Өткізгіш кристалдар құрамында p және n типті қабаттары болады, олар p - n ауысуымын құрайды. Жарық диодтардың жұмыс жасау принципі электролюминесценция құбылысына негізделген, жарық диоды арқылы өтетін электр тогы жарық сәулелерін туғызады. Жартылай өткізгіште орналасқан электрондар жоғарғы энергетикалық деңгейге ауысады, одан кейін жарық фотондарын шығарғаннан кейін төменгі энергетикалық деңгейге қайта ауысады.



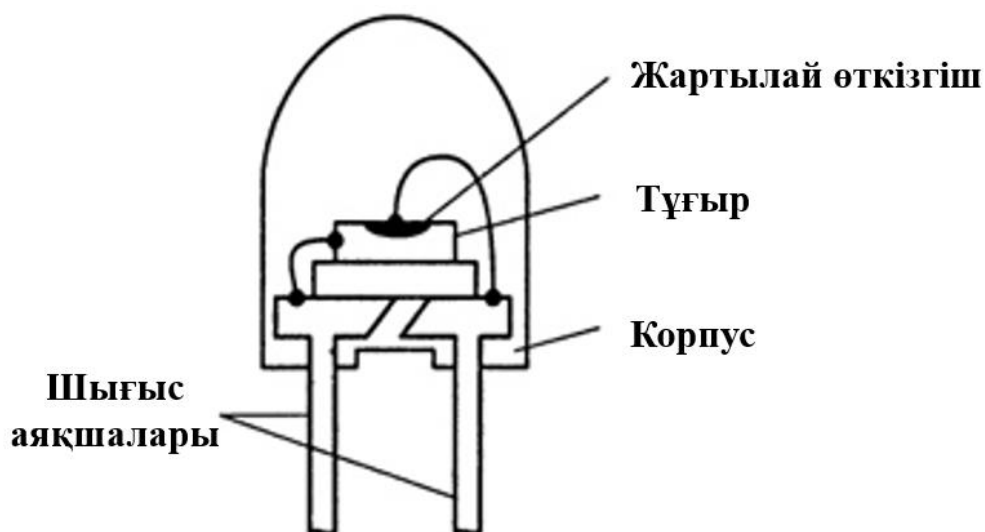
3.2 - сурет – p - n ауысуымының құрылымы мен фотонның сәулеленуі.

Егер жартылай өткізгіштерді p және n аймақтарымен біріктіре болсақ, олардың арасында « P - N » ауысуы туындайды, нәтижесінде электрондар бірінші аймақтан екінші аймаққа орын ауысып кемтіктерді толтырады, соның әсерінен фотондар бөледі. Бұл процесс тек қана электр тогы бар кезде жүзеге асады.



3.2 - сурет – Жартылай өткізгіштердің жарық шығару принципі.

Электр тогы р-п ауысымы арқылы тура бағытта ағып өткен кезде, заряд тасымалдаушылар кемтіктер және электрондар болып табылады. Электрондар мен кемтіктер бір-біріне қарсы бағытта қозғалып, рекомбинацияға ұшырайды, нақтырақ айтсақ қарама-қарсы бос тасымалдаушылар жұбы жойылады. Осы процесс кезінде энергия бөлінеді және олар фотон түрінде сәуле бөліп шығарады. Жалпы айтқан кезде сәулелену электрондардың бір энергетикалық деңгейден екінші деңгейге ауысуынан болады.



3.2 - сурет – Жарық диодтың ішкі құрылымы.

Ультракүлгін жарық диодтары (UV-LED) – адам көзіне көрінбейтін ультракүлгін спектрлік диапазонда сәуле бөліп шығарады. UV-LED толқын ұзындығы 100 нм-ден 400 нм-ге дейінгі аралықтағы сәуле шығара алады.

Ультракүлгін жарық диодтарының түрлендіру тиімділігі WPE қабырға кіріс тиімділігі арықлы келесідей сипатталады:

$$WPE = \frac{P_{\text{кіріс}}}{I \times V} = n_{EQE} \frac{h\nu}{e \times V} \quad (12)$$

мұндағы: $P_{\text{кіріс}}$ – оптикалық шығыс қуаты, I – тура ток, V – жұмыс кернеуі, n_{EQE} – сыртқы кванттық тиімділік, $h\nu$ – фотон энергиясы, e – электрон заряды: WPE – қабырға кірісі тиімділігі мәні құрылғының сыртқы кванттық тиімділігіне (EQE) тура пропорционал болып табылады. Сыртқы кванттық тиімділік (EQE) жарықдиодтың ішкі кванттық тиімділігіне және жарықты шығару тиімділігіне байланысты анықталады.

UV-LED-тің энергия тиімділігіе дегеніміз - ультракүлгін сәуле шығаратын жарық диодтардың сәулелену қуатының тұтынылған энергиясының қатынасына тең. Көп жағдайда, энергия тиімділігі жоғарғы құрылғылардың сәуле шығару кезеңіндегі тұтынатын энергия деңгейі анағұрлым жоғары болып келеді. Энергия тиімділігі келесі өрнек бойынша сипатталады:

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \quad (13)$$

мұндағы: η - энергия тиімділігі; P_{out} - жарық диодтың сәуле шығару қуаты (Вт); P_{in} - жарық диод тұтынатын қуат мөлшері.

GaN (галий натриді) - материалы жарық диодтардың сәулені бөліп шығару кезінде тұтынатын энергия мөлшерін арттыру мақсатында көптеп қолданылады. Себебі бұл материал жоғарғы қуат көрсеткіші мен жоғарғы температура кезінде тұрақты жұмыс жасай алады, және энергияның шығының азайтуға көмек береді.

Кез-келген құрылғының қызмет ету мерзімін есептеген сынды, UV-LED-тің де жұмыс жасау мерзімін есептей аламыз, ол келесі формула бойынша жүзеге асырылады:

$$L = \frac{B}{I^n} \quad (14)$$

мұндағы: L - құрылғының қызмет көрсету мерзімі (сағат); B - бастапқы қызмет көрсету мерзімі (Вт); I - ағымдағы ток мөлшері; n - жарық диодтың ағымдағы токқа тәуелділік коэффициенті.

3.2 ANSYS Fluent

ANSYS бағдарламалық кешені – беріктік, сұйықтықтар мен газдардың динамикасы, жылу физикасы, электромагнетизм, акустика және де басқа да көптеген физикалық құбылыстар мен процесстерді сандық модельдеуге

мүмкіндік беретін бағдарламалық таптырмас бағдарламалық пакет болып табылады.



3.3 - сурет – Ansys Fluent бағдарламасы.

Ansys Fluent – ньютонотық, ньютонотық емес отраталардағы ламинарлық және турбулентті ағындарды, сонымен қатар бір ағынды және көп ағындарды модельдеуге арналған көпфункцияналды бағдарлама. Ansys Fluent – бұл атап айтқанда гидродинамикалық процесстерді модельдеуге арналған ең озық бағдарламалардың бірі болып табылады, және де гидродинамика саласындағы көптеген мәселелер мен көп салалы талдауларды жүргізу үшін жылдам әрі жоғарғы дәлдікпен нәтижелерді қамтамасыз ете алатын, тура уақытта тексерілген құралдарды қамтиды.

Бағдарламалық құрал жаңа жабдықтарды әзірлеуге, оңтайландыруға және қолданыстағы құрылғылардың ақауларын алдын алуға арналған құралдардың толық жиынтығын қамтиды. Әр түрлі физикалық процестің мәнін түсінуге мүмкіндік бере алады.

Ansys Fluent бағдарламасы, басқада Ansys қосымшалары секілді инженерлік модельдеу үшін бірегей есептеу ортасына біріктірілген. Дәл осындай интеграция Ansys Fluent бағдарламалық жасақтамасына Ansys-тің басқада бағдарламалық өнімдерімен, сонымен қатар CAD жүйелерімен де мәлімет алмасуға мүмкіндік бере алады.

Ansys Fluent интуитивті пайдаланушыларға арналған интерфейске ие, интерфейс оңай реттеледі, пайдаланушының нақты бекітілген тапсырмаларына бейімделе алады.

Қазіргі таңда есептік гидрогазодинамика (Computational Fluid Dynamics – CFD) инженерлік есептеулерде қолданылу мақсатында күннен-күнге танымалдылығы мен қолданыс аясы өсіп келеді. Бұл бағдарламалық кешеннің келесідей артықшылықтарына байланысты: Есептің қойылымының формальді қарапайымдылығы мен шешу әдістемесінің зерттелетін тораптың жұмыс процесіне тәуелсіз болуы. Яғни, инженер қарапайым есептерді шешу

әдістемесін меңгерген соң, жаңа граничтік шарттарды немесе есептеу параметрлерін енгізу тәсілдерін ғана үйрене отырып, неғұрлым күрделі әрі шынайы есептерге өте алады [32].

CFD есептеудің кез-келген процесі 5 негізгі этаптан тұрады:

1. Зерттелетін тораптың геометриялық (CAD) моделін құру. Есептеу жүргізу үшін ағын жүретін аймақтың компьютерлік геометриялық моделін құрастыру керек. Ansys Fluent ағынды екі өлшемді де, сонымен қатар үш өлшемді де қойылымда модельдеуге мүмкіндік береді [32].

2. Есептеу аймағынның торлық моделін геометриялық модель негізінде құру. Басқаша айтқанда, бұл – алдыңғы қадамда құрылған қатты дене моделін ұсақ ұяшықтарға бөлу процесі. Бұл процедура автоматты түрде арнайы тор генераторларында жүзеге асырылады [32].

3. Торлық модельге есептеу шарттарын тағайындау арқылы есептік модельді құру. Бұл кезеңде алдымен шешілуі тиіс теңдеулер жиыны анықталады. Жылу өткізгіштің есептер үшін бұл – жылу энергиясын сақтау теңдеуі. Ал сұйықтық ағындары үшін – үзіліссіздік теңдеуі мен екі немесе үш ось бойынша қозғалым мөлшері импульсінің теңдеулері. Егер есепте турбуленттік құбылыстарды модельдеу қолданылатын болса, онда негізгі теңдеулер жиынына турбуленттік модельдердің теңдеулері де қосылады. Теңдеулер жиыны анықталғаннан кейін есептік жүйе үшін бастапқы кіріс деректері беріледі – бұл ағын параметрлері белгілі болатын аймақтардағы шекаралық шарттар. Шекаралық шарттардан бөлек, есептік аймақ ішіндегі әр ұяшыққа бастапқы параметрлерді тағайындау қажет. Бұл – бастапқы шарттар деп аталады [32].

4. Шешімді іздеу. Бұл кезеңде әрбір есептік ұяшықтағы параметрлердің мәндері іздестіріледі, және сол арқылы барлық есептік аумақта ағын теңдеулері барынша дәл орындалатындай жағдай қамтамасыз етіледі. Есептеудің бастапқы кезінде бұл теңдеулер көбінде орындалмай қалады. Себебі алғашқы шарттар үлкен дәлсіздікпен беріледі. Сандық шешу әдістері қолдану арқылы жүйе барлық теңдеулердің орындалуын өамтамасыз ететін параметрлерді іздестіреді. Осы арқылы табылған шешім соғылған деп аталады [32].

5. Есептеу нәтижелерін ұсыну. Есептің нәтижесі – соғылған шешімге сәйкес параметрлер (қысым, температура, жылдамдық, тығыздық) анықталған есептік тор болып табылады. Бірақ-та нәтижелерді ыңғайлы форматта талдау және қабылдау үшін оларды келесі түр бойынша ұсынқ қабалданған: график түрінде; параметрлердің таралуын көрсететін түрлі-түсті немесе вектоорлық өрістер арқылы; ағын сызықтар; параметрлердің изобеттік беттері; белгілі бір аймақтағы параметрлердің сандық мәндері түрінде [32].

Ansys Fluent мүмкіндіктері:

– CAD-геометрияны импорттау және есептеу торын құру. Ansys Meshing – бұл Ansys Fluent бағдарламасына арналған препроцессор болып табылады, ол арқылы есептеу торын генерациялай аламыз. Meshing моделі арқылы CAD-жинақтан ағындық динамика (CFD) талдауларына арналған

есептеу аумағының геометриясын бөліп алып, автоматты түрде тетраэдрлі немесе гекэдрлік тор құра аламыз, және де қабарғалар бойында призмалық қаюаттарды орналастыра аламыз. Геометрияны өңдеудің ең көп мүмкіндіктері есептеу аймағының толығымен немесе оның жекелеген бөліктерінде қолмен блоктық тор құру үшін геометрияны импорттауға және дайындауға алдын ала жағдай жасайды. Ansys Meshing есептеу міндеттерінің талаптарына сай тор сапасының жоғарғы деңгейін қамтамасыз ете отырып, есептеу нәтижелерінің дәлдігін анағұрлым жақсартады.

– Турбуленттілікті модельдеу. Ansys Fluent бағдарламалық қосымшасында турбуленттілікті модельдеудің сан түрлі үлгілері ұсынылады. Олардың қатарына кеңінен танымал $k - \varepsilon$ және $k - \omega$ модельдерінің сан алуан нұсқалары, сонымен қатар анизотропты тубуленттілікті сипаттауға бағытталған Рейнольдс кернеулері моделі (RSM) жатқызсақ болады. Одан басқа, ұйытқыны ажыратушы модельдерді де қарастыра аламыз, олар: ірі ұйытқылар әдісі (LES), ажыратылған ұйытқылар әдісі (DES) мен бейімделген масштаб моделі (SAS). Және де ламинарлық-турбуленттік өтуді модельдеуге арналған үлгілер шекаралық қабаттағы ағыс режимдерінің ауысуын жоғарғы дәрежелі дәлдікпен болдауға мүмкіндік бере алады.

– Химиялық реакция жүретін ағындарды модельдеу. Ansys Fluent бағдарламалық қосымшасы химиялық реакция жүретін ағындарды да модельдеудің көтпеген мүмкіншіліктерін қамтамасыз етеді. Бағдарлама кешенінде газ фазасындағы химиялық реакцияларды толықтай бейнелеуге, сонымен қатар реакциялар көлемін азайтуға мүмкіндік бере алатын арнайы модельдерді қолдана отырып модельдеуге болады. Қоспалардың тасымалдануын бейнелейтін кіріктірілген модельдер NO, SO және күйенің таралуын тура және оңай болжауға мүмкіндік бере алады. Химиялық реакция жүретін ағындарды модельдеу турбуленттік модельдермен біріктіріліп қолданылу мүмкіндігі бар.

– Көп фазалы ағындарды модельдеу. Көп фазалы ағындарды модельдеудің көп мүмкінтері зерттеулер арқылы әрқашан болдауы мүмкін емес процестерді сипаттап, өзімізге қажетті ақпаратты лауға мүмкіндік береді. Кез-келген саеы бар фазалардың – сұйық, қатты, газ күйіндегі және тіпті грануланған фазаларды да жүріс қозғалысы мен өзара әрекеттесуін модельдей аламыз. Ол үшін Mixture моделі немес Эйлер моделі сияқты әдістерді қолдану тиімдірек болады. Volume of Fluid (VOF) моделі араласпатын сұйықтықтық және басқа да орталар арасындағы еркін бет формасын бақылауға мүмкіншілік береді. Ал дискретті фазалар моделі (DFM) арқылы бөлшектердің орын ауысу, тамшылардың бөлініп ажырауы және де булануы модельденеді. Сонымен қоса, Ansys Fluent бағдарламалық кешені аралық фазалық өтулерді де бейнелей алады. Ansys Fluent сонымен қатар акустикалық шулардың таралуын сипаттауға, байланысқан жылу алмасу есептерін есептеуге, қозғалмалы аймақтардағы ағындарды арнайы динамикалық және қайта құрылатын торлар алгоритмдерін пайдалана отырып модельдеуге және тағы басқа күрделі есептерді шешуге мүмкіндік бере алады.

– Көпнұсқалы есептеулер және оңтайландыру. Есептеулердің тиімділігін арттыру үшін Ansys Fluent бағдарламасының әртүрлі параметрлері бойынша көпнұсқалы есептеулерді пайдаланушының бағдарламалауына жүгінбей-ақ автоматтандыра аламыз. Ansys жүйесінде кіріктірілген оңтайландыру шешімдері бірнеше мыңдаған есептік нүктелерді бірегей пайдаланушылық ортада оңай талдауға жағдай жасалған.

– Көпсалалы есептеулер. Ansys-тің жоғарғы дәлдіктегі модельдеуге бейімделген кең ауқымды бағдарламалық өнімдер жиынтығы өнеркәсіптік қондырғылар жүретін нақты процесстерді алтын-ала болжауға мүмкіндік береді. Ansys-тің көпсалалы модельдеу құралдарын пайдалану арқылы сұйықтықтың немесе газдардың тарапынан әсер ететін күштердің әсерінен материалдың деформациясы мен тербелісі сынды құбылыстарды жылдам әрі оңай бақылай аламыз. Ansys қатты дене механикасы, жылу алмасу, гидрогазодинамика, электромагнетизм секілді барлық физикалық пәндер бойынша актуалды технологиялар ұсынады. Бұл бағдарламалар кешені бірлесіп пайдалануға күрделі өнеркәсіптік міндеттерді шешу мен бүкіл бұйым конструкциясын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Ansys-тің интеграцияланған шешімдері көпсалалы есептеулерді автоматтандыруды қамтамасыз етеді. Әртүрлі бағдарламалар арасында дерек алмасу үдерісі кезінде бір қолданбадан алынған нәтижелер жиынтығын келесі бағдарламаға қолмен түрлендіру керек емес болады, бұл функция уақыт үнемдеуге көмектеседі.

Сонымен қатар ANSYS Fluent бағдарламалар кешенінің өзіне тән артықшылықтары бар, олар келесідей:

– Сыртқы бағдарламалық өнімдермен өзара әрекеттесу мүмкіндігі. Ansys Workbench ортасы шеңберінде CAD-жүйелер сияқты сыртқы бағдарламаларға қол жеткізуді қамтамасыз ете алады. Бұл мүмкіндік есептеу қолданбаларына кең ауқымда қамтылған.

– Постпроцессинг және деректерді сақтау. Газ динамикалық есеп кешендеріне Ansys CFD-Post қуатты постпроцессоры нәтижелерді талдау мен жоғарғы сапалы визуализация жасауға бағытталған кең құралдар жиынтығын ұсынады. Оған графиктерді тұрғызу, кескіндер мен анимациялар жасау мүмкіндіктері де кереді. Инженерлік есептеулер барысында жиналған үлкен көлемдегі нәтижелерді кейін жеңіл табуға ыңғайлы форматта сақтауға болады.

– Өнім конструкциясын Adjoint Solver кіріктірілген шешушісі арқылы оңтайландыру. Adjoint Solver шешуші өнімнің геометриясын әртүрлі критерий негізінде оңтайландыруға мүмкіндік береді, мысал ретінде, қысымның жоғалуын азайту немесе аэродинамикалық кедергі күшін төмендету. Adjoint Solver – Fluent интерфейсінің құрамдас бөлігі болып табылады, бұл оңтайландыру үдерісін жылдам әрі ыңғайлы жүргізуге мүмкіндік береді.

3.3 ANSYS Fluent бағдарламасымен суды ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялау әдісін зерттеу

Сұйықтықтарды талдауды модельдеу дегеніміз – ультракүлгін сәулеленудің дозасын, UV-LED – ультракүлгін жарық диодтарының жұмыс істеу өнімділігі және құрылғыдағы су ағынын есепке ала отырып оптикалық талдау арқылы жүзеге асырылады. Бұл процесс міндетті түрде сұйықтықтың химиялық және биологиялық қасиеттерін бағалаумен бірге жүргізіледі. Модельдеу технологиясын қолдану арқылы көптеген салыстырмалы зерттеулерді жүргізуге мүмкіндік аламыз. Модельдеуді жүзеге асыру мақсатында келесідей қадамдарды қолданамыз:

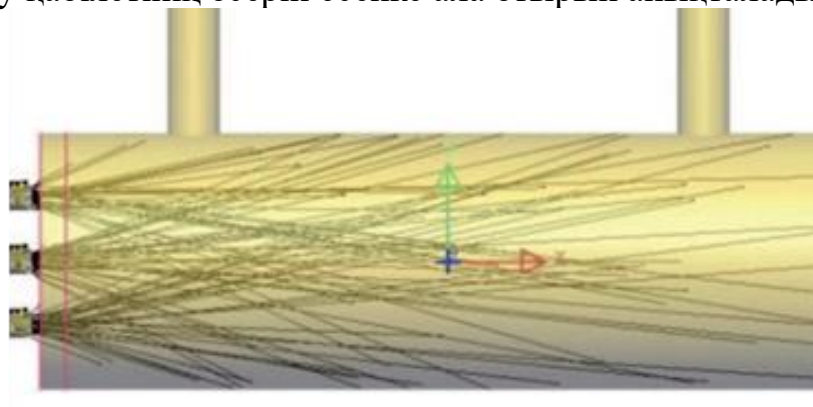
- Оптикалық талдау жүргізу;
- Оптикалық талдау нәтижелерін сұйықтықты талдауға интеграциялау;
- Сұйықтықты талдау;
- Ультракүлгін сәуле дозасын есептеу.

Оптикалық талдау. Ультракүлгін сәулелену мөлшерін тура анықтау мақсатында сәуле үлестірімін модельдеу керек. Монте-Карло әдісін қолданатын арнайы оптикалық талдау бағдарламасы арқылы UV-LED сәулелену аймақтары мен интенсивтілік таралу деңгейін бағалауға болады.



3.4 - сурет – Ультракүлгін дезинфекциялау құрылғысы[35, 36].

Ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялау құрылғысының ішіндегі ультракүлгін сәулелердің сипаттамалары реактордың ішкі бетінің шағылыстыру қабілетінің әсерін есепке ала отырып анықталады.



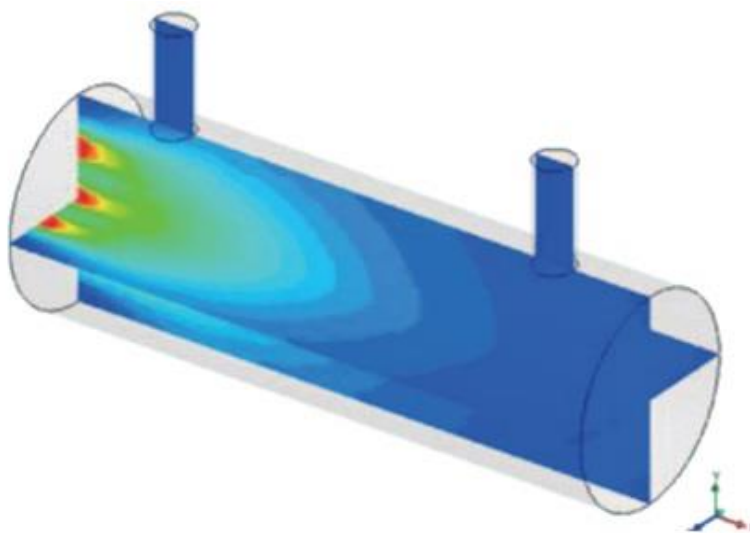
3.5 - сурет – Оптикалық талдау[35, 36].

Мысал ретінде қарастырар болсақ, егер де ультракүлгін сәулелену көзі дұрыс арақашықтықта орнатылмаған болса, ультракүлгін жарық диоды (UV-

LED) коллимациясы үлкен қашықтыққа жетеді, нәтижесінде жарық көзінің жанында көлеңке пайда болуы мүмкін.

Оптикалық талдау үшін ANSYS Fluent бағдарламалық қосымшасын пайдалана отырып, әртүрлі үлгілерді тексеру және оларды салыстыруға және де тиімділігін тексеруге болады.

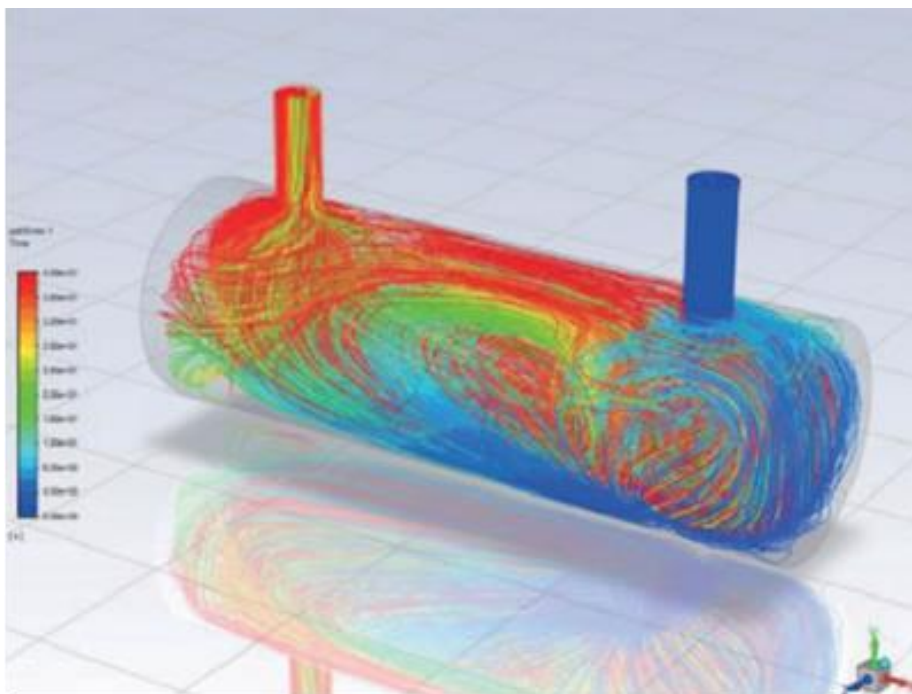
Оптикалық талдау нәтижелерін сұйықтықты талдауға енгізу. Оптикалық талдау нәтижелерін ANSYS Fluent сұйықтықты талдау үшін қолданылатын бағдарламасына импортталды.



3.6 - сурет – Ультракүлгін сәулелену интенсивтілігінің таралу картасының ANSYS Fluent гидродинамикалық талдау бағдарламасына енгізу нәтижесі[35, 36].

3D форматқа импортталған кезде: ультракүлгін сәулелер мен XYZ координаттары көрсетілген. Жарықтандыру күші (мВт/см^2). Бұл мәліметтер CSV пішімінде берілген. Импортталған ультракүлгін сәулелердің таралуы (3.7-суретте көрсетілген) ANSYS Fluent бағдарламасында талданды.

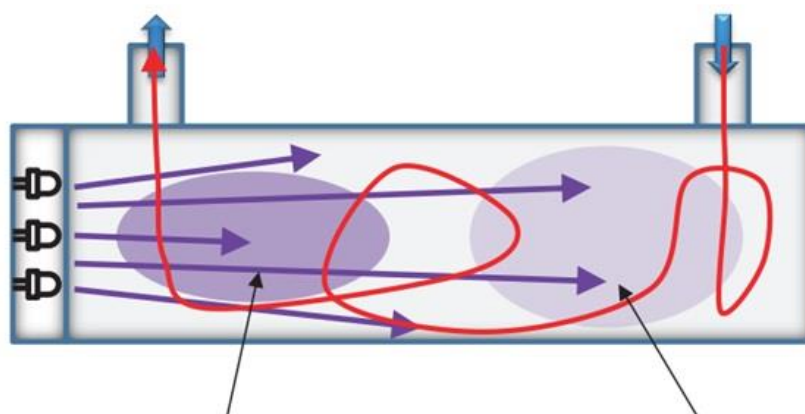
Сұйықтықты талдау; Құрылғының ішіндегі су ағыны ANSYS Fluent сұйықтықты талдау бағдарламалық қосымшасы арқылы зерттелді. Құрылғының пішіні мен жылдамдығы секілді параметрлердің нәтижесі су ағынының күйі және құрылғыдағы сұйықтықты ұстау уақытын көрсетеді. Дезинфекция тұрғысынан қараған кезде, сұйықтық реактордың ішінде мүмкіндігінше ұзақ уақыт қалуы тиімді болып табылады.



3.7 - сурет – ANSYS Fluent бағдарламасы арқылы сұйықтықты талдау[35, 36].

Бөлшектерді бұрып, ультракүлгін сәулелерге (УК) ұшырату кажет. Дегенмен, ағынның тоқтап қалуы сұйық ортаның ағынға кедергісін арттырады, сондықтан ағын жылдамдығын тұрақтандыру мақсатында қосымша энергия қуатын талап етеді. 3.7-суретте ағын сызықтары бейнеленген.

Бактериялар сұйықтықтың гидродинамикалық талдауы нәтижесінде алынған ағын сызықтары бойымен таралады. Бактериялардың су ағынымен бірге кіріп-шығатынын ескере отырып, ANSYS платформасы пайда болғанға дейін Fluent CFD бағдарламасы арқылы ультракүлгін сәулелену интенсивтілігінің таралуы анықталады.



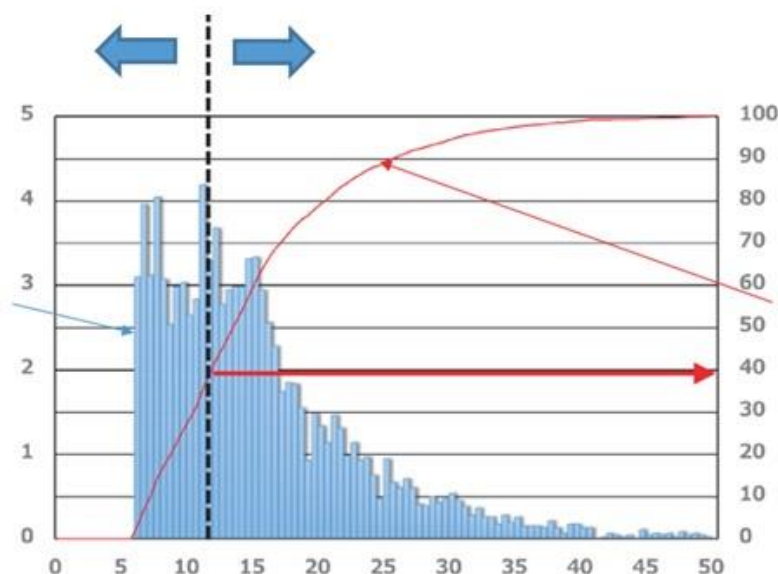
УЛЬТРАКУЛГІН сәулеленудің
жоғары аймағы

Төмен УЛЬТРАКУЛГІН сәулелену аймағы

3.8 - сурет – Ультракүлгін сәулелену мөлшерін есептеу сызбасы[35, 36].

3.8-суретте гидродинамикалық модельдеу нәтижесінде алынған типтік ағын сызықтарының сұлбасы көрсетілген. Бұл визуалды көрініс ультракүлгін сәулелену дозасын есептеу принциптерін түсіндіреді. Сызбада қызыл түспен көрсетілген сызық бойымен сұйықтық ағыны қозғалады. Сонымен бірге, ультракүлгін сәулеленуі жоғарғы аймақтарда электр желілері ұзағырақ және баяу әрекет етеді.

Алдыңғы бөлімде жасалған ультракүлгін сәулеленудің мөлшері гистограмма көмегімен зерттелді. Гистограмманың көлденең осі ультракүлгін сәулелену мөлшері – 12 мДЖ/см^2 , сол жақ бөлігіндегі тік ось (көк сызық) – осы интервалға сәйкес келетін ағын сызықтарының саны, сонымен қатар берілген ультракүлгін сәуле мөлшеріне әкелген нақты ағын сызығының салыстырмалы жиілігі көрсетілген. Оң жақ тік ось (қызыл сызық) – жиынтық жиілікті сипаттайды, ол салыстырмалы жиіліктерді ретті түрде қосу арқылы алынады.



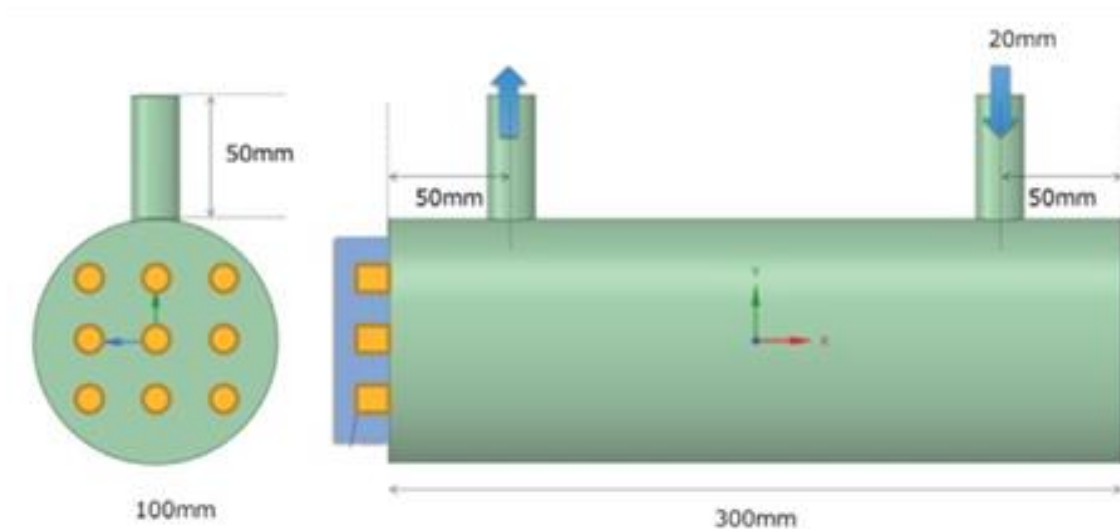
3.9 - сурет – Гистограмма көмегімен ультракүлгін сәулелену мөлшерін бағалау[35, 36].

Ультракүлгін сәулененуге дейінгі судың зарарсыздандыру тиімділігін бағалау үшін арнайы бактериялы штаммдар пайдаланылып, зерттеулер жүргізілді. Бағалау нәтижелері дезинфекцияға керекті ультракүлгін сәулеленудің стандартты дозасы негізінде анықталады. Құрастырылған гистограммада байланыс шегінің сол жағында орналасқан бағандар ультракүлгін сәулелену деңгейінің төмен екендігін көрсетеді. Бұл жағдай, реактордан толық өндеуден өтпей және жеткілікті деңгейде сәулеленбеген судың болуын көрсетеді.

Сәулеленудің тандартты мәніне қатысты жиынтық жиілікті талдау толық дезинфекциядан өткен су мөлшерінің үлесін пайыздық қатынаста анықтауға

жол ашады. Сондықтан да бұл көрсеткіш құрылғының тиімділігін бағалау кезінде маңызды рөл атқаратын параметр болып табылады.

Бұл магистрлік диссертацияда ағынды суларды тазарту құрылғысын талдадық. Су ағыны 2 л/мин, ультракүлгін жарық диодтың қуаты 450 мВт (50мВт*9). Салыстыру үшін – жарық диодты рефлектордың болуы немесе болмауы (шығылысу қабілеті 50%) және құрылғының цилиндрлік бетінің бар жоғы қарастырылды. Шағылыстың бар-жоғын анықтау үшін төрт оптикалық талдау жүргізілді, шағылысу 30% құрады және нәтижесінде алынған сыртқы ультракүлгін дозасы есептелді.



3.10 - сурет – Үлгіні талдау және салыстыру жағдайы[35].

Бұл зерттеуде реактордың негізгі екі параметрін есепке ала отырып қарастырылды. Біріншіден жарық диодтың рефлекторының болуы немесе болмауы. Екіншіден құрылғының цилиндрлік бетінде сәулелердің шағылысуының болуы немесе болмауы. Осы төрт оптикалық талдаудың нәтижелері көрсетілді.

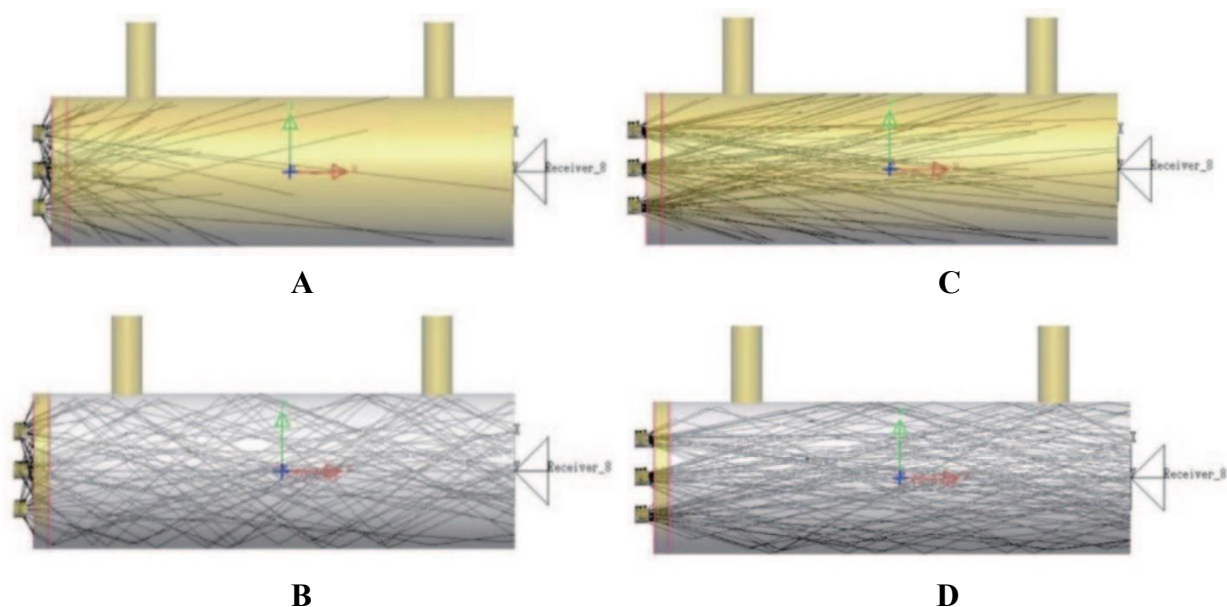
А - жарық диод рефлекторсыз және құрылғының цилиндрлік беті болмайды;

В - жарық диод рефлекторсыз және құрылғының цилиндрлік беті бар;

С - жарық диод рефлектормен және құрылғының цилиндрлік беті болмайды;

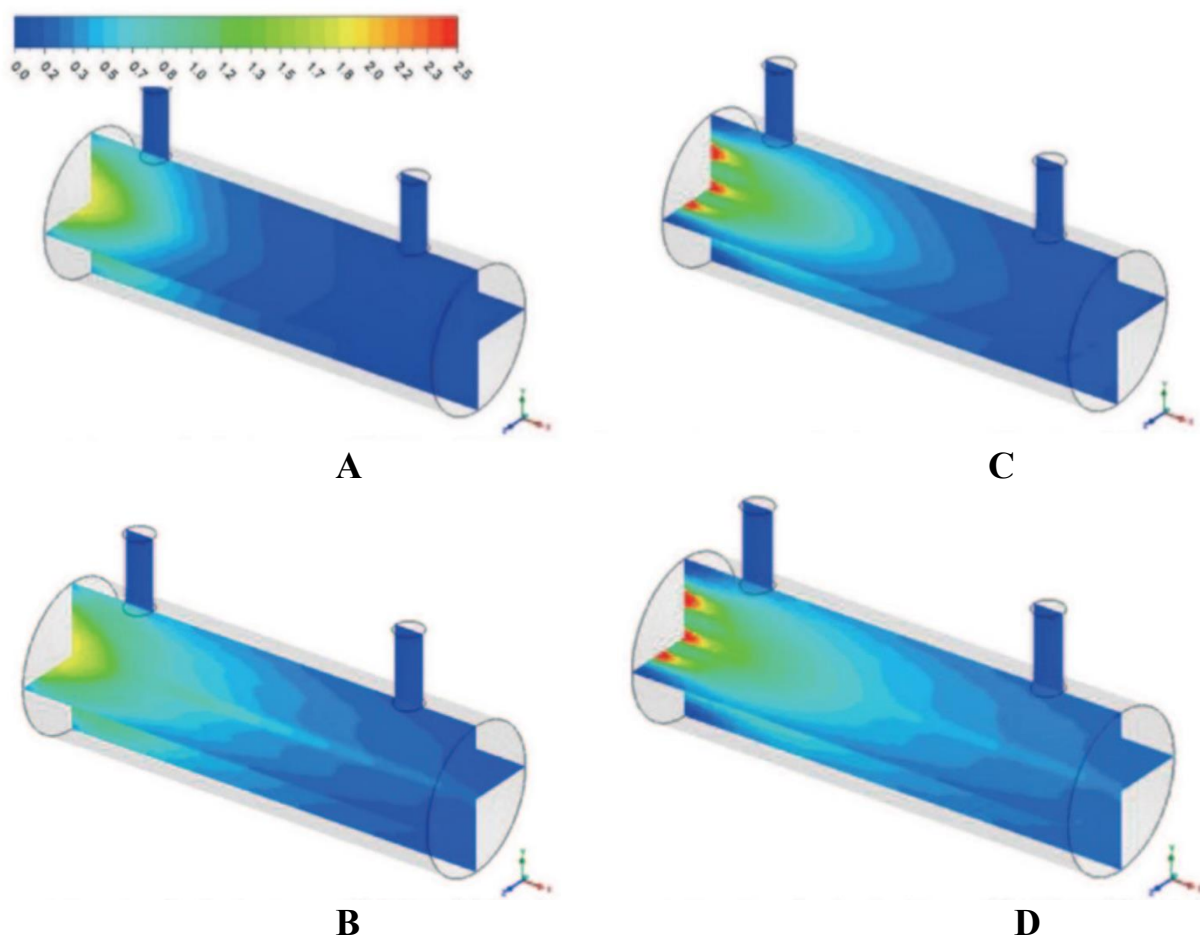
Д - жарық диод рефлектормен және құрылғының цилиндрлік беті бар;

Жоғарғы сол жақта орналасқан бірінші және жоғарғы оң жақ тұсындағы екі нәтижені салыстыратын болсақ, жарық диодтың бөліп шығаратын сәулелерінің мөлшерінің бастапқыдан құараған кезде әлдеқайда көбейгендігін анық байқай аламыз.



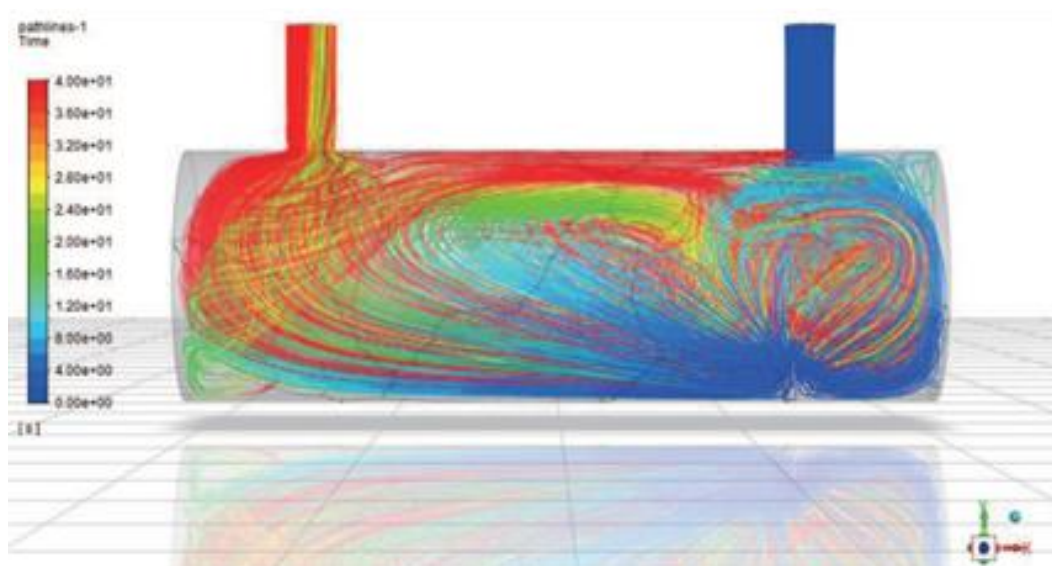
3.11 - сурет – Төрт жағдай бойынша оптикалық талдау нәтижелері[35].

3.11-суретте ANSYS Fluent бағдарламалық кешеніне импортталған оптикалық талдаудың нәтижелері бейнеленген. Ал ультракүлгін сәулеленудің таралуы келесі 3.12-суретте көрсетілген.



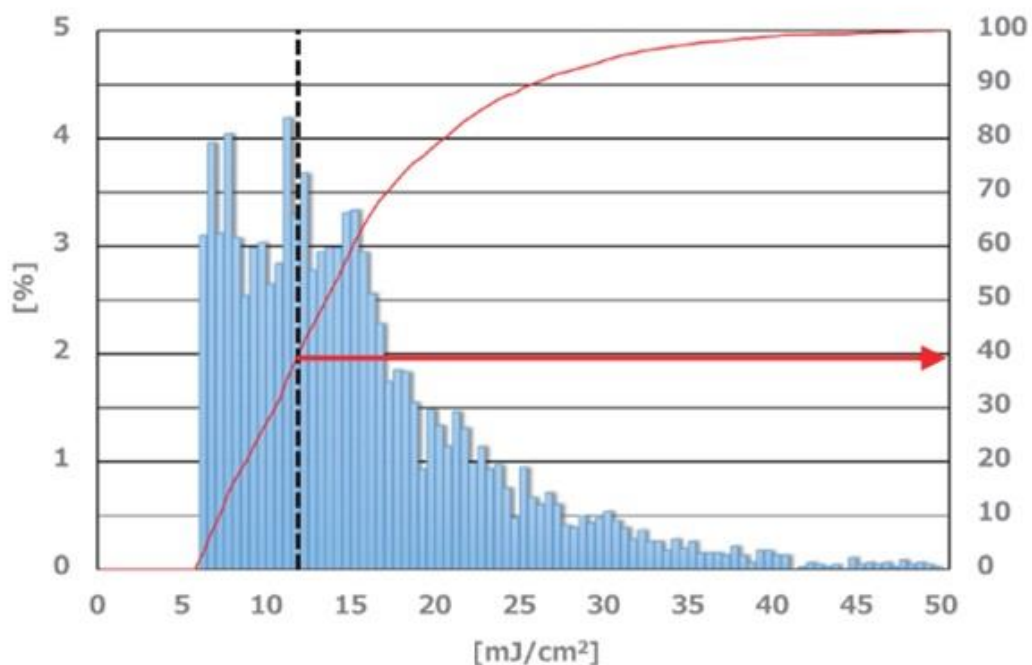
3.12 - сурет – Импортталған ультракүлгін сәулеленудің таралу $[mW/cm^2]$ [35].

Сұйықтықты талдау кезінде шамамен 60% ағын қарқындылығы және 2-л/мин көлемінде тұрақты сұйықтықтың ағынының жайдайында зерттелді. Осы жағдайды есепке ала отырып, бұл зерттеуде реактордың өлшемдері мен ағын жылдамдығы өзгермейтіндіктен, алынған сұйықтықты талдау нәтижелері ұтымды көрсеткіш болып табылады.



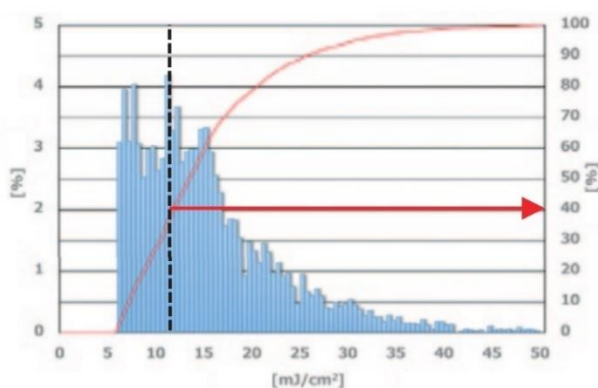
3.13 - сурет – Ағын жылдамдығы 2 л/мин үшін сұйықтықты талдау нәтижесі[35].

Сұйықтықты ультракүлгін сәулелендіру оптикалық және сұйықтықты талдау нәтижелері арқылы жасалады. Төмендегі 3.14-суретте ультракүлгін сәулелену мөлшерінің гистограммасы бейнеленген. Көрсетілген гистограммада дезинфекция реакторының цилиндрлік шағылыстырушы бетінің әсері ескерілмей, нақты айтқанда шағылыстырғыш болмаған кездегі алынған мәліметтер ұсынылған. Гистограммада стандартты ультракүлгін сәулелену мөлшері шамамен 12 мДж/см^2 екенің көре аламыз. Ал жоғарғы сәулелену деңгей үлесі шамамен 60% болады.

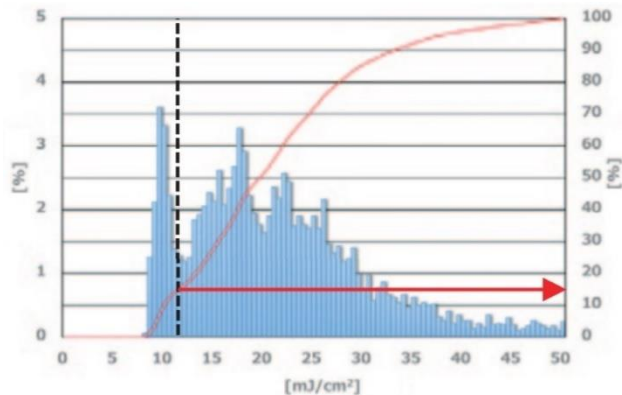


3.14 - сурет – А - жағдайы үшін ультракүлгін сәулелену мөлшерінің гистограммасы[35].

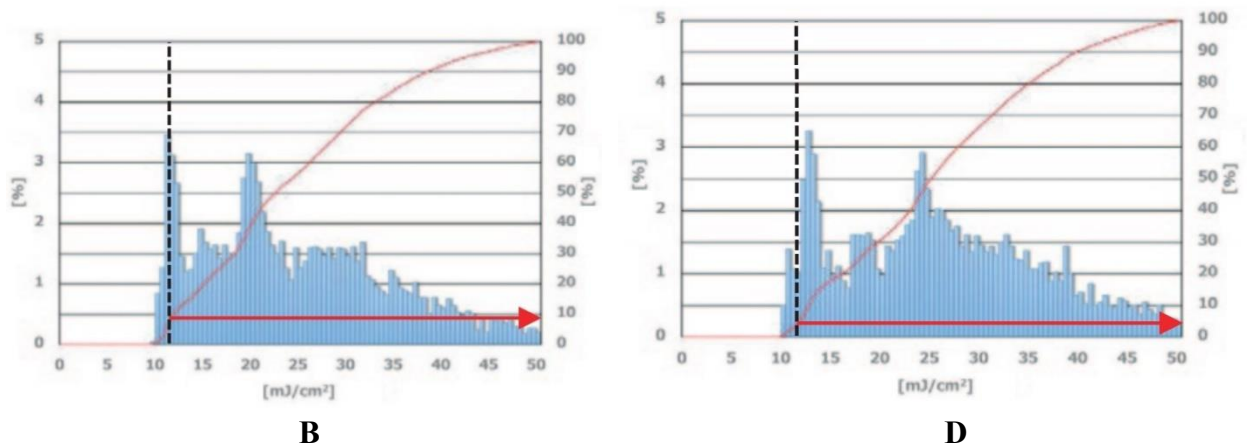
Жоғарыда айтылып өткен 4 жағдай бойынша ультракүлгін сәулелену мөлшерінің гистограммасы 3.15-суретте көрсетілген. Зерттеу нәтижесінде алынға 4 жағдайдағы гистограммалар қатар салыстырылды. Дезинфекция жүргізу мақсатында бағытталған сұйықтық ағынының 90% - дан астам бөлігі дезинфекция құрылғысының цилиндрлік шағылыстырғыш бетінің көмегімен сәулелердің шағылысу ескерілген соңғы екі жағдайда зарасыздандырылды.



А



С

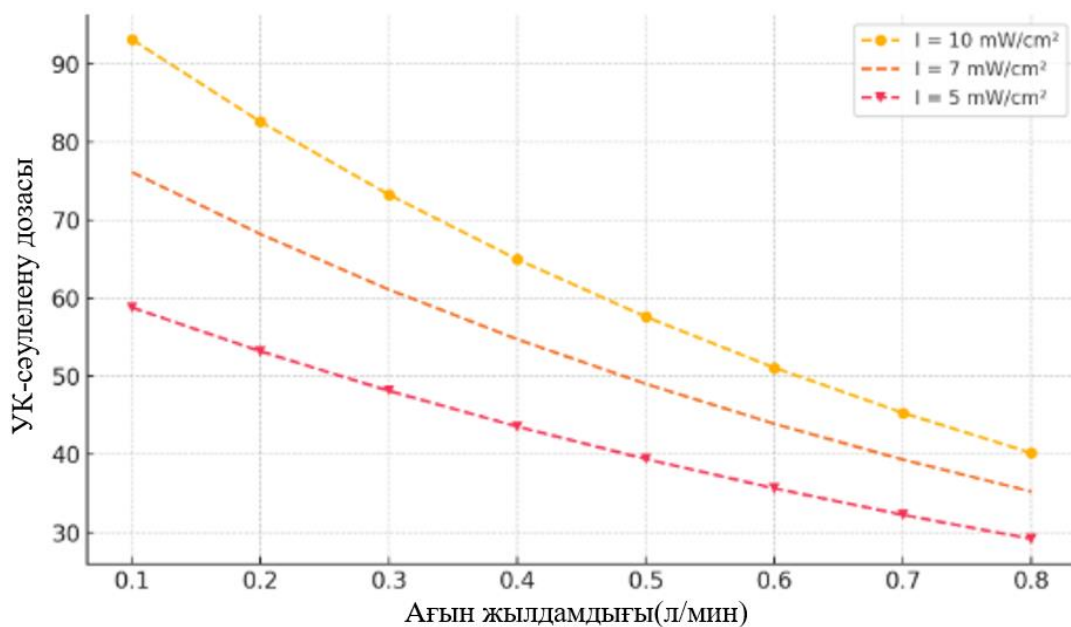


3.15 - сурет – 4 жағдай бойынша ультракүлгін сәулелену мөлшерінің гистограммасын салыстыру[35].

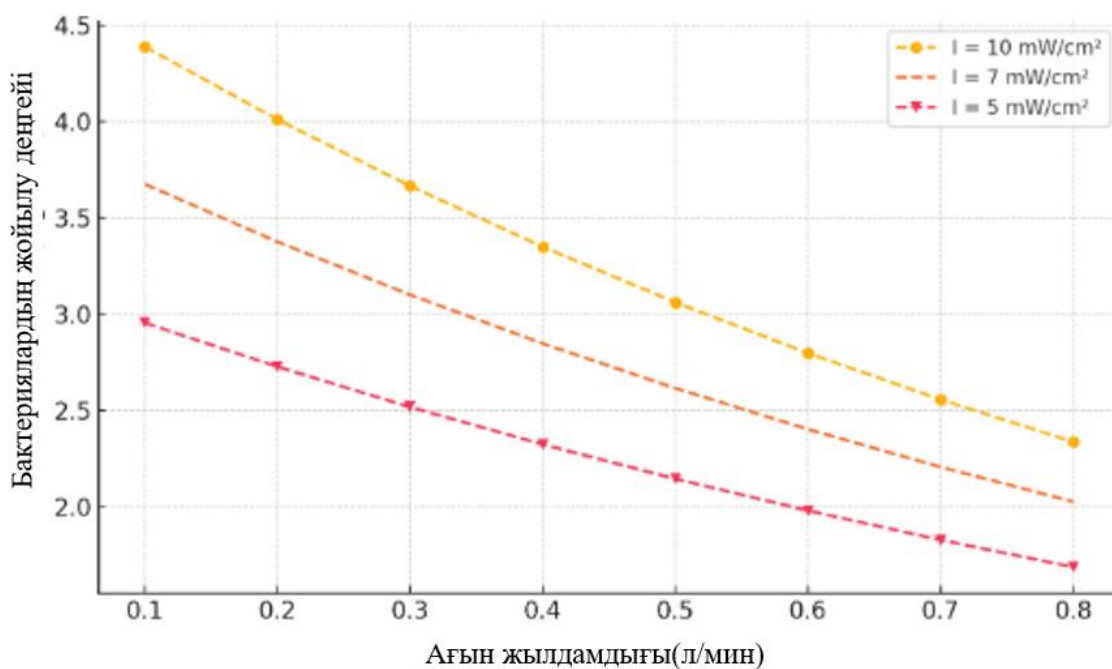
Бұл бөлімде көрсетілген, және де сыртқы ультракүлгін дозасын есепке ала отырып, опкалық талдау және сұйықтықтың талдауы жүргізілді. Ауыз суды үй жағдайында дезинфекция көмегімен судағы патогендік микроағзаларды зарасыздандыру мақсатында төрт жайдайдағы ультракүлгін сәулелену мөлшерін салыстырдым. ANSYS Fluent бағдарламалық кешені көмегімен сұйықтықты талдауды біріктіретін ағынды суды тазарту жүйесінің бір реттік сұйықтықты талдау модельдері ұсынылды.

3.4 Ультракүлгін жарық диодты шамдардың тиімділігін бағалау

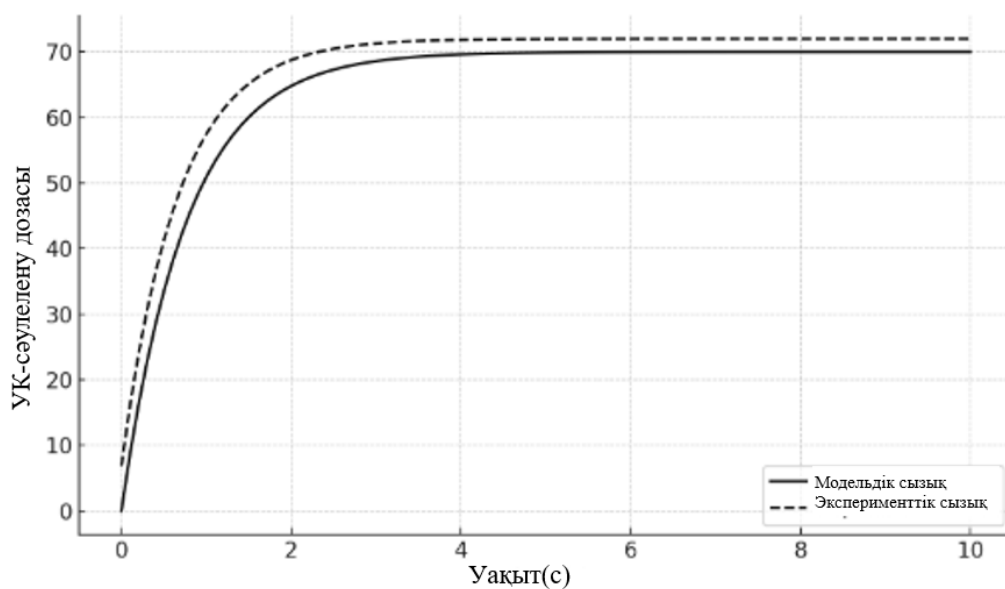
Ультракүлгін сәулеленумен дезинфекциялауға арналған құрылғыны тиімділік деңгейін арттыру мақсатында UV-LED жарық диоды қолданылды. Зерттеулер барысында су құрамын зарарсыздандыру үшін керек деңгейдегі ультракүлгін сәуле дозасының орташа мәні анықталды. Ультракүлгін сәуле дозасын ескере отырып судағы патогендік микроағзалар мен бактерияларды жою әсеріне талдау жүргізілді. Төменде бірнеше жағдай бойынша тиімділікті бағалау графиктері көрсетілген.



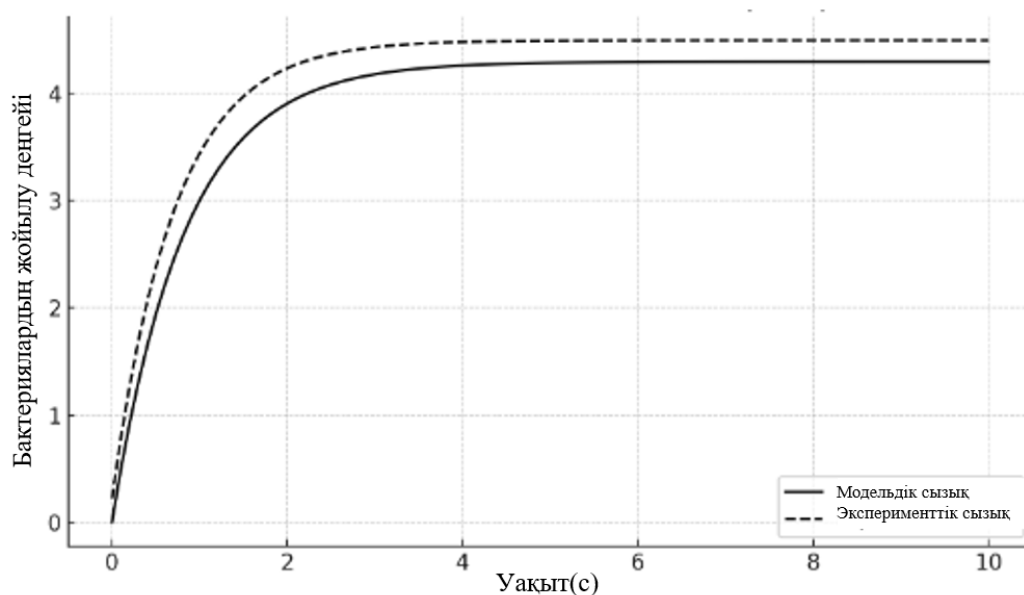
3.16 - сурет – UV-LED шығаратын ультракүлгін сәуле дозасы мен су ағыны арасындағы байланыс графигі.



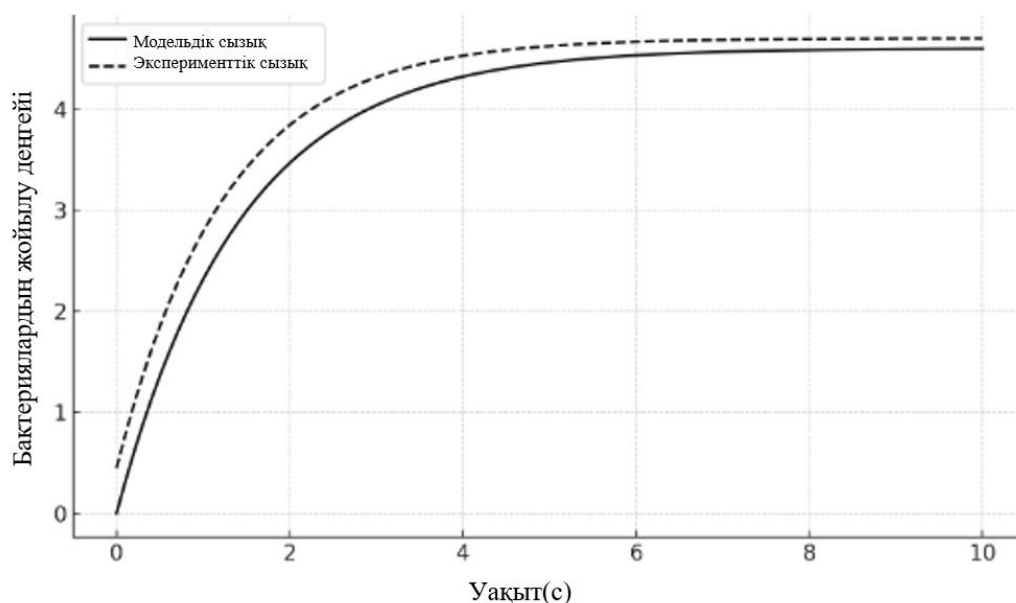
3.17 - сурет – UV-LED шығаратын ультракүлгін сәуле арқылы бактериялардың жойылу деңгейі мен су ағыны жылдамдығының өзара тәуелділік графигі.



3.18 - сурет – Су ағыны жылдамдығының сатылы әсеріне негізделген UV-LED шығаратын ультракүлгін сәуле дозасының моделін тексеру графигі.



3.19 - сурет – Су ағыны жылдамдығының сатылы әсеріне негізделген UV-LED шығаратын ультракүлгін сәуле дозасының бактериялардың азаю моделін тексеру графигі.



3.20 - сурет – UV-LED шығаратын ультракүлгін сәуле қарқындылығының сатылы әсеріне негізделген бактериялардың азаю моделін тексеру графигі.

Жоғарыда аталған сұйықтықты талдау әдісі мен тиімділікті бағалау графиктері реактордың жалпы зарарсыздандыру тиімділігін бағалау кезеңінде маңызды орын алады, жұмыс режимін оңтайландыруға негіз бола алады.

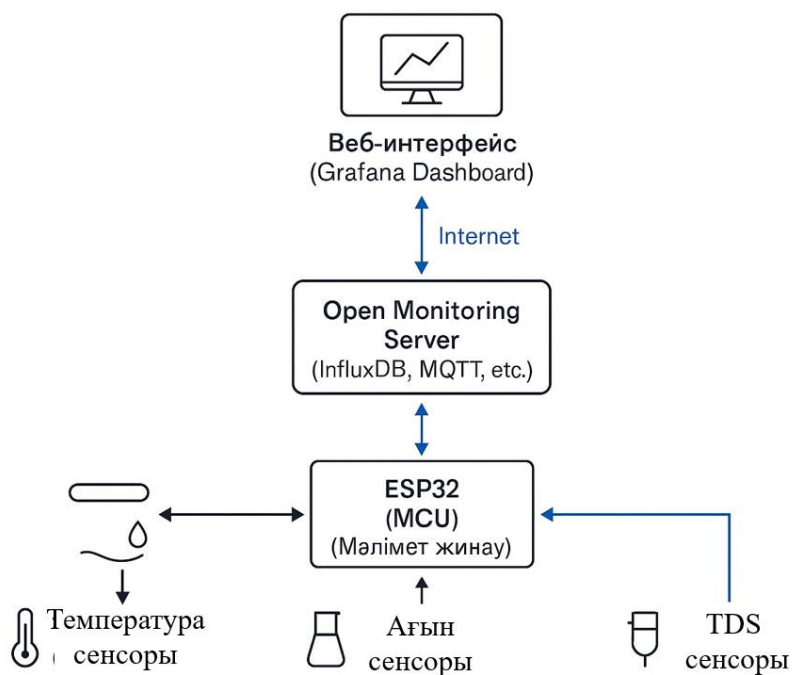
3.5 Дезинфекциялау жүйесін қашықтықтан басқару

Ауызсуды тұтыну мақсатында құрамын зарарсыздандыру құрғысын заманауи талаптарға сай қылып әзірлеу мақсатында, қашықтықтан басқару жүйесі ұсынылады. Сумен жабдықтау және санитарлық қауіпсіздік саласында қашықтықтан басқарылатын жүйелердің маңызы күннен-күнге артып келеді. Диссертациялық жұмыс барысында дезинфекциялау жүйесін нақты уақытта бақылайтын мүмкіндік қарастырылды. UV-LED негізінде құрастырылған ауызсуды дезинфекциялауға арналған жүйесіне қашықтықтан бақылауды қосу – пайдаланушыға құрылғының жұмысын бақылауға, параметрлерін өзгертуге, сонымен қатар ақауларды жедел алдын алуға мүмкіндік береді.

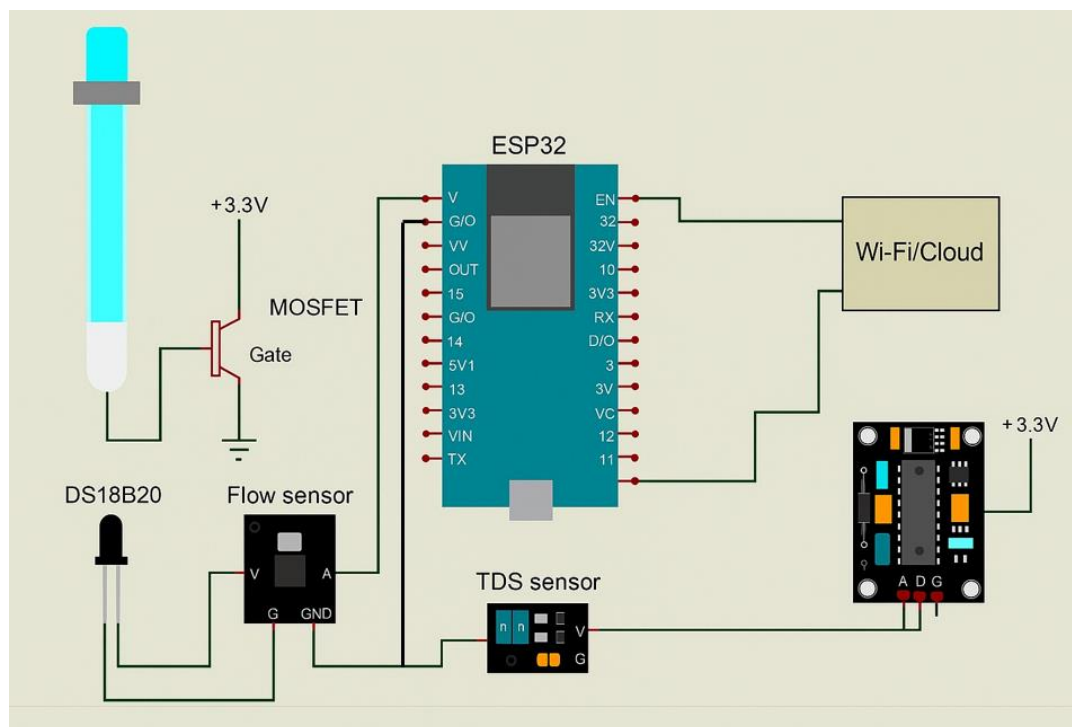
Қашықтықтан басқару жүйесінің негізгі ретінде ESP32 микроконтроллері қолданылды. Бұл микроконтроллер Wi-Fi және Bluetooth модульдерімен жабдықталған және де энергия тиімділігін жоғарға, күрделі басқару алгоритмдерін іске асыруға мүмкіндік бере алады. Қашықтықтан басқару жүйесі келейдей компоненттерден тұрады:

- Сенсорлар: сұйықтық ағынының жылдамдығын бақылайтын сенсор, су температурасын бақылау сенсоры, су сапасын анықтайтын TDS сенсоры;
- UV-LED модулі;
- Басқару интерфейстері: HTML/PHP негізіндегі веб-интерфейсері;

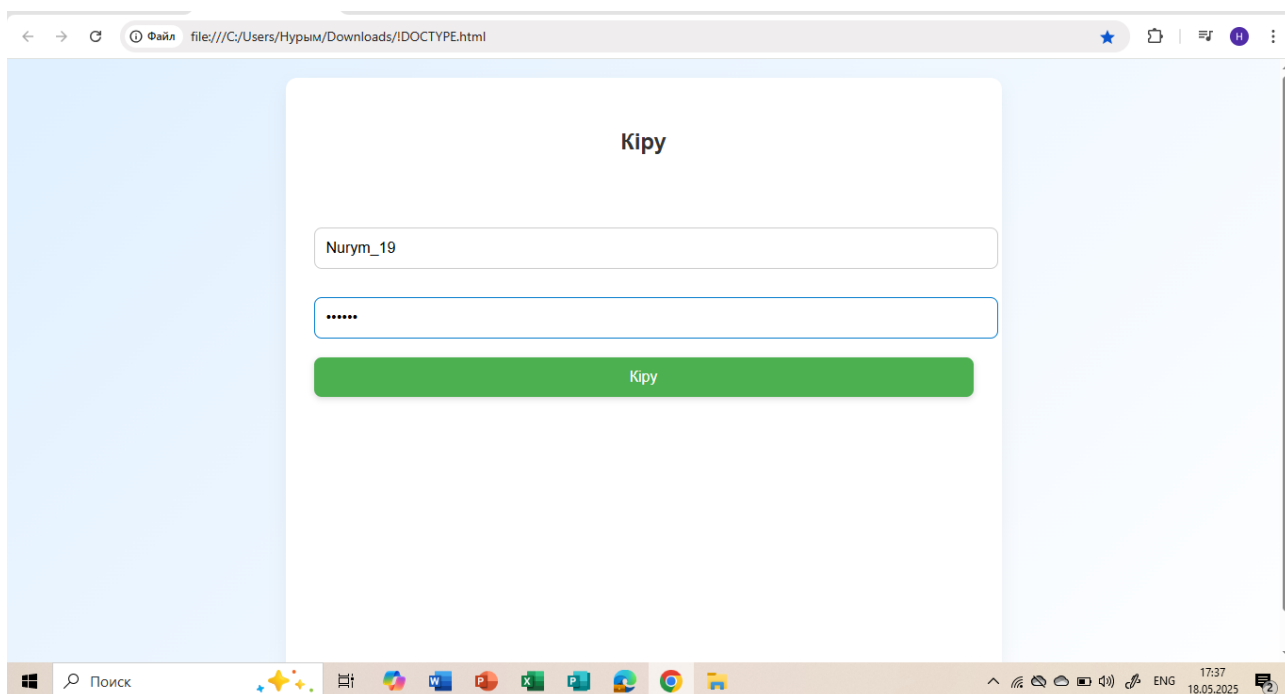
Қашықтықтан басқару жүйесі Wi-Fi арқылы жергілікті желіге немесе интернет желісіне қосылу арқылы, қолданушыға нақты уақыт режимінде жүйенің жай-күйі туралы мәліметтер жіберіп отыратын болады.



3.21 - сурет – Қашықтықтан басқару жүйесінің блок-сызбасы.

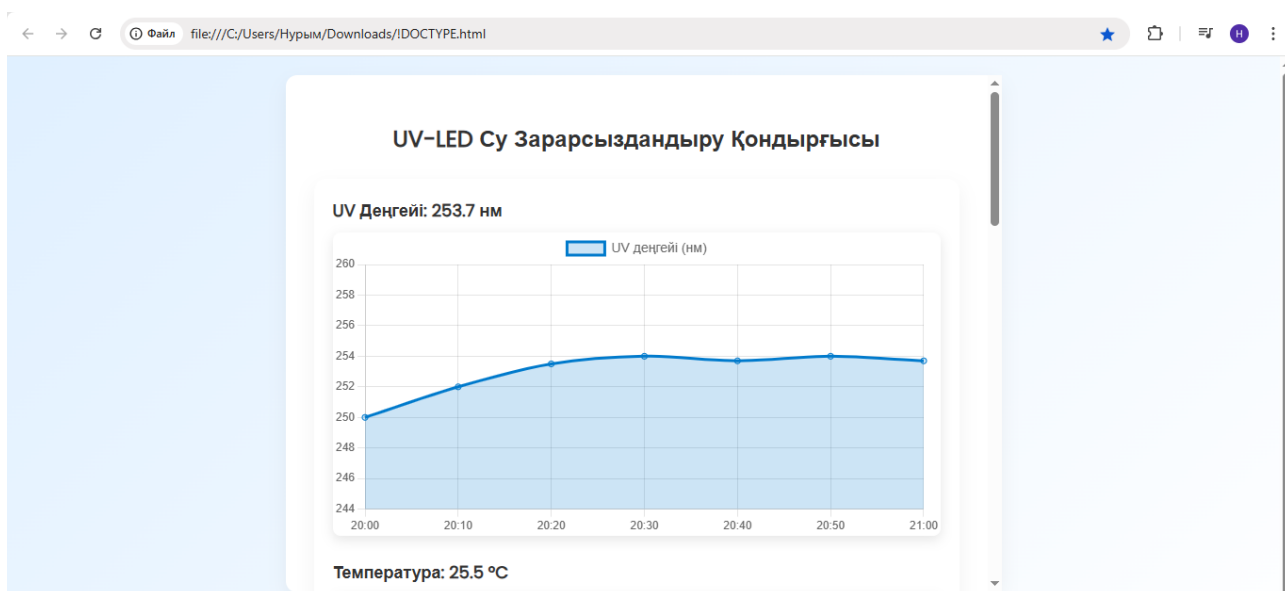


3.22 - сурет – Қашықтықтан басқару жүйесінің Proteus бағдарламасындағы құрылымдық сызбасы.

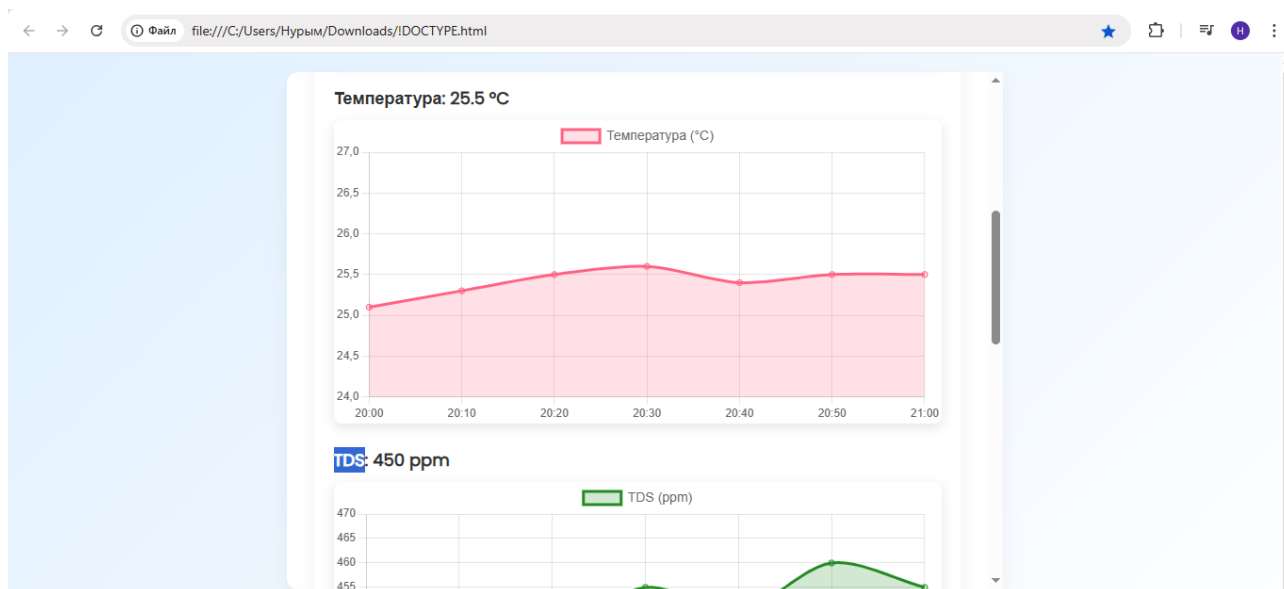


3.23 - сурет – Қашықтықтан басқару жүйесіне авторизация.

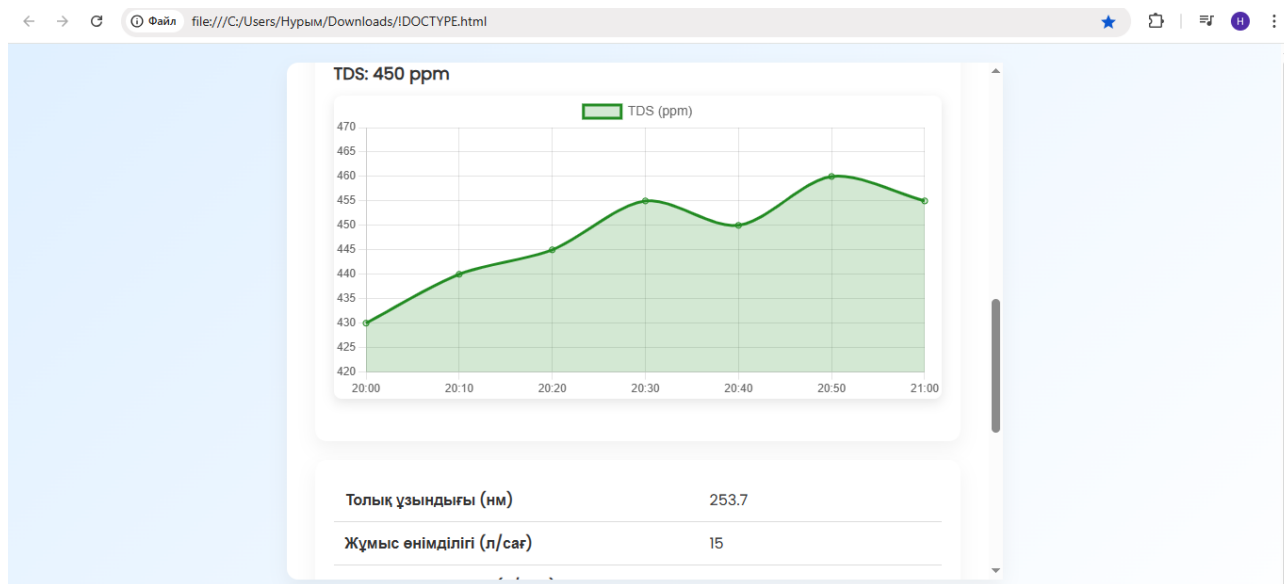
Қашықтықтан басқырылатын жүйеге қойылатын басты талаптарың бірі – ол сенімділік пен қауіпсіздік. Жүйеде қолданушының келісімінсіз деректерге қол жеткізуінен қорғайтын қарапайым авторизация жүйесі енгізілген. Сонымен бірге, ESP32 құрылғысы тұрақты түрде Wi-Fi байланысын тексеріп отырады, ақау болған жағдайда қолданушыға бірден хабарлама келеді. Хабарламаларды қауіпсіз жолмен тасымалдау мақсатында HTTPS хаттамасы қолданылды. Бұл хаттама ақпараттарды үшінші тарапқа өтіп кету қауіпінен қорғайды.



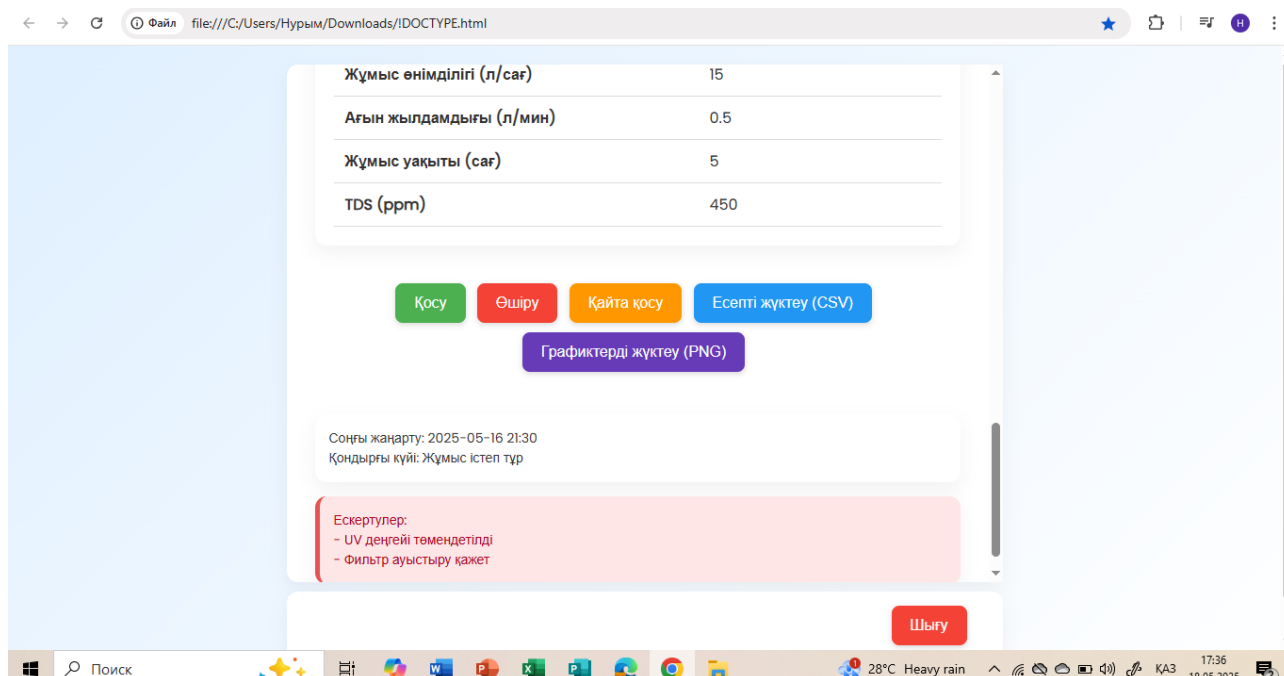
3.24 - сурет – Қашықтықтан басқару жүйесінің бейнесі.



3.25 - сурет – Қашықтықтан басқару жүйесінің бейнесі.



3.26 - сурет – Қашықтықтан басқару жүйесінің бейнесі.



3.27 - сурет – Қашықтықтан басқару жүйесінің бейнесі.

Қашықтықтан басқару жүйесінің HTML гиперсілтеме тіліндегі программасылық коды Қосымша-1-де көрсетілген.

3.6 Экологиялық әсері

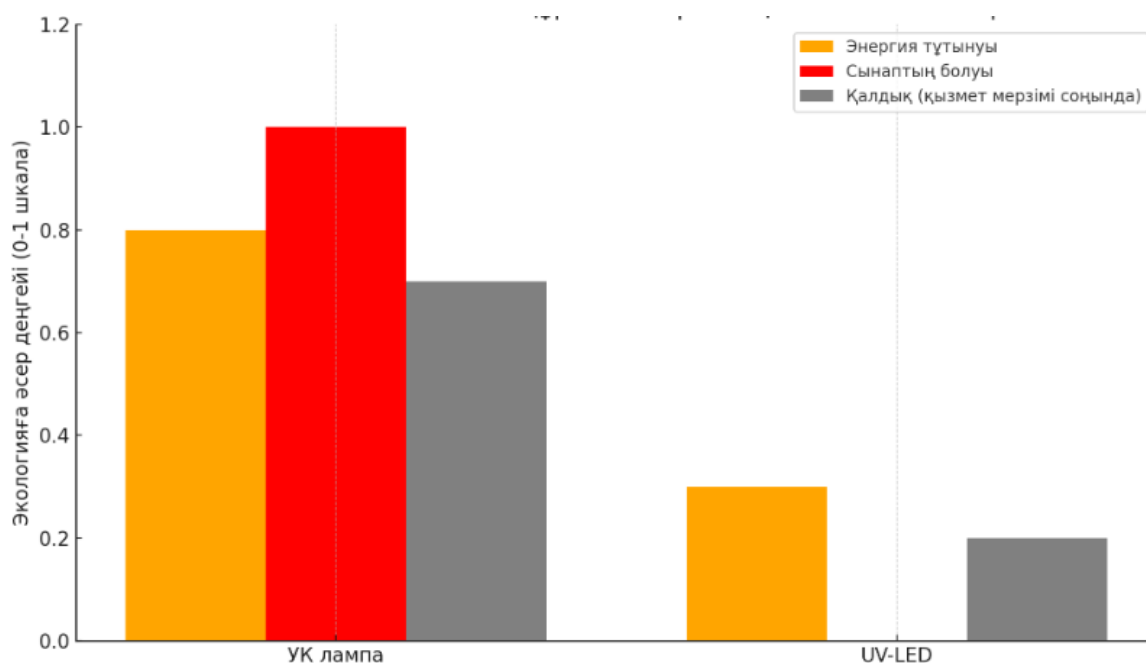
Магистрлік диссертациялық жұмыста ұсынылған судың құрамын залалсыздандыратын құрылғының басқа қолданыстағы жүйелермен салыстырғанда адам денсаулығы мен қоршаған ортаға тигізер зияны анағұрлым аз. Салыстыру мақсатында хлорлау әдісін қарастыра аламыз, хлор сумен әрекеттескен кезде химиялық реакция түсіп, өзінің артынан адамға кері әсерін тигізетін химиялық қалдықтарды бөледі. Егер де хлормен залалсыздандырылған суды қайта сүзуден өткізбесе оны тұтыны қауіпті болады. Ал ультракүлгін сәулелендіру әдісін қолданатын болсақ судың құрамында ешқандай химиялық заттар пайда болмайды. Сұйықтықтың биологиялық және химиялық тұғыдан құрамы өзгеріссіз қалады.

Ультракүлгін сәулеленудің де екі нұсқасы қарастырылды. Біріншісі, дәстүрлі сынапты шамдар, екіншісі UV-LED жарық диодтар. Сынапты шамдардың қауіпсіздік көрсеткіші төмен, себебі сынаптың адам денсаулығы мен экологияға әкелетін зияны бар. Сынапты шамдарды суды дезинфекциялау кезінде пайдалану өте қауіпті. Өйткені оны реактордың ішіне қоятын болсақ, қандайда да бір сыртқы фактор әсерінен лампа шытынаған немесе зақымданған жағдайда сынауық ішіндегі сынап су құрамына еніп, су жарамсыз болып қалады. Оның тағы бір әсері экологияға зиянын тигізеді. Істен шыққан

сынап шамдары қайта өңдеуге жіберілмейді, жарамсыз күйде қалады және сынап табиғатты улайды.

Бұл сынап шамдарының орнына UV-LED жарық диодтарды қолдану өте тиімді. Оның құрамында ешқандай сынап сияқты табиғатқа, қоршаған ортаға, адам денсаулығына, ауыз суға зиян келтіретін қосылыстар жоқ. Ол тек жартылай өткізгіштердің көмегімен анод пен катодтың арқасында ультракүлгін сәулені бөліп шығарады және де оның қалдықтарынан ешқандай зиянды заттар бөлінбейді.

UV-LED жарық диодтары су құрамын өзгертпейді. Тек су құрамындағы микроорганизмдер мен патогенді бактериялардың ДНҚ-сына әсер етіп, құрылымын бұзып, тіршілігін жояды.

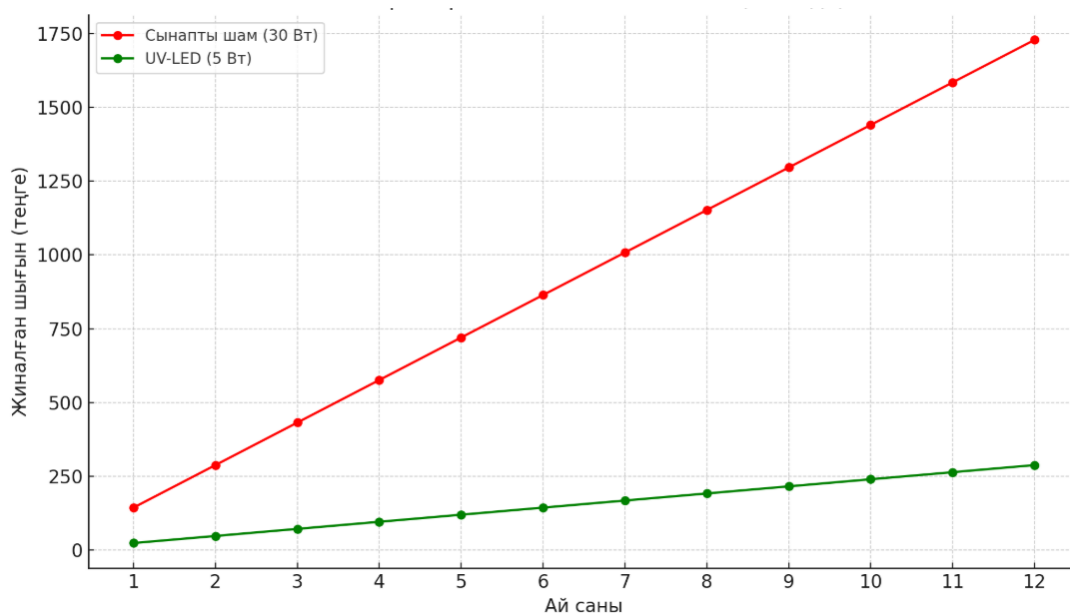


3.28 - сурет – УК лампа мен UV-LED жарық диодтың экологияға әсері графигі.

3.6 Экономикалық тиімділігін бағалау

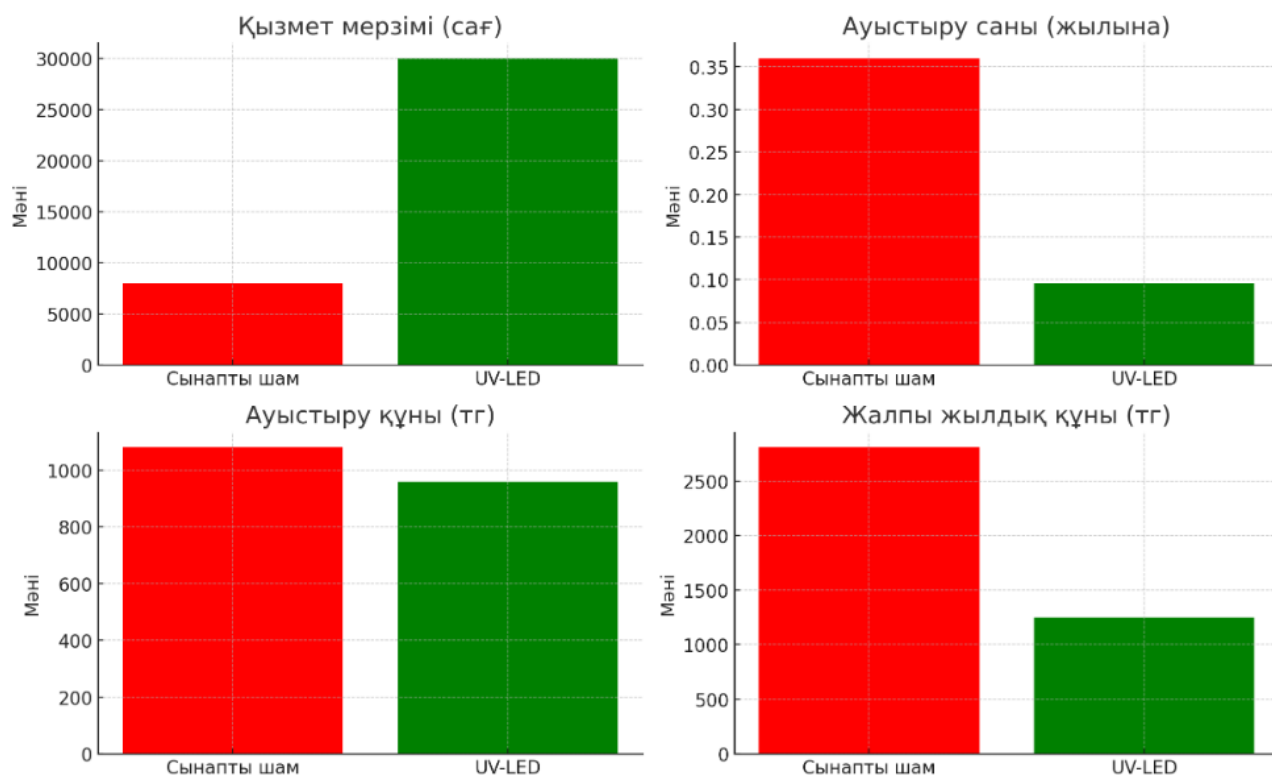
Ауызсу тазарту жүйенің негізгі ерекшелігінің бірі бола алатын ол – бағасының тиімділігі болып табылады. Қазіргі таңда ультракүлгін сәулелендіру тең қана орталықтандырылған су қоймаларында қолданылады. Әрбір үй үшін дайындалған жүйенің бағасы да тиімдірек болуы тиісті.

Ең алдымен ультракүлгін сәуле шығарушы көзді қарастырайық. Біріншісі сынапты шам, ал екіншісі UV-LED жарық диоды.



3.29 - сурет – УК лампа мен UV-LED жарық диодтың электр энергиясының шығынының графигі.

Жоғарыда бейнеленген графикте 12 ай уақыт аралығында электр энергиясының шығының көре аламыз. Сынапты шаммен салыстырған кезде UV-LED шамамен 6 есеге дейін тиімді болып табылады.



3.30 - сурет – УК лампа мен UV-LED жарық диодтың экономикалық факторлар бойынша салыстыру графигі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорыта келе, бұл диссертациялық жұмыста тұтынуға арналған ауызсуды қауіпсіз дезинфекциялау арқылы зарарсыздандыру технологиясының жаңарту мүмкіндіктері зерттеліп, жаңа өзгертулер ұсынылды. Тақырыпты зерттеу барысында суды ластаушы көздер мен факторлар, ауызсу сапасына мемлекеттік тараптан яғни СанПиН мен ГОСТ стандарттары, сонымен қатар қазіргі таңдағы қолданыста жүрген бактерицидтік өңдеу технологиялары мен әдістері салыстырылып, кемшіліктері мен артықшылықтары анықталды. Ультракүлгін сәулелену әдісі, хлорлау әдісі, озондау әдісі және тағы да сол сияқты әдістер салыстырылды. Көрсетілген әдістердің ішінде су құрамынан патогендік микроағзалар мен бактериялары зиянсыз жолмен зарарсыздандыратын ультракүлгін сәулелену әдісі зерттеу нысаны болып таңдалды.

Таңдалған ультракүлгін сәулелену әдісіне жан-жақты зерттеу жүргізілді, қолданыстағы дезинфекция жүйелері талданды. Сынапты шамдарға қараған кезде, жұмыс жасау тиімділігімен, энергия тұтынуы көрсеткіші және экологияға келтірер зияндық көрсеткіші төмен UV-LED жарық диодтар қолданыстағы технологияларды жаңарту үшін ұсынылды. UV-LED жарық диодтар осы уақытқа дейінгі қолданылып келген дәстүрлі сынапты шамдарды алмастыра алатын таптырмас шешім екені диссертациялық жұмыста графиктермен айқын көрсетілді. UV-LED жарық диодтар сұйықтық құрамындағы патогендік микроағзалар, зиянды биологиялық бактериялар мен химиялық заттарға ультракүлгін сәуле не бәрі 3-4 секунд аралығында 253,7 нм толқын ұзындығымен әсер етіп, судың құрамын 99,9%-ға дейін зарарсыздандырады. Сынапты шамдарға қарағанда UV-LED қызмет көрсету мерзімі бойыншада жетекшілік көрсетеді.

Жаңартудың тағы бір айтарлықтай ерекшелігі – дезинфекция құрылғысын тұрмыстық жағдайда қолдану мүмкінді. Осы уақытқа дейін ультракүлгін сәулелену көмегімен дезинфекциялау әдісі тек қана орталықтандырылған су қоймаларында қолданылып келген, бұл әдісті соңты нүктеде яғни әрбір үйде орнатқан тиімді болып табылады. Себебі орталықтандырылған су қоймасында тазартылған су құбырмен тасымалдану кезінде қосымша зиянды заттар араласу қауіпі зор. Қазіргі кезде үй жағдайында қолданылып жүрген сүзгілер сұйықтық құрамындағы қатты заттарды тазартқанымен де патогендік микроорганизмдер мен биологиялық бактерияларды жою қабілетімен жабдықталмаған.

Бактерицидтік өңдеу технологиясы қашықтықтан қадағалау мүмкіншілігі веб-интерфейсті қолдану арқылы қарастырылды. Осы арқылы UV-LED жарық диодтардың жұмыс өнімділігі және де басқа да параметрлер бойынша есептерді алып, қондырғыны қауіпсіз әрі оңай жолмен бақылау аламыз.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- [1] N.F. Gray , Water Technology: an Introduction for Environmental Scientists and Engineers, second ed, Elsevier, Burlington, 2005
- [2] A.K. De , Environmental Chemistry, seventh ed, New Age International (P) Ltd., India, 2012
- [3] J. Bylund, J. Toljande, M. Lysén, N. Rasti, J. Engqvist, M. Simonsson, Measuring sporadic gastrointestinal illness associated with drinking water - an overview of methodologies, J. Water Health 15 (2017) 321–340, doi: 10.2166/wh.2017.261.
- [4] R.K. Singh , S. Iqbal , P.C. Seth , Bacteriological pollution in a stretch of river Nar- mada at Hoshangabad, Madhya Pradesh, Poll. Res. 20 (2001) 211–213.
- [5] Schriewer, A., Odagiri, M., Wuertz, S., Misra, P.R., Panigrahi, P., Clasen, T., Jenkins, M. W., 2015. Human and animal fecal contamination of community water sources, stored drinking water and hands in rural India measured with validated microbial source tracking assays. Am. J. Trop. Med. Hyg. 93 (3), 509.
- [6] Pal, M., Ayele, Y., Hadush, M., Panigrahi, S., Jadhav, V.J., 2018. Public health hazards due to unsafe drinking water. Air Water Borne Dis. 7 (1000138), 2.
- [7] DeFlorio-Barker, S., Wing, C., Jones, R.M., Dorevitch, S., 2018. Estimate of incidence and cost of recreational waterborne illness on United States surface waters. Environ. Health 17, 1–10.
- [8] M.B. Liste, I. Natera, J.A Suarez, F.H. Pujol, F. Liprandi, J.E. Ludert, Enteric virus infections and diarrhea in healthy and human immunode- f iciency virus-infected children, J. Clin. Microbiol. 38 (2000) 2873–2877, doi: 10.1128/JCM.38.8.2873-2877.2000 .
- [9] J.A. Cotruvo , A. Dufour , G. Rees , J. Bartram , R. Carr , D.O. Cliver , G.F Craun , R. Fayer , V.P.J. Gannon , Waterborne Zoonoses: Identification, Causes, and Con- trol (Preface), IWA Publishing (On behalf of WHO), London, 2004 .
- [10] Y. Nguyen, V. Sperandio, Enterohemorrhagic E. coli (EHEC) pathogenesis, Front, Cell. Infect. Microbiol. 2 (2012) 90, doi: 10.3389/fcimb.2012.00090 .
- [11] A.J. Silva, J.A. Benitez, Vibrio cholerae Biofilms and Cholera Pathogenesis, PLoS Negl. Trop. Dis. 10 (2016) e0004330, doi: 10.1371/journal.pntd.0004330 .
- [12] T.J. Ochoa, C.A. Contreras, Enteropathogenic Escherichia col i infection in children, Curr. Opin. Infect. Dis. 24 (2011) 478–483, doi: 10.1097/QCO.0b013e32834a8b8b
- [13] F. Qadri, A.M. Svennerholm, A.S. Faruque, R.B. Sack, Enterotoxigenic Es- cherichia coli in developing countries: epidemiology, microbiology, clinical fea- tures, treatment, and prevention, Clin. Microbiol. Rev. 18 (2005) 465–483, doi: 10.1128/CMR.18.3.465-483.2005 .
- [14] K. Rolland, N. Lambert-Zechovsky, B. Picard, E. Denamur, Shigella and enteroinvasive Escherichia coli strains are derived from distinct ancestral strains

of *E. coli*, *Microbiology* (Reading, England) 144 (1998) 2667–2672, doi: 10.1099/00221287-144-9-2667.

[15] S. Khan, P. Singh, M. Ansari, A. Asthana, Isolation of *Shigella* species and their resistance patterns to a panel of fifteen antibiotics in mid and far western region of Nepal, *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 4 (2014) 30–34, doi: 10.1016/S2222-1808(14)60309-1.

[16] E. Näsström, N.T. Vu Thieu, S. Dongol, A. Karke, P. Voong Vinh, T. Ha Thanh, A. Johansson, A. Arjyal, G. Thwaites, C. Dolecek, B. Basnyat, S. Baker, H. Antti, *Salmonella Typhi* and *Salmonella Paratyphi A* elaborate distinct systemic metabolite signatures during enteric fever, *eLife* 3 (2014) e03100, doi: 10.7554/eLife.03100.001.

[17] P. Kaur, A. Chakraborti, A. Asea, *Enterococcal Escherichia coli*: an emerging enteric food borne pathogen, *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.* 2010 (2010) 254159, doi: 10.1155/2010/254159.

[18] E.E. Geldreich, Microbiological quality of source waters for water supply, in: G.A. McFeters (Ed.), *Drinking Water Microbiology*, Springer, New York, NY, 1990, pp. 3–31.

[19] A.A. Mihdhir, Evaluation of bacteriological and sanitary quality of drinking water stations and water tankers in Makkah Al-Mokarama, *Pak. J. Biol. Sci.* 12 (2009) 401–405, doi: 10.3923/pjbs.2009.401.405.

[20] M.J. Uddin, Y.K. Jeong, Urban river pollution in Bangladesh during last 40 years: potential public health and ecological risk, present policy, and future prospects toward smart water management, *Heliyon* 7 (2021) e06107, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06107.

[21] Guidelines for Drinking-water Quality. 4th edition incorporating the 1st and 2nd addenda. Geneva: World Health Organization, 2022. 564 p.

[22] Obayomi, K.S., Lau, S.Y., Danquah, M., Chiong, T., Takeo, M., 2022. Advances in graphene oxide based nanobiocatalytic technology for wastewater treatment. *Environ. Nanotechnol. Monit. Manage.* 17, 100647.

[23] McDonnell, G., 2007. Biocides: Modes of action and mechanisms of resistance. In: *Disinfection and Decontamination*. CRC Press, pp. 101–138.

[24] Gerba, C. P. (2015). Disinfection. In *Environmental microbiology* (pp. 645–662). Elsevier.

[25] Мейерс Р.Т., Одервальд-Мюллер Э.Дж., Нун П.АНМ, Круитхоф Дж.К., Decomposition of Pesticides by Ozonation and Advanced Oxidation, *Ozone Science & Engineering*, 17(6) (1995), pp. 673–686.

[26] Смағұлов, Е.Р. Су ресурстарын тиімді басқару: экологиялық аспектілер – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 245 б.

[27] Gillette, M., Smith, J.R., & Johnson, A.B. (2020). "Sustainable water solutions for developing regions". *Journal of Environmental Engineering*, 15(3), 245-260. <https://doi.org/xxxx>

[28] Ouelhazi, K.; Chaabene, A.B.; Sellami, A.; Hassen, A. Multivariable model of an ultraviolet water disinfection system. *Desalin. Water Treat.* 2017, 67, 89–96. [Google Scholar] [CrossRef]

[29] M. Ben Said, M. Ben Mustapha, A. Hassen, The impact of power supply frequency of a low pressure UV lamp on bacterial viability and activities, *Desal. Wat. Treat.*, 53 (2015) 1075–1081.

[30] M. Brahmi, N.H. Belhadi, H. Hamdi, A. Hassen, Modeling of secondary treated wastewater disinfection by UV irradiation: effects of suspended solids content, *J. Environ. Sci.*, 22 (2010) 1218–1224.

[31] F.J. Ferrero, C. Blanco, M.A. Pérez, M.G. Vega, M.R. Secades, A PSpice model for HPS lamps operated at high frequency, *Industry Applications Conference, Conference Record of the 2000 IEEE*, 5 (2000) 3423–3427.

[32] Кривцов А.В знакомства с САЕ-системой для анализа течений жидкости и газа ANSYS Fluent [Электронный ресурс] : электрон. метод. указания к лаб. работам / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. унт); сост. А.В. Кривцов, Л.С. Шаблий. – Электрон. текстовые и граф. дан. (1,7 Мбайт). – Самара, 2013.

[33] Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (WHO). «Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Edition incorporating the First and Second Addenda», World Health Organization, 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

[34] Қазақстан Республикасының Денсаулық сақтау министрлігі. «Санитариялық қағидалар "Ауыз суға және шаруашылық-ауызсу мақсатындағы судың сапасына қойылатын гигиеналық талаптар"», ҚР ДСМ № ҚР ДСМ-20/2021 бұйрығы, 2021 ж.

[35] Сатжан Н. Исследование метода обеззараживания воды ультрафиолетовым светом в программе ANSYS FLUENT // Наука. Инновации. Будущее – 2025: материалы II Международной научно-практической конференции, 15 мая 2025 года, г. Петрозаводск, Российская Федерация. – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2025. – С. 96–104.

[36] Tuyakbayev A.A., Satzhan N.S. (2025). «Numerical study of design parameters of a uv water disinfection unit using ansys fluent software». of the International Scientific and Practical Conference “Development of mechanical engineering industry and training of highly qualified personnel of new formation” timed to the 60th anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor of NCJSC “S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University” Sherov Karibek Tagayevich, Астана 2025, 64-66.

Қосымша А

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="kk">
<head>
<meta charset="UTF-8" />
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
<title>UV-LED Су Зарарсыздандыру Қондырғысы</title>
<style>
  body {font-family: Arial, sans-serif; background: #f5f7fa; margin: 0; padding: 0; display: flex;
height: 100vh; justify-content: center; align-items: center; flex-direction: column;}
  #loginForm, #mainInterface {background: white; padding: 30px; border-radius: 8px; box-
shadow: 0 0 12px rgba(0,0,0,0.15); width: 700px; max-width: 95vw; overflow: auto; flex-grow:
1; }
  #mainInterface {display: none; height: 90vh; flex-direction: column;}
  input[type=text], input[type=password] {width: 100%;padding: 10px; margin: 10px 0 20px 0;
border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px;}
  button {font-size: 16px; padding: 10px 18px; margin: 0 8px 10px 0; border: none; border-radius:
5px; cursor: pointer; color: white; }
  button#start { background-color: #4caf50; }
  button#stop { background-color: #f44336; }
  button#restart { background-color: #ff9800; }
  button#download { background-color: #2196f3; }
  button#login { background-color: #4caf50; width: 100%; }
  #logoutContainer {background: white; padding: 15px 30px; width: 700px; max-width: 95vw;
box-shadow: 0 0 12px rgba(0,0,0,0.15); border-radius: 8px; display: none; justify-content: flex-
end;}
  button#logout { background-color: #f44336; }
  .status, .alerts {background: white; padding: 15px; border-radius: 8px; box-shadow: 0 0 6px
rgba(0,0,0,0.05); font-size: 14px; margin-top: 15px }
  .alerts {background: #ffe6e6; color: #b00020; }
  .metric-title {font-weight: bold;margin-bottom: 10px;}
  .metric-value {font-size: 28px;color: #007acc;}
  .metrics {display: flex;justify-content: space-between; margin-bottom: 20px; flex-wrap: wrap;}
  .main-metric, .params {background: white; padding: 15px; border-radius: 8px; box-shadow: 0 0
6px rgba(0,0,0,0.05); flex: 1 1 45%; margin-bottom: 20px;}
  .params table {width: 100%;border-collapse: collapse; }
  .params td {padding: 6px 8px; border-bottom: 1px solid #ddd;}
  .params td:first-child { font-weight: bold; width: 60%;}
  .controls {text-align: center; margin-bottom: 20px;}
  canvas { max-width: 100%; height: 150px; margin-bottom: 20px;}
  #errorMsg {color: red; margin-bottom: 15px;}
</style>
</head>
<body>
<!-- Кіру формасы -->
<div id="loginForm">
  <h2>Кіру</h2>
  <div id="errorMsg"></div>
  <input type="text" id="username" placeholder="Пайдаланушы аты" autocomplete="username"
/>
  <input type="password" id="password" placeholder="Күпия сөз" autocomplete="current-
password" />
```

```

<button id="login" onclick="login()">Кіріс</button>
</div>
<!-- Негізгі интерфейс -->
<div id="mainInterface">
  <h2>UV-LED Су Зарарсыздандыру Қондырғысы</h2>
  <div class="metrics">
    <div class="main-metric">
      <div class="metric-title">UV Деңгейі: <span id="uvValue">253.7 нм</span></div>
      <canvas id="uvChart"></canvas>
      <div class="metric-title">Температура: <span id="tempValue">25.5 °C</span></div>
      <canvas id="tempChart"></canvas>
      <div class="metric-title">TDS: <span id="tdsValue">450 ppm</span></div>
      <canvas id="tdsChart"></canvas>
    </div>
    <div class="params">
      <table>
        <tr><td>Толық ұзындығы (нм)</td><td>253.7</td></tr>
        <tr><td>Жұмыс өнімділігі (л/сағ)</td><td>15</td></tr>
        <tr><td>Ағын жылдамдығы (л/мин)</td><td>0.5</td></tr>
        <tr><td>Жұмыс уақыты (сағ)</td><td>5</td></tr>
        <tr><td>TDS (ppm)</td><td>450</td></tr>
      </table>
    </div>
  </div>
  <div class="controls">
    <button id="start">Қос</button>
    <button id="stop">Өшір</button>
    <button id="restart">Қайта қос</button>
    <button id="download">Есепті жүктеу (CSV)</button>
  </div>
  <div class="status">
    Соңғы жаңарту: 2025-05-16 21:30<br />
    Қондырғы күйі: Жұмыс істеп тұр
  </div>
  <div class="alerts">
    Ескертулер:<br>
    - UV деңгейі төмендетілді<br>
    - Фильтр ауыстыру қажет
  </div>
</div>
<!-- Төменгі шығу батырмасы бар контейнер -->
<div id="logoutContainer">
  <button id="logout">Шығу</button>
</div>
<!-- Chart.js кітапханасын жүктеу -->
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
</script>
// Логин параметрлері
const validUsername = "Nurym_19";
const validPassword = "123456";
function login() {
  const username = document.getElementById('username').value.trim();

```



```

const password = document.getElementById('password').value.trim();
const errorMsg = document.getElementById('errorMsg');
if(username === validUsername && password === validPassword) {
    errorMsg.textContent = "";
    document.getElementById('loginForm').style.display = "none";
    document.getElementById('mainInterface').style.display = "flex";
    document.getElementById('logoutContainer').style.display = "flex";
    loadMainInterface();
} else {
    errorMsg.textContent = "Пайдаланушы аты немесе құпия сөз дұрыс емес."; } }
function logout() {
    document.getElementById('mainInterface').style.display = "none";
    document.getElementById('loginForm').style.display = "block";
    document.getElementById('logoutContainer').style.display = "none";
    document.getElementById('username').value = "";
    document.getElementById('password').value = "";
    document.getElementById('errorMsg').textContent = "";}
function loadMainInterface() {
    // Қажет болса, мұнда қосымша функционал қосуға болады
}
// Деректер
const labels = ['20:00', '20:10', '20:20', '20:30', '20:40', '20:50', '21:00'];
const uvValues = [250, 252, 253.5, 254, 253.7, 254, 253.7];
const tempValues = [25.1, 25.3, 25.5, 25.6, 25.4, 25.5, 25.5];
const tdsValues = [430, 440, 445, 455, 450, 460, 455];
// График деректері
const uvData = {
    labels: labels,
    datasets: [{
        label: 'UV деңгейі (нм)',
        data: uvValues,
        borderColor: 'rgba(0, 122, 204, 1)',
        backgroundColor: 'rgba(0, 122, 204, 0.2)',
        fill: true,
        tension: 0.3,
        pointRadius: 3
    } ] };
const tempData = {
    labels: labels,
    datasets: [{
        label: 'Температура (°C)',
        data: tempValues,
        borderColor: 'rgba(255, 99, 132, 1)',
        backgroundColor: 'rgba(255, 99, 132, 0.2)',
        fill: true,
        tension: 0.3,
        pointRadius: 3
    } ] };
const tdsData = {
    labels: labels,
    datasets: [{
        label: 'TDS (ppm)',

```

```

    data: tdsValues,
    borderColor: 'rgba(34, 139, 34, 1)',
    backgroundColor: 'rgba(34, 139, 34, 0.2)',
    fill: true,
    tension: 0.3,
    pointRadius: 3
  }]
};
// График опциялары
const optionsUV = {
  responsive: true,
  scales: { y: { beginAtZero: false, suggestedMin: 245, suggestedMax: 260 } },
  plugins: { legend: { display: true, position: 'top', labels: { font: { size: 14 } } } }
};
const optionsTemp = {
  responsive: true,
  scales: { y: { beginAtZero: false, suggestedMin: 24, suggestedMax: 27 } },
  plugins: { legend: { display: true, position: 'top', labels: { font: { size: 14 } } } }
};
const optionsTDS = {
  responsive: true,
  scales: { y: { beginAtZero: false, suggestedMin: 420, suggestedMax: 470 } },
  plugins: { legend: { display: true, position: 'top', labels: { font: { size: 14 } } } }
};
// Графиктерді құру
const uvCtx = document.getElementById('uvChart').getContext('2d');
const uvChart = new Chart(uvCtx, { type: 'line', data: uvData, options: optionsUV });
const tempCtx = document.getElementById('tempChart').getContext('2d');
const tempChart = new Chart(tempCtx, { type: 'line', data: tempData, options: optionsTemp });
const tdsCtx = document.getElementById('tdsChart').getContext('2d');
const tdsChart = new Chart(tdsCtx, { type: 'line', data: tdsData, options: optionsTDS });
// CSV файл жасау және жүктеу функциясы
function downloadCSV() {
  let csvContent = "data:text/csv;charset=utf-8,";
  csvContent += "Уақыт,UV деңгейі (нм),Температура (°C),TDS (ppm)\n";
  for(let i=0; i<labels.length; i++) {
    csvContent += `${labels[i]},${uvValues[i]},${tempValues[i]},${tdsValues[i]}\n`;
  }
  const encodedUri = encodeURI(csvContent);
  const link = document.createElement("a");
  link.setAttribute("href", encodedUri);
  link.setAttribute("download", "uvled_water_report.csv");
  document.body.appendChild(link);
  link.click();

  document.body.removeChild(link);}
// Батырмаға функцияны тіркеу
document.getElementById('download').addEventListener('click', downloadCSV);
document.getElementById('logout').addEventListener('click', logout);
</script>
</body>
</html>

```

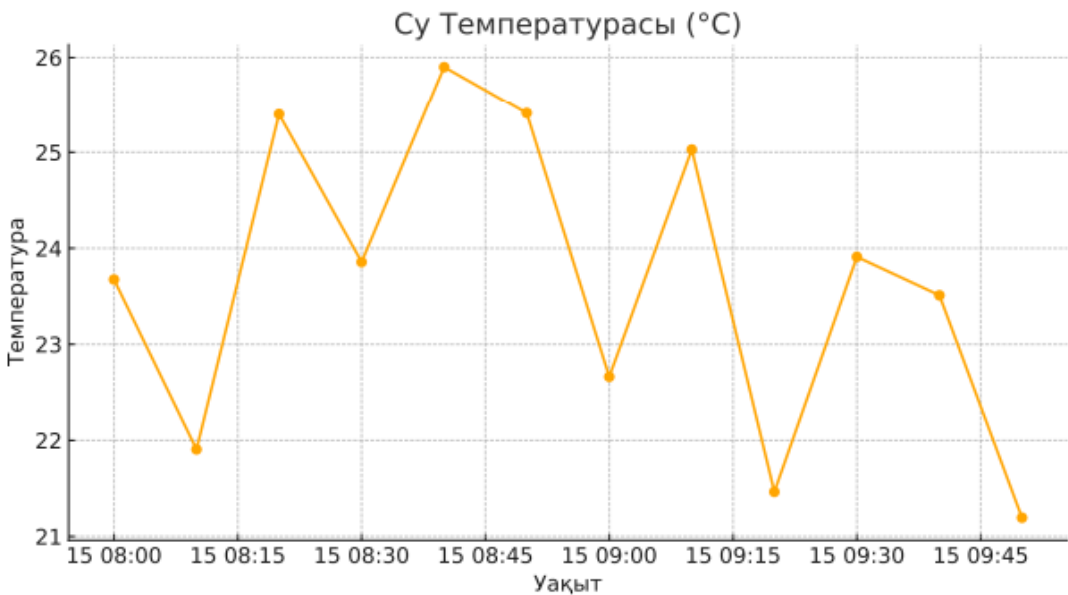
Қосымша Б

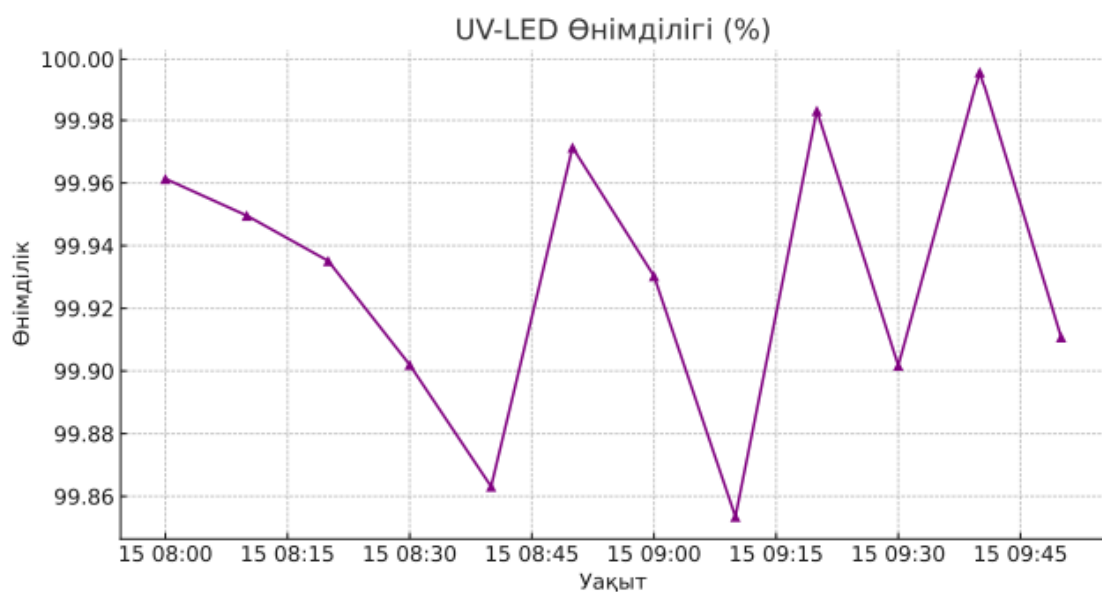
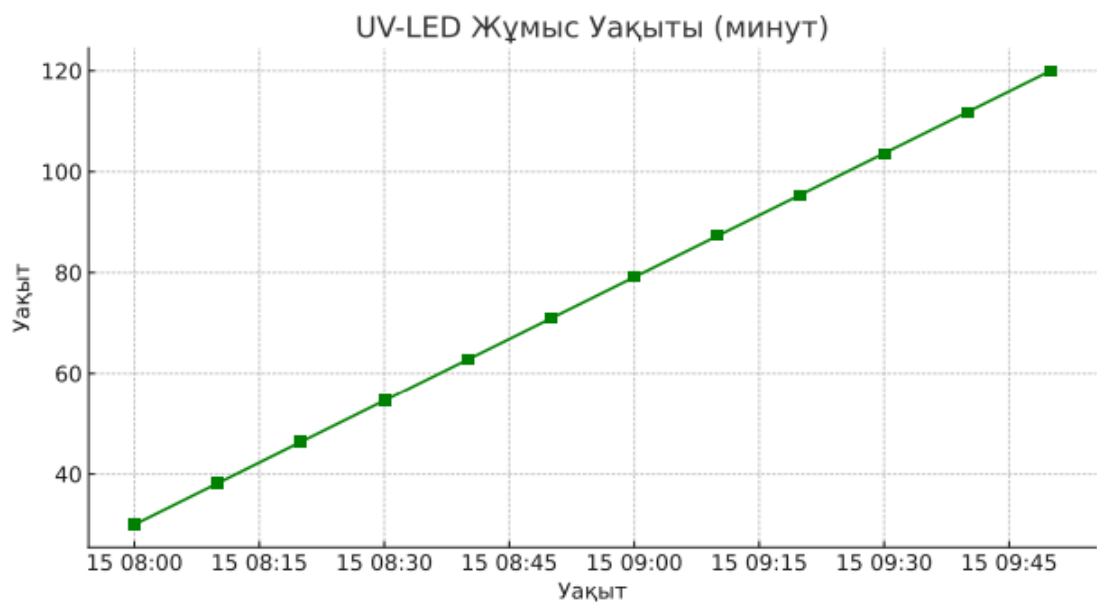
Есеп

UV-LED Су Зарарсыздандыру Құрылғысы

СанПин талаптарына сәйкестікті талдау

Дата: 15 Мамыр 2025 ж.





■ Статистикалық Қорытынды және СанПин Сәйкестігі

- Температура (°C): Орташа=23.66, Мин=21.19, Макс=25.90
- Су ағымы (л/мин): Орташа=2.14, Мин=1.61, Макс=2.72
- UV-LED уақыты (мин): Орташа=75.00, Мин=30.00, Макс=120.00
- × Өнімділік (%): Орташа=99.93, Мин=99.85, Макс=100.00
- Құрылғы күйі: Қосулы саны = 8, Сөнулі = 4

7M07107 – «Робототехника және мехатроника» мамандығының магистранты
Сәтжан Нұрым Сәбитұлының
магистрлік диссертациясына

СЫН ПІКІР

Тақырыбы: Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу

Өзірленген:

- а) графикалық бөлімі ____ парақ
б) түсіндірме жазбасы ____ бетте

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Сәтжан Нұрым Сәбитұлының магистрлік диссертациясы «Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу».

Жұмыстың мақсаты судың құрамында кездесетін зиянды биологиялық және химиялық ластаушы заттарды тиімді жолмен жою, қауіпсіз және экологиялық тұрғыдан зиянсыз өңдеу технологиясына жаңғырту ұсыну болып табылады. Жаңғырту объектісі ретінде ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялау әдісі қарастырылған.

Алға қойған мақсаттарға жету үшін келесі тапсырмалар қарастырылған: қазіргі уақытта қолданылатын су дезинфекциялау әдістерін теориялық және практикалық тұрғыда зерттеу; су дезинфекциялау құрылғысының жаңарту мүмкіндіктерін модельдеу және жобалау әдістемесін әзірлеу; ANSYS Fluent ортасында техникалық көру және болжалды қызмет модельдерін әзірлеу; эксперименталдық модель көмегімен тестілеу.

Бірінші бөлімде, ғылыми әдебиеттердің кең спектріне сүйене отырып суды бактерицидтік өңдеу технологияларының әдістері қарастырылды.

Екінші бөлімде, суды бактерицидтік өңдеуді жаңарту мақсатында ультракүлгін сәулелену әдісі таңдалып, осы уақытқа дейін жасалған жұмыстардың аналогтарын салыстыру және тиімділігін бағалау қарастырылды.

Үшінші бөлімде, ANSYS Fluent бағдарламасымен UV-LED шамдары арқылы жаңарту енгізіп суды ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялау әдісі зерттеліп, дезинфекциялау жүйесін қашықтықтан басқару қарастырылды.

Магистрлік диссертацияда мәтіндік және графикалық материалдардың құрылуына, баяндалуына, ресімделуіне және мазмұнына қойылатын жалпы талаптарға сәйкес ұйым стандарты бойынша жасалған.

ЖҰМЫС БАҒАСЫ

Сәтжан Нұрым Сәбитұлы «Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу» атты магистрлік диссертациясын жақсы орындалған және құрылғы жақсы жобаланған. Құрылғы барлық талаптарға сай және жұмыс кәсіби деңгейде орындалды диссертацияларға қойылатын барлық талаптарға сәйкес келеді.

Магистрлік диссертация өте жақсы деп бағаланып, магистрант Сәтжан Нұрым Сәбитұлын магистр академиялық дәрежесіне лайық деп есептеймін.



Жаменкеев Е.К.
2025ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

7M07107 – «Робототехника және мехатроника» мамандығының магистранты

Сәтжан Нұрым Сәбитұлының

магистрлік диссертациялық жұмысына ғылыми жетекшінің

ПІКІРІ

Тақырыбы: Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу

Сәтжан Нұрым Сәбитұлының магистрлік диссертациялық жұмысының мақсаты суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеуге бағытталған.

Магистрант Сәтжан Нұрым Сәбитұлының диссертациялық жұмысында қазіргі уақытта аса өзекті болып табылатын – үй жағдайында ауызсуды UV-LED технологиясы арқылы зарарсыздандыру және оны қашықтан бақылау жүйесімен қамтамасыз ету қарастырылған. Бұл тақырыптың өзектілігі – елді мекендерде, әсіресе шалғай және сумен жабдықтау жүйесі шектеулі аймақтарда, қауіпсіз әрі сенімді ауызсу көздеріне қол жеткізу мәселесінің шешілмегендігіне байланысты.

Диссертациялық жұмыс мақсаты – тұрмыстық деңгейде қолдануға болатын, шағын әрі тиімді UV-LED негізіндегі суды зарарсыздандыру құрылғысын жасау және оны Arduino/ESP32 платформасында қашықтан басқару мен мониторинг жүйесімен жабдықтау болып табылады. Бұл жүйе пайдаланушыға судың зарарсыздану процесін нақты уақыт режимінде бақылауға, құрылғының күйі мен сенсорлардан алынған мәліметтерді визуализациялауға мүмкіндік береді.

Бірінші бөлімде, ғылыми әдебиеттердің кең спектріне сүйене отырып суды бактерицидтік өңдеу технологияларының әдістері қарастырылды.

Екінші бөлімде, суды бактерицидтік өңдеуді жаңарту мақсатында ультракүлгін сәулелену әдісі таңдалып, осы уақытқа дейін жасалған жұмыстардың аналогтарын салыстыру және тиімділігін бағалау қарастырылды.

Үшінші бөлімде, ANSYS Fluent бағдарламасымен UV-LED шамдары арқылы жаңарту енгізіп суды ультракүлгін сәулелену арқылы дезинфекциялау әдісі зерттеліп, дезинфекциялау жүйесін қашықтықтан басқару қарастырылды.

Жұмыстың ғылыми және практикалық құндылығы жоғары. Ұсынылған жүйе Қазақстан жағдайында ғана емес, басқа да су тапшылығы бар аймақтарда кеңінен қолдануға жарамды. Диссертация құрылымдық жағынан дұрыс, ғылыми тілде жазылған.

Жалпы алғанда, диссертациялық жұмыс жоғары бағаға лайық, ал оның авторы Сәтжан Нұрым Сәбитұлы «7M07107 - робототехника және мехатроника» білім беру бағдарламасы бойынша техника және технологиялар магистрі академиялық дәрежесін алуға толықтай лайық деп есептеймін.

Ғылыми жетекші:

Техника ғылымының кандидаты,
қауымдастырылған профессор

А. Туякбаев Туякбаев А.А.
«11» 06 2025 ж.

Ф КазННТУ 704-21.Отзыв научного руководителя

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сәтжан Нұрым Сәбитұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу

Научный руководитель: Алтай Туякбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.7

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

проверяющий эксперт
Алмұхамбетов Э.А.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Сәтжан Нұрым Сәбитұлы

Тақырыбы: Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу

Жетекшісі: Алтай Туякбаев

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0.7

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.3

Дәйексөз (35): 0.7

Әріптерді ауыстыру: 4

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☐ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

Кафедра меңгерушісі



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО ПАРТНЁРСТВА
«НОВАЯ НАУКА»

член Международной ассоциации издателей научной литературы
«PUBLISHERS INTERNATIONAL LINKING ASSOCIATION»

ИНН 100121743290, ОГРНИП 318100100000595

185002, г. Петрозаводск,
ул. С. Ковалевской, д. 16Б помещ. 35,
тел. 8 (911) 41-07-747,
<https://sciencen.org>, office@sciencen.org

Для предъявления по месту требования.

Серия № КОФ-1319

15 мая 2025 года

СПРАВКА

Настоящим удостоверяется, что исследовательская работа «ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ СВЕТОМ В ПРОГРАММЕ ANSYS FLUENT», автором которой является **Сатжан Нурым** (магистрант, Satbayev University, научный руководитель: Туякбаев Алтай, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Satbayev University), по результатам рассмотрения и проверки на плагиат принята к участию во II Международной научно-практической конференции «НАУКА. ИННОВАЦИИ. БУДУЩЕЕ - 2025», которая состоялась 15 мая 2025 года в г. Петрозаводске (Российская Федерация). Данная статья опубликована в сборнике материалов указанного мероприятия, который размещен в Научной электронной библиотеке eLIBRARY по договору № 467-03/2018К от 19.03.2018 г. в открытом доступе.

Директор
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»



Ивановская И.И.

ДИПЛОМ ПОБЕДИТЕЛЯ

I степени
секция «Технические науки»
во II Международной научно-практической конференции

НАУКА. ИННОВАЦИИ. БУДУЩЕЕ - 2025

НАГРАЖДАЕТСЯ

Сатжан Нурым

магистрант
Satbayev University

автор исследовательской работы
«ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ
УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ СВЕТОМ В ПРОГРАММЕ ANSYS FLUENT»

Научный руководитель: Туякбаев Алтай, кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
Satbayev University

15 мая 2025 г.
Российская Федерация
г. Петрозаводск



Директор
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»
И.И. Ивановская



НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства





Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Суды бактерицидтік өңдеу технологиясын жаңғырту мүмкіндігін зерттеу

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Сәтжан Нұрым СәбитұлыАлтай Туякбаев

Подразделение

ИАиИТ

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобиия 2



КП2

13148

Количество слов



КЦ

107777

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		4
Интервалы		0
Микропробелы		1
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		1

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://kzgov.docdat.com/docs/1324/index-168646.html	46 0.35 %
2	https://kzgov.docdat.com/docs/1324/index-168646.html	23 0.17 %
3	https://kzgov.docdat.com/docs/1223/index-162417.html	10 0.08 %
4	https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/32678/1/Lysenko_master_19.pdf	8 0.06 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (0.70 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://kzgov.docdat.com/docs/1324/index-168646.html	69 (2) 0.52 %
2	https://kzgov.docdat.com/docs/1223/index-162417.html	15 (2) 0.11 %
3	https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/32678/1/Lysenko_master_19.pdf	8 (1) 0.06 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---