

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології цукру і підготовки води

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«___» лютого 2022 р.

«До захисту допущено»
В.о.завідувача кафедри
Наталія ГУСЯТИНСЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«___» лютого 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 181 «Харчові технології»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Технології питної води та водопідготовки харчових виробництв»

на тему: Удосконалення технології очищення води з використанням знезаражуючих установок на підприємстві Danone

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТВ-2-9М

Крестельова Марія Юріївна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Чернова Наталія Миколаївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти
(ім'я та прізвище) (підпис)
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Олександр СПРЯГАЙЛО
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра Технології цукру і підготовки води

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Технології питної води та водопідготовки харчових виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ТЦ і ПВ

Наталія ГУСЯТИНСЬКА

“ ” 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Крестельової Марії Юріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології очищення води з використанням знезаражуючих установок на підприємстві Danone

керівник роботи Чернова Наталія Миколаївна, доцент, кандидат технічних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “25 жовтня 2021 року №838кс

2. Строк подання здобувачем роботи 9 лютого 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: природна вода м. Кременчук з підвищеним вмістом солей кальцію та магнію; зворотньоосмотична мембрана моделі MM-NFF45/75.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Наукове обґрунтування способів удосконалення технології водопідготовки. Аналіз сучасних способів очищення води та їх апаратного оформлення. Загальна характеристика способів знезараження води. Мембранні технології очищення води. Об'єкти і методи досліджень. Характеристика процесу знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням. Методика визначення вмісту іонів кальцію в вихідній воді. Методика визначення вмісту іонів магнію в вихідній воді. Експериментальні дослідження технології очищення води на ТОВ "Danone". Опис експериментальної установки зворотного осмосу. Встановлення емпіричних залежностей рівняння на установці зворотного осмосу. Висновки до розділу 1. Проектна частина. Техніко-економічне обґрунтування виробництва ТОВ "Danone" з урахуванням впровадження удосконаленого способу. Структура підприємства, опис відділення, де пропонується впровадження розробки. Вимоги до сировини, що використовується для виробництва, і якості продуктів. Вибір і обґрунтування технологічних режимів виробництва продуктів з впровадженням інноваційної

розробки. Технологічні розрахунки. Таблиця вихідних даних для розрахунку продуктів. Розрахунок ємностей для зберігання води. Розрахунок насосу. Розрахунок ультрафіолетової установки для знезараження води. Розрахунок установки зворотного осмосу. Розрахунок нанофільтраційної установки. Екологічні аспекти впровадження удосконаленого способу у виробництво. Висновки до розділу 2. Висновки. Список використаної літератури. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу План відділення водопідготовки. Поперечний розріз. Поздовжній розріз. Принципово технологічна схема виробництва “Danone”.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 25 жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт ка
	Пошук літературних джерел та підготовка аналітичного огляду.	01.04.21-26.09.21	
	Вибір методу технічного удосконалення дослідження	27.09.21-04.10.21	
	Експериментальні дослідження технології очищення води	05.10.21-17.12.21	
	1-а атестація	19.11.21	
	Оптимізація дослідних даних	20.11.21-03.12.21	
	Еколого-економічне обґрунтування виробництва з впровадженням удосконаленого способу	04.12.21-17.12.21	
	2-а атестація	20.12.21	
	Оформлення пояснювальної записки та презентації.	05.01.22-01.02.21	
9	Попередній захист роботи	Згідно графіку	
10	Захист роботи	Згідно графіку	

Здобувач

(підпис)

Марія КРЕСТЕЛЬОВА

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Наталія ЧЕРНОВА

(ім'я та прізвище)

Анотація

Магістерська робота складається з 2 розділів, виконана на 82 сторінках, ілюстрована 22 малюнками та 6 таблицями., висновками, списком використаної літератури із 40 найменувань і 3 додатків.

Метою роботи є теоретичні та експериментальні дослідження удосконалення технології водопідготовки з використанням знезаражуючих установок на підприємстві Danone.

Об'єктом дослідження є очищена та знезаражена вода.

Водопідготовка в молочній промисловості така ж важлива і потрібна, як і основне виробництво продукту.

Нині жодне харчове виробництво не обходиться без якісного водопостачання. Склад води сильно впливає на якість виробленого продукту, тому використання води з природних джерел допустимо лише у разі, якщо якість відповідає всім вимогам.

Предметом дослідження є технологія водопідготовки на молочному підприємстві.

В дипломній роботі розглянуто питання технічного переоснащення станції водопідготовки ТОВ "Danone".

Ключові слова: водопідготовка, знезараження, ультрафіолет, нанофільтрація, переоснащення, технологія, технічна вода.

					Анотація	3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аннотация

Магистерская работа состоит из 2 разделов, выполнена на 82 страницах, иллюстрирована 22 рисунками и 6 таблицами, выводами, списком использованной литературы из 40 наименований и 3 приложений.

Целью работы являются теоретические и экспериментальные исследования усовершенствования технологии водоподготовки с использованием обеззараживающих установок на предприятии Danone

Объектом исследования является очищенная и обеззараженная вода. Водоподготовка в молочной промышленности так же важна и необходима, как и основное производство продукта.

В настоящее время ни одно пищевое производство не обходится без качественного водоснабжения. Состав воды сильно влияет на качество производимого продукта, поэтому использование воды из природных источников допустимо только в том случае, если качество отвечает всем требованиям.

Предметом исследования является разработка водоподготовки на молочном предприятии.

В дипломной работе рассмотрены вопросы технического переоснащения станции водоподготовки ООО "Danone".

Ключевые слова: водоподготовка, обеззараживание, ультрафиолет, нанофльтрация, переоснащение, технология, техническая вода.

					Анотация	4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Annotation

The master's thesis consists of 2 chapters, performed on 82 pages, illustrated with 22 figures and 6 tables, conclusions, list of references from 40 titles and 3 appendices.

The aim of the work is theoretical and experimental research to improve the technology of water treatment using decontamination plants at Danone.

The object of research is purified and disinfected water.

Water treatment in the dairy industry is as important and necessary as the main production of the product.

Today, no food industry is complete without quality water supply. The composition of water strongly affects the quality of the product, so the use of water from natural sources is permissible only if the quality meets all requirements.

The subject of research is the technology of water treatment at the dairy plant. The thesis deals with the issue of technical re-equipment of the station water treatment LLC "Danone".

Key words: water treatment, disinfection, ultraviolet, nanofiltration, re-equipment, technology, technical water.

					Annotation	5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОДОПІДГОТОВКИ	11
1.1. Аналіз сучасних способів очищення води та їх апаратурного оформлення.....	11
1.1.1. Загальна характеристика способів знезараження води.....	20
1.1.2. Мембранні технології очищення води.....	24
1.2. Об'єкти і методи досліджень.....	28
1.2.1. Характеристика процесу знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням.....	28
1.2.2. Методика визначення вмісту іонів кальцію в вихідній воді....	35
1.2.3. Методика визначення вмісту іонів магнію в вихідній воді.....	36
1.3. Експериментальні дослідження технології очищення води на ТОВ "ДАНОН".....	37
1.3.1. Опис експериментальної установки зворотнього осмосу.....	40
1.3.2. Встановлення емпіричних залежностей рівняння на установці зворотнього осмосу.....	43
Висновки до розділу 1.....	47
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	49
2.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва ТОВ "ДАНОН" з урахуванням впровадження удосконаленого способу.....	49

					Удосконалення технології очищення води з використанням знезаражуючих установок на підприємстві Данон				
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					
Разраб		Крестельова М.			Зміст	Литера	Лист	Листов	
Пров		Чернова Н.М.				у			
Н. Контр.									
Утв		Гусятинська Н.А.				ННІХТ ТВ-2-9М			
					6				

2.2. Структура підприємства, опис відділення, де пропонується впровадження розробки.....	52
2.3. Вимоги до сировини, що використовується для виробництва, і якості продуктів.....	57
2.4. Вибір і обґрунтування технологічних режимів виробництва продуктів з впровадженням інноваційної розробки.....	58
2.5. Технологічні розрахунки.....	64
2.5.1. Таблиця вихідних даних для розрахунку продуктів	64
2.5.2. Розрахунок ємностей для зберігання води	66
2.5.3. Розрахунок насосу	67
2.5.4. Розрахунок ультрафіолетової установки для знезараження води.....	70
2.5.5. Розрахунок установки зворотнього осмосу.....	70
2.5.6. Розрахунок нанофільтраційної установки.....	71
2.6. Екологічні аспекти впровадження удосконаленого способу у виробництво.....	72
Висновки до розділу 2.	79
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	81
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

Водопідготовка в молочній промисловості така ж важлива і потрібна, як і основне виробництво продукту: обробка молока, молочних продуктів, масла, сироваріння.

Нині жодне харчове виробництво не обходиться без якісного водопостачання. Склад води сильно впливає на якість виробленого продукту, тому використання води з природних джерел допустимо лише у разі, якщо якість відповідає всім вимогам. Вода може мати у своєму складі великий обсяг домішок, багато з яких шкідливі здоров'ю людини. Більш того, вони можуть значно впливати на запах, смак та якість виробленого продукту.

Водопідготовка - цикл заходів з водоочищення, який здійснюється за допомогою установок пом'якшення, знезалізнення, а також за допомогою сорбційних, осадових установок і УФ-знезаражувачів. Використовуючи подібну автоматизовану техніку для промислової водопідготовки, можна зробити водоочищення практично безперервним процесом, що не гальмує виробництво і забезпечує всі стадії робіт водою необхідної якості [1].

Фахівці виділяють такі основні проблеми, що стоять перед промисловою водопідготовкою: жорсткість води, велика кількість домішок, колір, запах, наявність бактерій та вірусів, інші забруднення. Промислова водопідготовка може включати цілий ряд очисних заходів. Одним з основних негативних показників води є високий вміст заліза, що впливає як на роботу техніки, що безпосередньо працює з водою, і здоров'я людини, особливо коли це, харчова промисловість.

Промислова водопідготовка - це не тільки значне підвищення якості продукції, що виробляється, і продовження терміну служби обладнання, але і зниження впливу шкідливих речовин на навколишнє середовище за рахунок зменшення шкідливих водостоків. Основне призначення промислового водоочищення – це очищення води для підприємств та об'єктів з великим споживанням води на добу.

					Вступ	8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зв'язку з цим значно змінюється підхід до вихідної води, що надходить загальноміськими, або іншим водопровідним мережам загального призначення, або воді, що надходить з артезіанських свердловин. У системах застосовується реагентна обробка води – для знищення небезпечних мікроорганізмів, що містяться у воді, знесолення із застосуванням зворотного осмосу та іонного обміну, а також селективні іонообмінні технології.

На особливо великих підприємствах харчової промисловості, у технологічних циклах застосовують устаткування, у процесі якого потрібно його охолодження.

Важливим етапом у промисловій водопідготовці є додаткове очищення від бактерій, вірусів та інших шкідливих елементів, що впливають на показники води та її можливості щодо споживання та використання у виробництві. Одним із найсучасніших рішень цього питання стали ультрафіолетові лампи для промислової водопідготовки. Це дозволяє використовувати УФ-знезаражувачі у водопідготовці на підприємствах харчової промисловості, де видалення шкідливих елементів та водоочищення обов'язкові для простої безпеки та збереження підсумкового продукту.

Промислова водопідготовка має на увазі і важливість стеження над кислотно-лужними показниками води. Наприклад, рідина з високим рівнем рН негативно впливає на техніку, яка ламається при довгому використанні води, яка не пройшла водопідготовку. Таким чином, попереднє водоочищення від кислот та нормалізація рівня рН забезпечать збереження обладнання (включаючи інші пристрої водопідготовки) та значне покращення якості самої води [2].

На даний момент якість води в різних регіонах країни може сильно відрізнятися (все залежить від чисельності населення, річок, стоків, великих підприємств), але в цілому вода не може похвалитися високою якістю. Для підвищення якості водоочищення доводиться використовувати найсучасніші технології, а процес очищення робити по-справжньому комплексним та проводити водопідготовку.

					Вступ	9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим є застосування технологій очищення, що не вносили б побічних забруднень в ході їх застосунку та були б дійовими енергетично.

В зв'язку з цим, досліджувалися методики знезараження та очищення води від бактеріальних заражень із використанням ультрафіолетового знезараження та нанофільтрації.

При повному очищенні поверхневих вод, знезаражування необхідно завжди. Проте на практиці використання, що поверхневих, що підземних вод, практично, неможливе без знезараження.

У наш час набуває популярності ультразвукове знезараження води. Ця тема вважається досить актуальною, оскільки передбачає лінійку переваг в асимілюванні з іншими засобами очистки.

Об'єктом дослідження є очищена та знезаражена вода.

Предметом дослідження є технологія водопідготовки на молочному підприємстві.

Мета дипломного проекту – удосконалення технології очищення води з використанням знезаражуючих установок на підприємстві Danone.

В рамках поставленої мети у кваліфікаційній роботі автором вирішуються такі завдання:

- 1) Вивчити комплекс проблем, пов'язаних із знезараженням води на підприємстві.
- 2) Виявити недоліки діючих технологій очищення та створити інноваційні методи покращення
- 3) Розробити науково – технічний план щодо підвищення якості очищення води та дати оцінку продуктивним заходам.
- 4) Провести експериментальні дослідження технології очищення води;
- 5) Проаналізувати результати експериментальних досліджень та встановити емпіричні залежності рівняння;
- 6) Методом розрахунків підібрати відповідне обладнання;

					Вступ	10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОДОПІДГОТОВКИ

1.1 Аналіз сучасних способів очищення води та їх апаратурного оформлення

Зазвичай технологія водопідготовка високоякісної питної води розробляється з врахуванням практичних можливостей продуцента та якості води джерела. Небезпеки, пов'язані з фактом наявності токсичних хімічних речовин у питній воді, різняться від небезпек, які можуть бути у випадку мікробіологічного забруднення.

Тільки деякі хімічні складники у воді можуть збудити гострі порушення здоров'я, усуваючи сильне забруднення системи водопостачання [3]. Через це хімічні забруднюючі речовини прираховують до пріоритетності нижчої категорії, ніж мікробні, вплив яких зазвичай буває сильнішим та масштабнішим.

Проте застосування хімічних дезінфікуючих засобів під час водопідготовки призводить до утворення потенційно загрозливих для здоров'я людини вторинних продуктів. Тобто, технологія підготовки питної води стикається з двома проблемами, що «конфліктують» між собою: з однієї сторони, необхідність сильного дезінфікуючого ефекту, а з іншої – зниження до мінімуму або повна відсутність побічної дії вторинних продуктів дезінфектанту на здоров'я людини. Знезараження води є заключною (кінцевою) фазою захисту питної води від зовнішнього забруднення та повторного росту мікроорганізмів у водорозподільній системі. Проте, всю черговість процесів очищення практично слід розглядати, як підготовку води до результативного та надійного знезараження.

Зразком технології отримання води високої якості є схема підготовки питної води у Нідерландах (рис. 1.1.) [4]. У відповідності з ідеєю ВООЗ тенденція, що наразі спостерігається у технології водопідготовки, полягає в оптимізації застосування хімічних реагентів із використанням фізичних чи

					РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОДОПІДГОТОВКИ	11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

біологічних методів очищення, ціллю є зниження дозування цих хімічних реагентів, що відповідно зменшить кількість побічних продуктів, які могли б утворюватись під час знезараження.

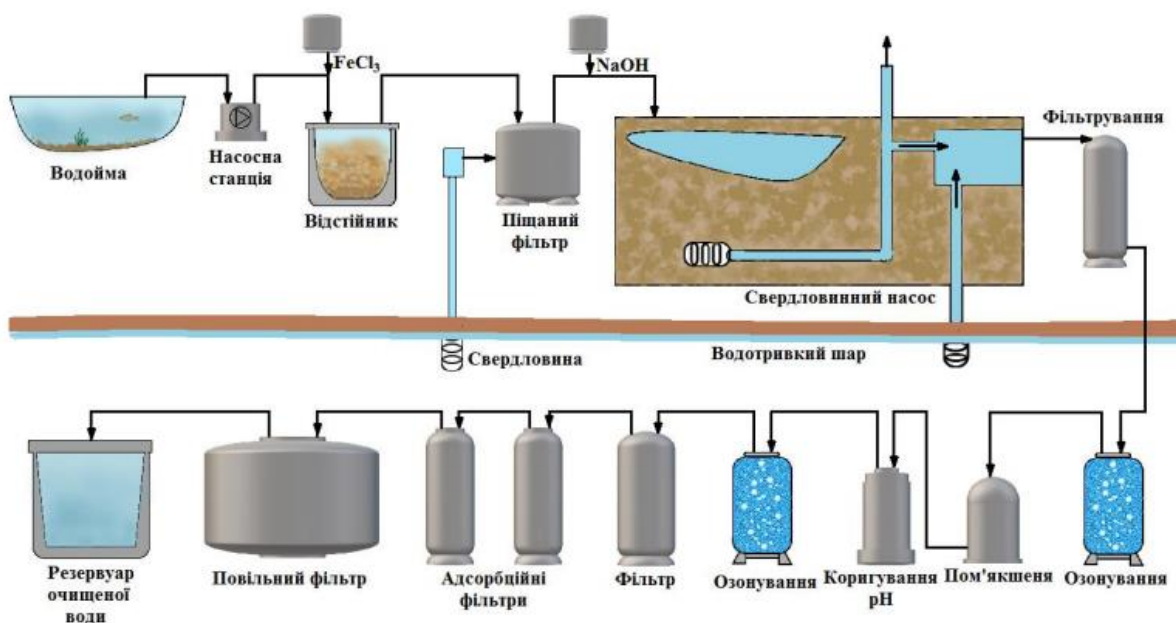


Рис. 1.1. Схема підготовки питної води в Нідерландах на основі поверхневої води [4].

Подібний підхід передбачає використання принципу багато бар'єрності технології водопідготовки, за рахунок максимальних природних можливостей водоочищення і за сприянням різних фільтруючих приладів або перегородок.

Технологія водопідготовки Цюріхського озера завбачає контроль якості води із поверхневого джерела та за допомогою постійного контролю і, якщо вона незадовольнює потреби, до води із поверхневого джерела докачують воду із підземного джерела (приблизна глибина свердловини 120 м.). Якщо ж якість води зовсім не відповідає нормам, технологічну схему повністю переводять на використання підземної води.

Дана комбінована схема завбачає наступну систему водопідготовки : коагуляція (водночас зі завислими речовинами з води видаляють фосфати, частка розчинних органічних сполук, вірусів, важких металів) з подальшим

поділом води за рахунок каналів у піски або ґрунти. Така інфільтрація може займати до двох місяців. За цей етап відбувається наступне підвищення якості води: регресують нітрати, видаляються органічні сполуки та затримується більше ніж 99% фекальних бактерій та вірусів [5]. Одразу після інфільтрації вода насичується киснем, фільтрується та озонується (за рахунок цього частково зруйнуються органічні речовини і пестициди, загинуть патогенні віруси і бактерії, що видаляться при подальшій фільтрації).

Після повторного озонування вода піддається двоступеневому адсорбційному очищенню, в ході якого відбувається повне видалення мікрокілностей природних речовин за рахунок адсорбції та біологічного окиснення. Після адсорбційного фільтру воду пропустять через повільні піщані фільтри, де остаточно затримуються залишки бактерій та в залишковій кількості органічні сполуки [5]. Дана схема може зазначатись також, як приклад безхлорної технології. На рис. 1.2. приведено схему підготовки питної води з Цюріхського озера на основі поверхневого джерела.



Рис.1.2. Схема підготовки питної води з Цюріхського озера на основі поверхневої води [4].

В технології передбачено подвійне озонування, адсорбцію на активованому вугіллі, швидке фільтрування, повільне фільтрування та коригування рН.

Взірцем підготовки води питного призначення з використанням сильнозабрудненої води з поверхневого джерела є запатентована у технологія Великобританії.

Спрощену принципову схему приведено на рис. 1.3. [4]. Вода із поверхневого джерела проходить підготовче очищення із використанням коагуляції та методу відстоювання. Далі, вода після резервуара накопичувача проходить скрізь фільтр грубого очищення, а потім два ступені фільтрування через відвантаження відмінної крупності, перед компонентами. Перша стадія до води дозується коагулянт та флокулянт, тобто відбувається контактна коагуляція (in line filtration). Вслід передбачається кілька ступеней сорбції активованим вугіллям та знезараження води за допомогою ультрафіолетового опромінення [6].

Завершальна стадія передбачає ґрунтовне доочищення на установках зворотнього осмосу та процес кондиціонування води за мінеральними показниками.



Рис.1.3.Схема водопідготовки питної води на основі поверхневого джерела в Великобританії [4].

У Намібії для підготовки води використовуються здебільшого поверхневі джерела і значно менше підземні води. Реалізація технологічної схеми окреслює наступні процеси (рис. 1.4.) [6]. На вихідній стадії воду озонують та направляють на споруди, де здійснюється коагуляція та флокуляція. Далі вода надходить на флотатор, після проходить фільтрацію на двошарових фільтрах, вдруге озонування і адсорбційний фільтр, навантажений БАВ, вслід два ступені адсорбційного очищення за рахунок АВ [6].

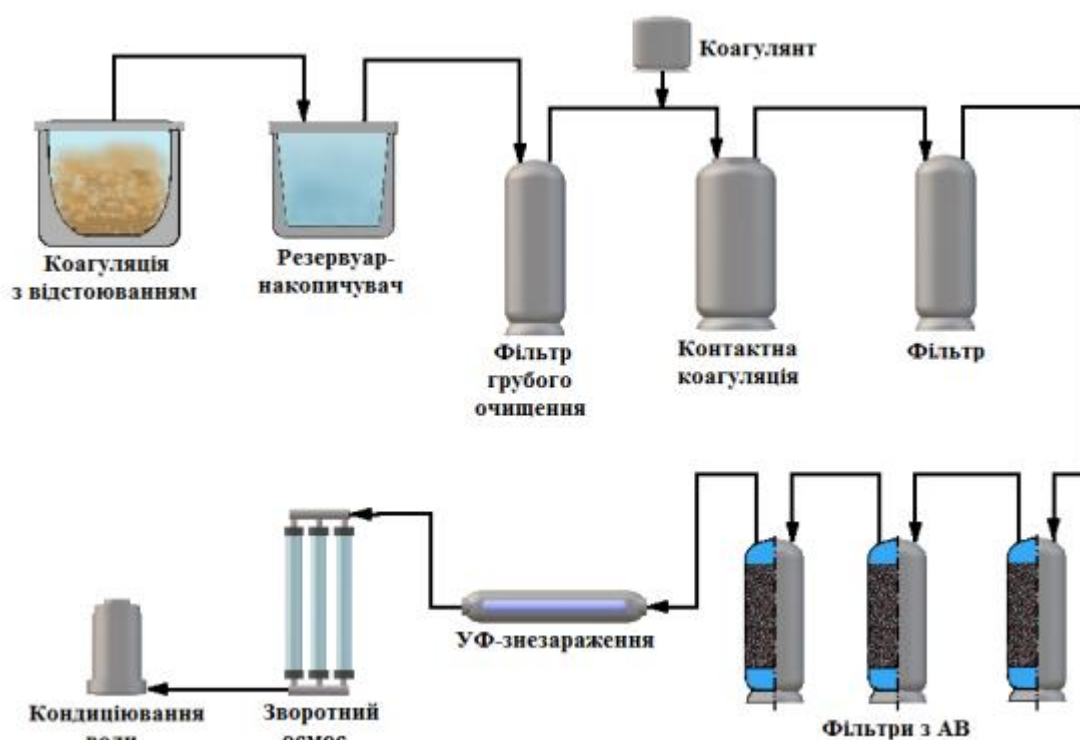


Рис.1.4. – Схема підготовки води в Намібії на основі поверхневого джерела [6].

Заключними стадіями є знезараження: послідовно УФ-опромінення та хлорування. Якість води, одержаної за даною технологією, навіть перевищує вимоги, що висуваться до питної води. На рис. 1.5 наведено схему підготовки питної води з використанням біологічних процесів. На станції передбачено фільтри грубого механічного очищення, далі декілька ступенів фільтрування, реагентну флотацію з використанням коагулянтів та флокулянтів. Після

флотації вода надходить на споруди біохімічного очищення. Наступні стадії включають глибоке знезараження у декілька ступенів. Спочатку воду піддають озонуванню, далі передбачено дві ступені фільтрування на АВ. На першій ступені видаляються органічні сполуки у певному інтервалі молекулярних мас, на другій – мікрокількості пестицидів та інших токсичних сполук.

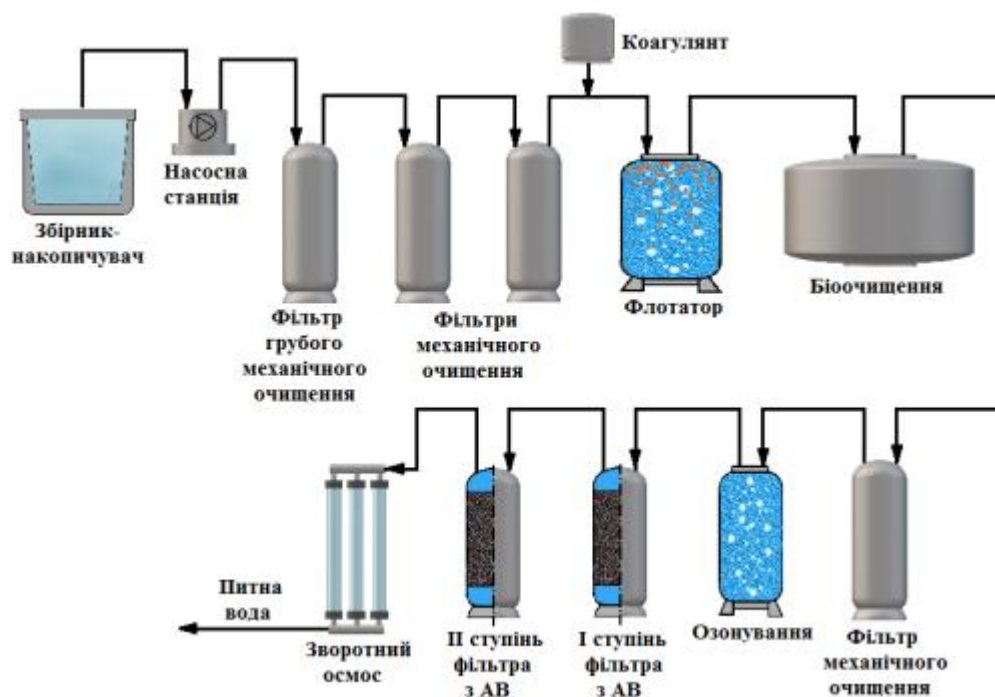


Рисунок 1.5 – Схема підготовки питної води з використанням біологічних процесів

Заключне видалення патогенних мікрофлори та вірусів здійснюється на стадії обробки води за допомогою зворотного осмосу. Багатостадійна комплексна технологія підготовки питної води застосовується у Франції (м. Іврі-сюр-Сен). Перша стадія підготовки води передбачає попереднє озонування (рис. 1.6), далі послідовно вода проходить стадію коагуляції (у якості коагулянта використовується FeCl_3). Одночасно можна додавати порошкове АВ (ПАВ), якщо має місце критична ситуація.

Дві наступні стадії ґрунтуються на використанні контактної коагуляції з FeCl_3 і здійснюються на двох різних типах завантаження: спеціальне біологічно активне завантаження «Biolite» та кварцовий пісок.

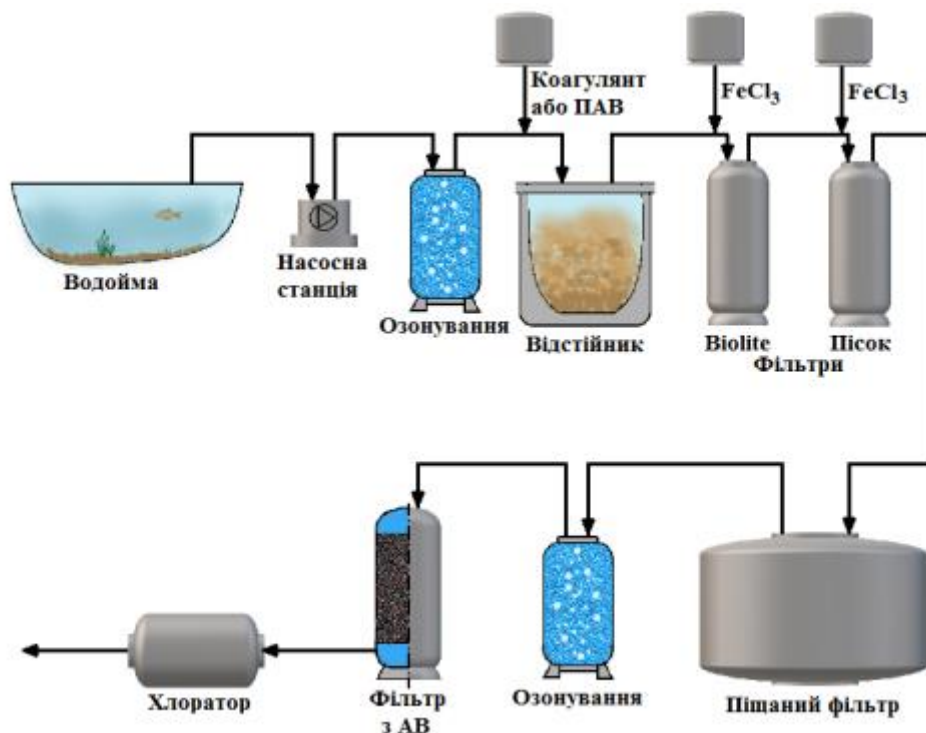


Рисунок 1.6 – Схема підготовки питної води в Іврі-сюр-Сен (Париж)

Далі після проходження піщаного фільтру воду озонують та направляють на фільтр з АВ. Заключне знезараження здійснюють за допомогою хлорування.

Типову схему очищення води від природних органічних речовин за допомогою контактної коагуляції, яка широко використовується у Норвегії, наведено на рис. 1.7. В якості коагулянту зазвичай використовується прегідролізований хлорид алюмінію (РАХ) або сполуки феруму, а як флокулянт у Норвегії найчастіше застосовують хітозан. Вапно додається до вихідної та очищеної води для підвищення рН, інтенсифікації коагуляції та запобігання корозійних процесів. Для більшості норвезьких водоканалів характерним є хлорування води з метою забезпечення тривалої мікробіологічної безпечності протягом руху води у мережі. На рис. 1.8 наведено альтернативні схеми для видалення природних органічних речовин за допомогою озонування/біофільтрації.[7]

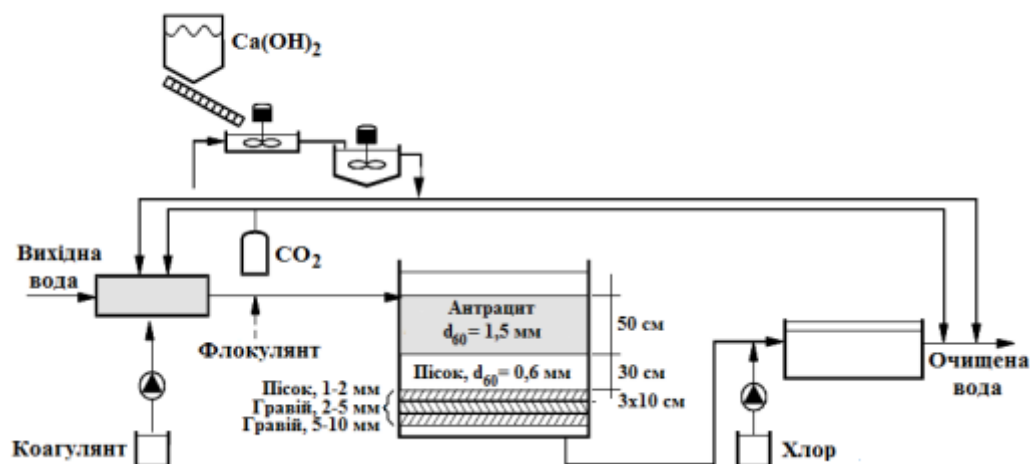


Рисунок 1.7 – Типова схема очищення води від природних органічних речовин на основі контактної фільтрації у Норвегії.

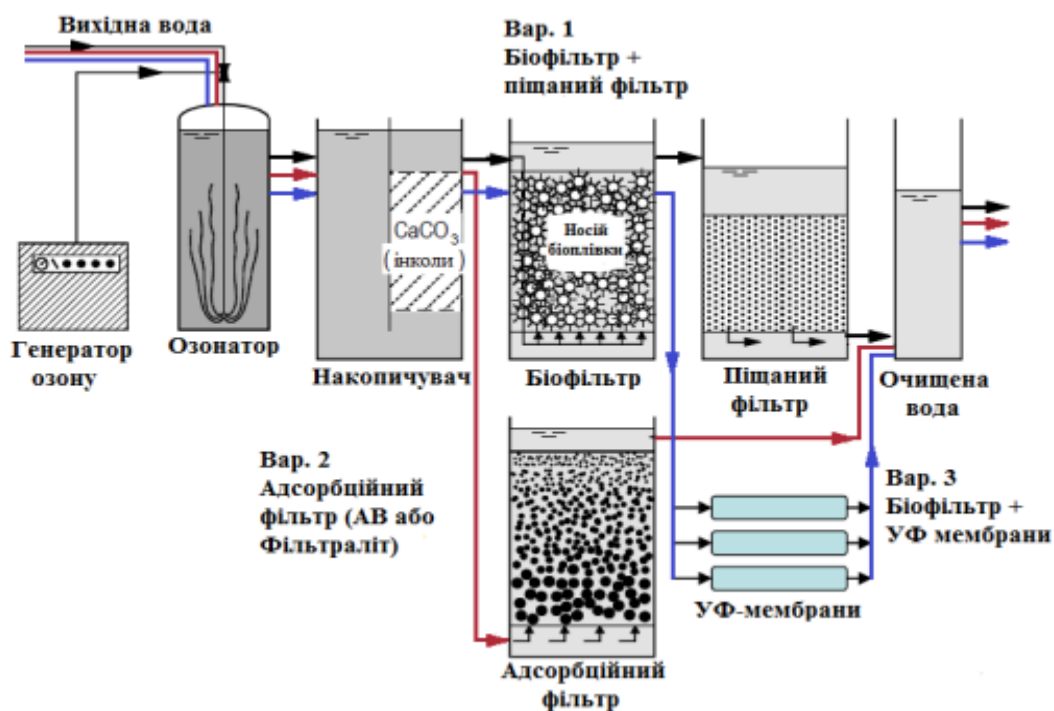


Рисунок 1.8 – Варіанти схем для видалення природних органічних речовин за допомогою озонування/біофільтрації

В усіх трьох схемах спочатку вода піддається дії озону з метою руйнування гумінових сполук, які малоефективно видаляються біологічними методами, оскільки вже є кінцевими продуктами розпаду природних органічних матеріалів. Потім вода може поступати на біофільтр або адсорбційний фільтр або УФ-мембрани для очищення від органічних речовин.

Переваги багатоступеневих схем підготовки води, які укомплектовані додатково до традиційних прийомів очищення озонуванням, фільтруванням через активоване вугілля та використовують методи інтенсифікації процесів очищення, такі, як збільшення турбулентності під час внесення коагулянтів/флокулянтів та оптимізація гідравлічного режиму на стадії освітлення, забезпечують вищу якість води у порівнянні з традиційними прийомами коагулювання та фільтрування.[8]

Глибоке очищення питної води шляхом застосування комбінації технології озонування та використання БАВ запропоновано у Японії, що дозволило вирішити проблему видалення з води сильнопахнучих сполук, хлорорганічних речовин та амонійного азоту. Головним питанням всіх технологій підготовки питної води безумовно є заключне (остаточне) знезараження. Найпоширенішим методом знезараження води у більшості технологічних схем залишається хлорування, хоча використання, хоча використання хлорованої води може спричинити підвищений ризик канцерогенних захворювань і порушення репродуктивних функцій людини.

Сучасні технології знезараження все більше використовують енергію УФ-випромінювання. Взагалі вибір методу знезараження питної води залежить від якості природної води і технології її підготовки, що повинна забезпечити певний рівень біологічної стабільності води, враховуючи стан системи водорозподілу.

1.1.1. Загальна характеристика способів знезараження води

Знезараження води є обов'язковим за умови санітарної ненадійності джерела, що використовується для господарських цілей, як правило, перед знезараженням проводять освітлення й усунення колірності води, в результаті чого вода звільняється від завислих часток, які затруднюють проведення знезараження, і від частини бактерій (при фільтруванні затримується 98-99% всіх бактерій). Але знезараження можна розглядати як самостійний і часто єдиний процес обробки води. У такому вигляді він використовується на водопроводах, джерелом яких є підземні води. Знезараження води може здійснюватися двома способами - за допомогою спеціальних реагентів і без них.[9]

Реагентними методами називаються такі, за яких для знезараження води використовуються хімічні речовини, що викликають загибель мікроорганізмів. Такими речовинами є багато окисників (Cl_2 , N_2), а також солі деяких важких металів (в основному Ag і Cu).

За безреагентних методів знезаражена вода підлягає впливу ультрафіолетових променів, які мають бактерицидні властивості (короткі хвилі в межах 2000-2950 А), чи високої температури (кип'ятіння).

Хлорування води - один із поширених методів знезараження води на водопроводах. Ця процедура виконується в усіх випадках забору води з поверхневих водойм, а також при отриманні води з підземних джерел, бактеріальні показники яких не відповідають вимогам стандарту. Хлорування води відбувається газоподібним хлором, або ж речовинами, що містять активний хлор: хлорне вапно, хлорит, діоксид хлору.

Збудники тифу, дизентерії, холери й бруцельозу є дуже чутливими до дії хлору. Навіть сильно заражена бактеріями вода значною мірою дезінфікується порівняно невеликими дозами хлору. Але все одно - при хлоруванні повної стерилізації води не відбувається.

					РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ	20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від його початкової дози і тривалості контакту з водою. Частіше за все на руйнування клітин витрачається лише незначна частина хлору. Більша частина хлору йде на реакцію з різноманітними органічними і мінеральними домішками, які містяться у воді.

Хлорування є заходом, який постійно здійснюється на комунальних водопроводах та станціях з очистки господарсько-побутових і деяких категорій промислових стічних вод. Крім того, хлорування проводиться як короточасний чи періодичний захід, необхідний для дезінфекції ділянок водопроводу, що вводяться в експлуатацію, фільтрів, резервуарів чистої води.

Постхлорування - це процес знезараження води, який проводиться після всіх інших способів її обробки і є завершальним етапом очистки води. Постхлорування може здійснюватися як невеликими дозами (нормальне хлорування), так і підвищеними (перехлорування). Використовується воно і спільно з іншими речовинами для знешкодження мікроорганізмів (комбіноване хлорування).[10]

Практичне використання процесу хлорування в основному зводиться до пре- та постхлорування. Застосовується також подвійне хлорування (пре- та постхлорування). Подвійне хлорування використовується за високої колірності води та за підвищеного вмісту в ній органічних речовин.

Озонування води - один із ефективних методів знезараження води. Озон, як відомо, є алотропічною модифікацією кисню, і молекула його на відміну від молекули кисню O_2 складається не з двох, а з трьох атомів O_3 . Озонування води ґрунтується на властивості озону розкладатися у воді з утворенням атомарного кисню, який руйнує ферментні системи мікробних клітин, окиснює деякі сполуки, що надають воді неприємного запаху (наприклад, гумінові основи). З позиції гігієни озонування є одним з найкращих способів знезараження води. Вода при цьому не збагачується

додатковими домішками. Залишковий невикористаний озон через короткий проміжок часу розпадається і перетворюється на кисень.

Треба зазначити, що озонування води є відповідальним технологічним процесом, який вимагає великих витрат електроенергії, застосування складних приладів і висококваліфікованого технагляду, оскільки концентрований озон - отруйний газ. Це до певної міри є стримуючим фактором для його широкого застосування.

Знезараження води іонами срібла навіть у малих концентраціях має властивість знищувати мікроорганізми, що пояснюється властивістю його іонів руйнувати протоплазму мікроорганізмів.

Ступінь активності срібла тим більший, чим вища концентрація його іонів у розчині. Збагачення води іонами Ag досягається кількома способами: методом контактування води з розвинутою поверхнею металу (посріблені кільця Рашига, пісок Краузе тощо),

– методом безпосереднього розчинення у воді препаратів срібла електролітичними способами (метод А.Л. Кульського).

«Срібна вода», яка готується електролітичним розчиненням, має високі бактерицидні властивості і з успіхом може бути використана для очистки води від шкідливих мікроорганізмів, дезинфекції та консервування продуктів харчування, для лікувальних цілей тощо. Завдяки мізерним дозам срібла вона є зовсім не шкідливою.

Йодування води. З галогенів, окрім Cl, для знезараження води використовуються також I і Br. Але в практиці водопостачання знайшло застосування лише йодуванням води. Йодування має ряд суттєвих переваг порівняно з хлоруванням:

- менша тривалість контакту з водою;
- більший бактерицидний ефект;
- розширення діапазону бактерицидної дії;
- йод не є елементом, чужим для людського організму;

					РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ	22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- концентрація йоду в обробленій воді нерідко не перевищує фонових значень вихідної води.

Сучасні технології очищення води ґрунтуються на використанні механічних, хімічних, біологічних та фізичних методів, в результаті застосування яких видаляються різні типи механічних домішок, покращується якість води та підвищується епідеміологічна безпечність. Знезараження є завершальним та обов'язковим етапом обробки води, який забезпечує її очищення від патогенної мікрофлори.

До сучасних та найбільш перспективних методів дезактивації мікроорганізмів у воді відноситься кавітаційна обробка, що відрізняється способом збудження кавітації.[11] Аналіз сучасних досліджень знезараження води за допомогою гідродинамічної кавітації в роторноімпульсних апаратах статичного та динамічного типів, а також можливістю її комбінації з іншими фізико-хімічними методами дезактивації мікрофлори підтверджує низьку ефективність цих апаратів, обумовлену наступними недоліками:

- висока, або, навпаки, недостатня енергетика кавітаційних каверн, присутніх у малій кількості в кавітаційній області, у порівнянні зі значною кількістю мікроорганізмів, нерівномірно розподілених в технологічному об'ємі;

- великі розміри кавітаційних каверн створюють екрануючий ефект та перешкоджають рівномірному розповсюдженню ударних хвиль, що виникають при схлопуванні цих каверн;

- мала кількість енергетично потужних кумулятивних струменів, що утворюються при схлопуванні каверн поблизу поверхонь (поверхня кавітаційної камери, сусідньої каверни або мікроорганізму);

- необхідність створення дороговартісної гідросистеми для отримання швидкісного потоку рідини.

Використання ультразвукової (УЗ) кавітації, збуджуваної за рахунок дискретно-імпульсного введення в рідину акустичної енергії, дозволяє

позбутись багато з вищевказаних недоліків та забезпечити високий ступінь знезараження води.

1.1.2. Мембранні технології очищення води

Мембрани та інші мікро-, ультра- і нанопористі матеріали розглядаються як перспективні технологічні засоби для вирішення глобальної проблеми браку чистої води. Відомі різні системи для очищення води, такі як традиційні системи зворотнього осмосу, мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування та інші [12].

Поза сумнівом, полімерні мембрани в даний час не мають аналогів в процесах опріснення і очищення стічних вод завдяки їх хорошій міцності та відмінній стабільності протягом довгого часу. Сьогодні галузевий ринок знесолення води, заснований на використанні полімерних мембран для очищення води вражає своїми розмірами. Недоліки використання полімерних мембран для очищення води такі як: забруднення мембрани, утворення накипу, викликали необхідність в поліпшенні властивостей полімерних мембран шляхом різних стратегій модифікувань. Одним з найбільш сучасних досягнень в цій області є розробка змішаних матричних мембран (МММ) і тонкоплівкових нанокомпозитів (ТФН) [13].

Матеріал, що поєднує в собі унікальні властивості як полімерної матриці, так і неорганічних фільтрів, з'явився перспективним вирішенням багатьох проблем водоочищення. Тоді як розвиток полімерних мембран йде стійкими темпами, неорганічні мембрани з винятковими хімічними і фізичними властивостями також викликають зростаючий інтерес. У широкому сенсі, неорганічні мембрани складаються з керамічних мембран і мембран на основі вуглецю. Оксиди, такі як глинозем (Al_2O_3), кремнезем (SiO_2), титану (IV) оксид (TiO_2) або суміші цих компонентів є одними з найбільш поширених комерційних матеріалів для керамічних мембран [14]. Очищення води з використанням неорганічних мембран є привабливою альтернативою для деяких складних процесів очищення води, коли звичайні

полімерні мембрани або непридатні, або неефективні через ряд причин. Наприклад, такі забруднення як стічні води, що містять радіоактивні речовини та висококонцентровані органічні речовини, олія та мастила [14].

Неорганічні мембрани також є ефективними при очищенні солонуватої води, попередній обробці морської води та знесоленні за високих температур [13].

Керамічні мембрани мають чудові властивості в порівнянні з полімерними мембранами. Вони є більш довговічні за хімічними, фізичними, мікробіологічними, термічними ознаками, що забезпечує їм більш тривалий термін експлуатації.

Головним недоліком мембран є їх крихкість, до якої слід відноситись з обережністю. Ще одним недоліком їх використання може бути висока вартість мембран, але вона виправдовується більш тривалим терміном служби.

Керамічні мембрани можуть бути виготовлені з типових оксидів металів глинозему, кремнезему (SiO_2) та цирконію (IV) оксиду (ZrO_2), титану (IV) оксиду (TiO_2), алюмосилікатного цеоліту. Зазвичай, керамічні мембрани на основі пористих матеріалів характеризуються багатошаровою асиметричною структурою, яка складається з більш товстого опорного шару з відносно великими порами ($\sim 0,5\text{мкм}$) для забезпечення механічної цілісності мембранних систем, проміжного шару для зменшення розмір пор до мезопористих розмірів (2–5 нм) та значно тонший верхній шар з малими та селективними порами.

Золь-гель метод у виготовленні композитних мембран є широкоживаним і передбачає утворення дрібнодисперсних частинок (від 1 нм до 0,1 мм) у рідкому середовищі (золь) з подальшою їх консолідацією і агломерацією при втраті вологи (утворення тримірного гелю), з подальшим нанесенням на опорну поверхню і термообробкою. Саме частинки золю (їх розмір і розподіл) зумовлюють майбутню мікро-, ультра- і нано- структури мембранного шару після прожарювання.

Цей метод дозволяє отримувати однорідні структури нанесених покриттів, як вихідні матеріали для золь-гель синтезу використовують металоорганічні сполуки, алкоксиди (Me(OR)_n , де Me – Zr, Ti, Al, Si тощо, R – алкильна група), солі металів. Іншими словами, на пористість та розмір пор активного мембранного шару безпосередньо впливає розподіл частинок за їх розміром.

Наявність більш дрібних частинок у золі може сприяти формуванню більш тонкої мікропористої структури в мембранному шарі. Регулювання швидкості реакцій гідролізу та конденсації дозволяє контролювати розмір часток у золі. Додавання такої речовини як ацетилацетон, може бути використано для запобігання конденсації або утворення великих частинок в золі.

Також розмір твердих частинок регулюють за допомогою різних співвідношень кислотного каталізатора (нітратної кислоти). Збільшення кількості кислотного каталізатора, що змінює відносні швидкості реакцій гідролізу та конденсації, призводить до утворення менших частинок у золі. Цеолітові мембрани є перспективними і володіють деякими винятковими властивостями, які не можуть бути досягнуті звичайними полімерними мембранами, а саме: термічна і хімічна стійкість, можливість змінювати розмір пор і низька схильність до біообростання [15].

Цеолітові мембрани спочатку застосовували для розділення газу та розділення суміші етанол / вода методом первапорації [16]. Пізніше обчислювальне моделювання, яке передбачало 100% відхилення солі при проходженні через ідеальний монокристал цеоліту, висвітило потенціал цеолітових мембран для знесолення [14.15]. Оскільки цеолітова мембрана може бути більш надійним варіантом знесолення, заснованого на її хімічній стійкості, її потенційно можна використовувати, щоб уникнути вартісної обробки, необхідної звичайним полімерним мембранам. Слід зазначити і недолік цеолітових мембран, що є полікристалічною структурою, яка містить міжкристалічні пори нанорозміру.

Таким чином, під час проходження розчину через пори, взаємодія між цеолітом та іонами в розчині може призвести до потрапляння деяких іонів у цеолітні пори та адсорбції на їх поверхні. Це, в свою чергу, може змінити модель розподілу молекул і зменшити проникність мембрани. Крім того, при сорбції іонів на зовнішній та мікропористих міжкристалічних поверхнях керамічного матеріалу утворюються подвійні шари частинок, що перекриваються і мають тенденцію до накопичення та згодом перешкоджають транспортуванню розчину.

Мембрани з карбонових нанотрубок (КНТ) визнані інноваційною технологією, яка дозволила б вирішити поточні проблеми з дефіцитом та забрудненням води. Як один із членів сімейства фулеренів, КНТ – структурно складаються з циліндричних графітових листів, які згорнуті в безшовну трубку з діаметром порядку нанометра. Властивості нанотрубок значною мірою пов'язані з їх атомним розташуванням (хіральністю), морфологією (утворенням дефектів), а також діаметром і довжиною нанотрубок [17].

Перевагами використання мембран з вуглецевих нанотрубок в процесі очищення води є їх антимікробна активність, надшвидкий водний потік у порівнянні з іншими пористими матеріалами співрозмірними за діаметром пор, хімічна стійкість за низьких температур, а також механічна міцність для практичних процесів розділення, що керуються тиском.

Так, для відділення, наприклад, мікроорганізмів, емульсій, суспензій, бактерій використовують мікрофільтрування, для чого використовують мембрани з діаметром пор від 10 мкм до 0,05 мкм (показник затримання молекул та іонів з відрізком молекулярної маси, так званим – molecular weight cut-off (MWCO) (від 10 кДа до 300 кДа), а перепад тисків може бути рівним 0,2 – 2 бар. Для подолання забруднення більш дрібними поліюантами, такими як білки, віруси залучають ультрафільтрування, діаметр пор мембран у такому разі зменшується від 0,05 мкм до 1 нм (від 1 кДа до 8 кДа), а перепад тиску збільшується до 3 – 5 бар.

Для вилучення молекул глюкози, пестицидів застосовується нанофільтрування, при якому розміри пор мембрани зменшуються до 1 – 2 нм (MWCO менш ніж 1 кДа, що приводить до збільшення необхідного тиску до 5 – 20 бар. Зворотний осмос працює на затримання іонів неорганічних та органічних сполук під тиском, що перевищує осмотичний (20 – 80 бар).

1.2. Об'єкти і методи досліджень

1.2.1. Характеристика процесу знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням

Серед безреагентних фізичних методів знезараження води найбільш вивчені ультрафіолетові промені. Крім того, відомий виражений бактерицидний ефект гамма-випромінювання, ультразвуку, імпульсного електричного розряду (ІЕР).

Знезараження води ультрафіолетовими променями засноване на впливі біологічно активної ультрафіолетової частини спектра на мікроорганізми. Ця 26 частина випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 205 до 315 нм називається бактерицидним випромінюванням [18].

Інтенсивне впровадження УФ–дезінфекції води в середніх та великих об'ємах зв'язано з основними перевагами даної технології:

- енергозатрати в промислових УФ – установках складають в середньому 50-100 Вт·год/м³ стічної води; 15-50 Вт·год/м³ води з поверхневих джерел; 2-10 Вт·год/м³ води з підземних джерел, тобто в 3-4 рази менше загального електроспоживання систем озонування;

- ступінь УФ–дезінфекції нелінійно а експоненціально зростає з збільшенням дози опромінення, тому незначне збільшення потужності при збереженні об'єму подачі води в декілька разів підвищує ступінь дезінфекції. У випадку передозування відсутні негативні ефекти в порівнянні з окислювальними технологіями;

- мінімальний час обробки води (с);

– УФ-обладнання більш компактне в порівнянні з хлоруванням (для нього необхідно комплекс господарських споруд);

– мінімальна кількість основних параметрів для розрахунку установки: витрати води, рівень знезараження, процент передачі опромінення через воду. Розглянемо природу ультрафіолетового випромінювання. Ультрафіолетове випромінювання – це невидиме оком електромагнітне випромінювання, що займає спектральну область між видимим і рентгенівським випромінюванням в межах довжин хвиль 100-400 нм [19].

Максимум бактеріальної дії спостерігається при довжині хвилі, що становить 250-260 нм. Спектр довжини хвилі ультрафіолетового випромінювання зображено на рис. 1.1.

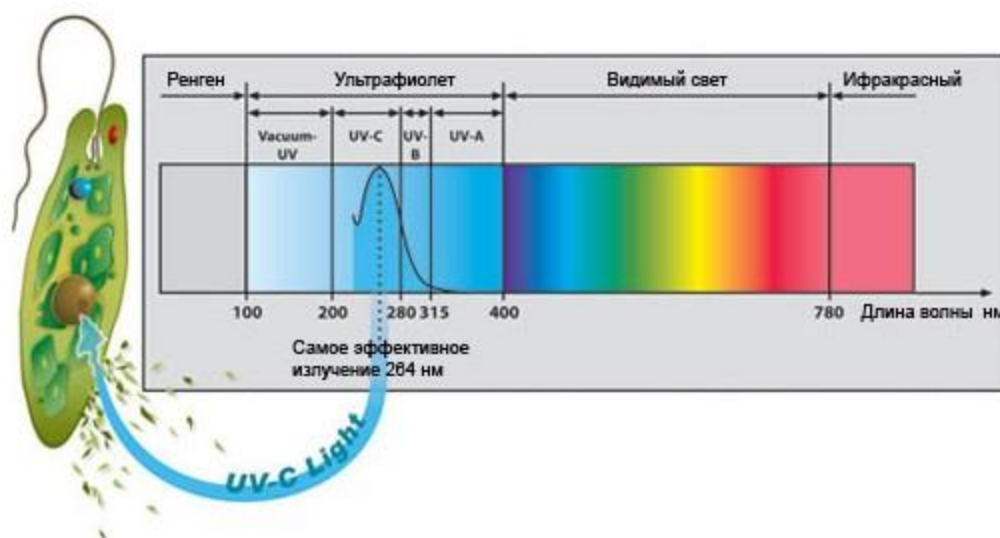
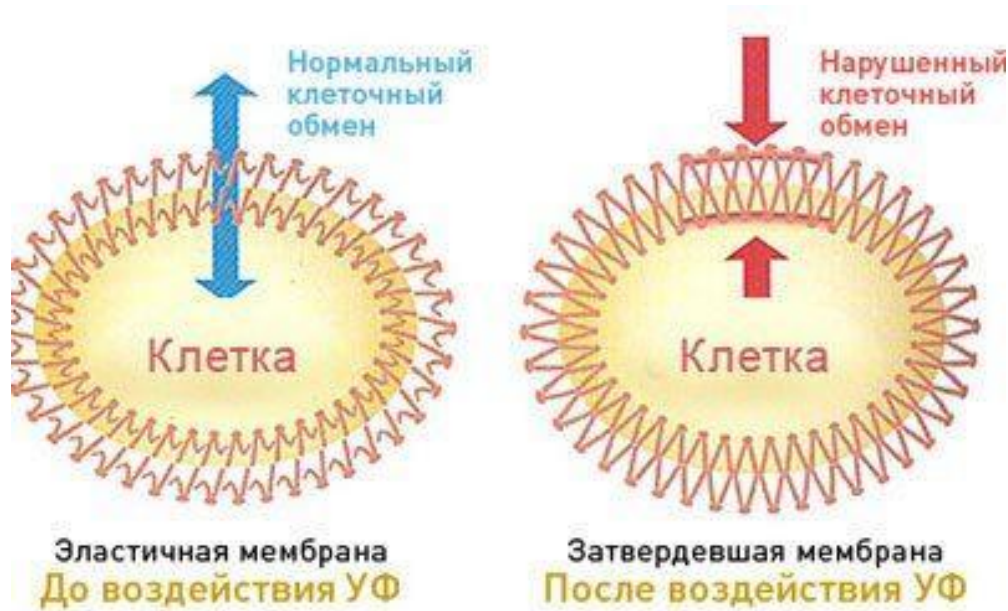


Рисунок 1.1 – Спектр довжини хвилі ультрафіолетового випромінювання

Одним із основних параметрів процесу знезараження є доза, яка представляє собою потужність випромінювання на одиницю площі за певний період часу. В свою чергу, доза опромінення буде залежати від потужності джерела, ступені поглинання опромінення водою, чутливості мікроорганізмів до випромінювання. В розвинених країнах дана технологія використовується з мінімальною дозою 40 мДж/см². Загибель мікроорганізмів під дією УФ–випромінювання відбувається за рахунок незворотних ушкоджень

бактеріальної ДНК. Основними цілями випромінювання є азотисті основи нуклеотидів – пурини і піримідини.

У результаті опромінення поряд із ДНК ушкоджується і РНК, мембрани та білкові структури бактеріальної клітини. В процесі поглинання УФ-променів нуклеїновими кислотами, які є основою клітин, відбуваються їх денатурація і фотоліз. Оскільки нуклеїнові кислоти є найважливішим складником апарату спадковості, то такі процеси будуть призводити до пошкодження молекул ДНК та спричиняти припинення росту та поділу клітин, а у випадку збільшення дози опромінювання – їх загибель. Порушений клітинний обмін зображено на рис. 1.2.



Застосування ультрафіолетових променів для знезараження питної води до недавнього часу був обмежений через низьку гігієнічної надійності і недостатню економічну ефективність розроблених на початку 50-х років установок з бактерицидними лампами середнього тиску.

Ультрафіолетові промені можна використовувати для обробки води з кольоровістю до 50 градусів, мутністю до 30 мг/дм³ і вмістом заліза до 5 мг/дм³. Механізм бактерицидної дії ультрафіолетових променів полягає в незворотних пошкодженнях молекул ДНК і РНК мікроорганізмів, що знаходяться у воді [20].

Фотохімічний вплив передбачає розрив або зміну хімічних зв'язків органічної молекули в результаті поглинання енергії фотона. В основі вторинних процесів лежить утворення вільних радикалів у воді, які посилюють бактерицидний ефект ультрафіолетових променів.

Ефективність знезаражуючої дії ультрафіолетових променів залежить в першу чергу від біологічних особливостей і кількості мікроорганізмів в оброблюваній воді, фізико-хімічних показників води, а також умов, в яких здійснюється знезараження. Водні мікроорганізми мають різну стійкість до дії ультрафіолетових променів.

Експериментальні дослідження показали, що для отримання рівного бактерицидного ефекту при знезараженні води, що містить спорові мікроорганізми, бактерицидної енергії потрібно в 2-3 рази більше, ніж для вегетативних форм. Вегетативні форми мають різну стійкість до дії ультрафіолетових променів [21].

Зокрема, патогенні мікроорганізми - збудники кишкових хвороб (черевного тифу, дизентерії та ін.) Більш чутливі до ультрафіолетових променів, ніж бактерії групи кишкових паличок. Дози опромінення, необхідні для інактивації 99,9% мікроорганізмів в лабораторних умовах, коливаються від 5,2 (шигелла Флекснера) до 11 мДж/см² (вірус гепатиту А).

Відмінності стійкості мікроорганізмів до дії ультрафіолетових променів потрібно враховувати при визначенні кількості бактерицидної енергії для ефективного знезараження.

Часткове знесолення води за допомоги нанофільтраційної установки.

Нанофільтрація є мембранним процесом, за способом роботи ближчий до зворотного осмосу. Нанофільтрація води здійснюється під тиском від 4 до 16 бар. Вода проходить крізь мембранний модуль, що складається з рулонних напівпроникних мембран [22].

Нанофільтрація очищує воду від органічних речовин і може бути застосована в якості пом'якшувача. За рахунок одночасного усунення розчинних двовалентних і чотирьохвалентних іонів. Розміри пор - від 0,001

					РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ	31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до 0,01 мкм. Проте, NF-мембрана є не цілковитою перешкодою для іонів розчинених солей [22].

Нанофільтрація дозволяє видаляти частинки в розміром в нанометри, звідси і термін «нанофільтрація». Молекули органічних речовин з молекулярною масою 200-400 затримуються. Крім того, затримуються розчинені солі на 20-98%. Солі, що містять одновалентні іони (наприклад, хлорид натрію або кальцію), затримуються на 20-80%, в той час як солі з двовалентними аніонами (наприклад, сульфат магнію), затримуються в більшій мірі (90-98%). НФ використовується для видалення кольоровості і загального органічного вуглецю з поверхневих вод, видалення жорсткості або радію з артезіанської води, загального зниження вмісту розчинених речовин.

Ступінь пропускання іонів може бути низьким або високим в залежності від типу іона і типу мембран. NF-мембрана з низькою проникністю має майже такий же робочий тиск, що і зворотний осмос (RO-мембрана). NF-мембрана з високою проникністю працює при більш низькому тиску. За допомогою насоса високого тиску вихідна вода, безперестану подається в систему мембран підвищеного тиску.

При знесоленні води за допомогою зворотньоосмотичної установки видаляється майже 99% всіх мінеральних складових, а застосовуючи нанофільтраційну установку, у нас є перспектива зберегти до 94% корисних речовин та мінералів, що можуть бути корисні для споживача [23].

Всередині мембранної системи вхідна вода поділяється на потоки з низьким солевмістом - очищений продукт, названий пермеатом, і висококонцентрований потік, названий концентратом. Клапан контролю потоку, названий клапаном концентрату, регулює вихід пермеата. Нанофільтраційна установка якісно очищує водне середовище від бактерій, органічних сполук, вірусів (у тому числі і пестицидів), колоїдних частинок, важких металів, молекул солей, а також нітратів, нітритів та інших розчинених речовин, які характеризуються молекулярною масою від кількох

					РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ	32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сотень до кількох тисяч. Якість очищення води стає головною перевагою нанофільтрації у порівнянні з ультрафільтрацією та мікрофільтрацією, що затримують частинки розміром від 0,001-0,02 мкм і 0,1-1 мкм, відповідно. Ця прерогатива зумовлена будовою нанофільтраційної мембрани, яка має більш проникний і менш щільний селективний шар, ніж у мембрани, яка застосовується в установках ультрафільтрації [24].

Третьою прерогативою нанофільтрації є те, що цей метод водопідготовки дозволяє добути воду точної жорсткості. Абсолютно знесолює воду, і лишає в воді мікро і макро елементи. Вагомою перевагою нанофільтрації є економічна ефективність. Це зумовлено тим, що в зіставленні зі зворотним осмосом хід нанофільтрації протікає при меншому тиску (до 7 бар) і, як наслідок споживає менше енергії.

Зворотний осмос забезпечує найтонший рівень фільтрування. Зворотноосмотична мембрана діє, як бар'єр для всіх розчинних солей, органічних молекул з молекулярною масою понад 100 Да, неорганічних молекул, а також для мікроорганізмів і органічних речовин. У середньому вміст органічних речовин після стадії зворотного осмосу знижується до 5%, вміст розчинених речовин 1 – 9%, колоїдні частинки, мікроорганізми, пірогени відсутні. Вода, що очищується зворотним осмосом, містить мінімальну кількість загального органічного вуглецю [25].

Серед переваг зворотного осмосу слід зазначити простоту, низькі енергетичні витрати і невисокі витрати на сервіс і технічний догляд. Система досить легко піддається промиванню, завдяки використанню зворотного промивання і мембранної релаксації. Для хімічного промивання використовують гіпохлорит натрію або лужні реагенти (для позбавлення від органічного забруднення) та цитратна кислота для (для видалення неорганічних речовин) [24]. Але, все ж таки, після тривалої обробки санітарної обробки і обов'язкового відмивання полімерні мембрани втрачають свої характеристики і потребують заміни.

У цього методу є ряд недоліків. Зворотний осмос має низьку здатність до видалення розчинених органічних речовин з дуже малою молекулярною масою. Через високий вміст вуглекислого газу у воді зворотний осмос не дозволяє значно знизити питому електропровідність, на відмінно від іонного обміну, наприклад діоксид вуглецю зазвичай вільно оминає зворотноосмотичні мембрани і потрапляє в перміат в тих же кількостях, що й у вихідній воді. Щоб уникнути цього, рекомендується використовувати аніонообмінні смоли перед зворотноосмотичним модулем [23].

Зворотноосмотичні мембрани нестійкі до впливу високих температур. Саме тому необхідно охолодити воду, якщо вона надходить на установку нагрітою. Зворотноосмотичні мембрани можуть накопичувати бруд. Тому їх слід експлуатувати в перехресному потоці, тобто уздовж поверхні мембрани завжди повинен йти потік, який відносить відокремлений матеріал, в зв'язку з чим, поряд з фільтратом (перміатом), утворюється концентрат. Як правило, в такій системі передбачається цикл зворотного фільтрування, при якому потік фільтрату рухається назад наскрізь через мембрани, щоб відокремити матеріал, що відклався і який виводиться разом з концентратом [20].

Погіршити роботу системи зворотного осмосу також здатні домішки сполук заліза. При високому вмісті заліза в питній воді, необхідно проводити осадження заліза з подальшим фільтруванням [26].

Хімічне очищення мембран є достатньо легкою процедурою, вона полягає в забезпеченні рециркуляції розчину кислоти, лужного розчину з миючим засобом, дезинфікуючого розчину (що містить в залежності від мембрани активний хлор, формалін або бісульфіт натрію) [26].

Одним з недоліків зворотного осмосу є досить високі вимоги до води, яка подається на установку, чим викликає необхідність використання ретельної попередньої обробки.

1.2.2. Методика визначення вмісту іонів кальцію в вихідній воді

Метод визначення вмісту іонів кальцію ґрунтується на утворенні комплексонату кальцію при взаємодії іонів кальцію з трилоном Б у присутності мурексиду як індикатора. Визначення проводять у сильно лужному середовищі ($\text{pH} = 12\text{--}13$). Це потрібно з двох причин. По – перше, для того, щоб іони Mg^{2+} випали в осад $\text{Mg}(\text{OH})_2$, а по-друге, саме за такого pH можна використовувати індикатор мурексид, який з іонами кальцію утворює комплексні сполуки, забарвлені в рожевий колір, тоді як його індивідуальне забарвлення – бузкове.

У конічну колбу місткістю 250 мл, виходячи з очікуваної кальцієвої твердості води, відміряють певний об'єм досліджуваної води (див. табл. 1.2.2), розбавляють його (при необхідності) до 100 мл дистильованою водою.

Таблиця 1.2.2 – Рекомендований об'єм досліджуваної води і концентрація трилону Б залежно від концентрації іонів кальцію у воді

Концентрація іонів кальцію, ммоль/л	Об'єм проби води, мл	Концентрація трилону Б ($f_{\text{екв}} = 1/2$), моль/л
0,5 – 2,5	100	0,05
2,5 – 5,0	50	0,05
5,0 – 10,0	25	0,05

1. До проби води циліндром додають 2 мл 10%-вого розчину NaOH (для створення $\text{pH} 12\text{--}13$). pH отриманого розчину обов'язково контролюють індикаторним папером!

Додають 10–15 мг суміші мурексиду з NaCl (на кінці шпателя). Після розчинення індикатора розчин забарвлюється в рожевий колір, внаслідок утворення комплексних сполук іонів кальцію з мурексидом.

Пробу води титрують 0,05 н. розчином трилону Б ($f_{\text{екв}} = 1/2$) при енергійному взбавуванні до появи бузкового забарвлення. Титрування

проводять у присутності “свідка” – перетитрованої проби. Твердість кальцієву $T(1/2Ca)^{2+}$ розраховують за формулою.

$$T(1/2Ca^{2+}) = \frac{c(1/2Na_2H_2Y \cdot 2H_2O) \cdot V(1/2Na_2H_2Y \cdot 2H_2O) \cdot 1000}{V(H_2O)}, \text{ ммоль/л}$$

Вміст іонів кальція (мг/л) розраховують як

$$Y(Ca^{2+}) = T(1/2Ca^{2+}) \cdot M(1/2Ca^{2+}) = T(1/2Ca^{2+}) \cdot 20.04$$

де $M(1/2Ca^{2+})$ – молярна маса еквіваленту ($f_{\text{екв}} = 1/2$), що дорівнює 20,04, г/моль.

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 вміст іонів кальцію (для фізіологічної повноцінності питної води) повинен бути в межах 25–75 мг/л.

Визначенню кальцію заважають іони заліза, мангану, міді, цинку, свинцю, які також здатні утворювати забарвлені комплексні сполуки з мурексидом. Але для природних незабруднених вод цей вплив незначний і ним можна знехтувати. Чутливість методу 0,4 – 0,6 мг/л, похибка визначення – 1%. [28]

1.2.3.Методика визначення вмісту іонів магнію в вихідній воді

Знаючи загальну і кальцієву твердості води, магнієву твердість можна розраховувати як їх різницю

$$T(1/2Mg^{2+}) = T_{\text{заг}} - T(1/2Ca^{2+})$$

або у мг/л,

$$Y(Mg^{2+}) = T(1/2Mg^{2+}) \cdot M(1/2Mg^{2+})$$

де $M(1/2Mg^{2+})$ – молярна маса еквівалента іонів магнію ($f_{\text{екв}} = 1/2$), що дорівнює 12,15, г/моль.

Слід зазначити, що вищенаведені розрахунки припустимі лише для природних незабруднених вод. Для стічних вод необхідно проводити пряме визначення магнію.

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 вміст іонів магнію (для фізіологічної повноцінності питної води) повинен бути в межах 10 – 50 мг/л.[28]

1.3. Експериментальні дослідження технології очищення води на ТОВ "ДАНОН"

Проблема підготовки води в харчових виробництвах на сьогодні залишається невирішеною, що, зокрема, пояснюється необхідністю використання процесів зворотного осмосу, які відбуваються при надвисоких тисках, та дороговизною мембранних модулів.

Тому перспективним є дослідження проведення мембранних процесів при низьких тисках. Для природних вод Кременчуга характерним є їх висока природна твердість, яка зумовлюється підвищеним вмістом у них солей кальцію і магнію.

Відповідно до Державних санітарних норм і правил (СанПіН) "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання", затверджених Міністерством охорони здоров'я України у 1997р., а також ГОСТ 2874-82, вода, яка використовується для пиття і для виробництва продуктів харчування, повинна мати твердість загальну не більше 7 мг-екв/дм³, а в районах з підвищеною природною твердістю води за погодженням з санепідемстанцією допускається до 10 мг-екв/дм³ [29].

З метою дослідження можливості використання методу зворотного осмосу для проведення процесу пом'якшення природних вод Кременчуга було проведено ряд експериментів. При цьому першим етапом досліджень було визначення основних характеристик зворотно-осмотичної мембрани за іонами кальцію і магнію, які визначають швидкість і продуктивність проведення процесу пом'якшення води, впливають на його конструктивне оформлення.

Основними характеристиками мембран, які визначають хід проведення мембранних процесів, є їх селективність і проникність (або питома продуктивність). Для дослідження використовувався 1 фільтрувальний елемент з зворотноосмотичною мембраною моделі MM-NFF45/75 виробництва Manufactured for Torpmay Global Inc.

Для фільтрів Corp. Minneapolls MN55439. Мембрани моделі MM – TFF 45/75. Made in U.S.A Manufactured for Torway Global ins використовуються для побутової доочистки води. Особливістю даних мембран є те, що вони дозволяють здійснювати зворотноосмотичне очищення води при порівняно невисоких тисках 0,2-0,4 Мпа [30].

За кордоном відомо багато фірм, зокрема американських, які виготовляють установки для демінералізації води. В Україні відшукати таку установку з промисловою потужністю проблематично. В продажі є побутові пристрої, які забезпечують доочищення води відповідно до вимог ДСанПіН. Тому в якості експериментального пристрою для дослідження процесу зворотноосмотичного доочищення (пом'якшення) води було вибрано апарат мембранний для ультрамікрофільтрації в тангенціальному потоці, призначений для проведення процесів мембранного розділення і очистки розчинів.

Даний апарат використовується для [31]: – концентрування і знесолювання розчинів білків, ферментів, полісахаридів і інших водорозчинних природних і синтетичних полімерів; – концентрування жирових емульсій; – очистки води від нафтопродуктів та інших емульсованих сумішей; – тонкої очистки від механічних домішок; – очистки стічних вод; – мембранної стерилізації води і розчинів; – фракціонування полімерів по молекулярній масі; – концентрування мікроорганізмів і вірусів; – відділення біомаси від культурної речовини.

Апарат працює при номінальному робочому тиску 0,4 МПа (максимальний робочий тиск 0,6МПа), має змінну робочу мембранну поверхню 0,024 – 0,12 м², яка визначається кількістю встановлених в апарат опорних пластин (максимальна кількість пластин 10 шт.). Номінальна потужність апарата 120-500 Вт. Продуктивність і селективність мембранного процесу повністю визначається фізико-хімічною природою розділюючої системи з полімерною матрицею мембрани.

Таким чином, селективне розділення можливе лише при правильному виборі мембрани. У мембранній установці для ультра – і мікрофільтрації замінено ультрафільтраційну мембрану на зворотноосмотичну мембрану моделі MM – TFF 45/75. Дана установка створює тиск, передбачений технічними характеристиками мембрани.

Схема експериментальної установки показана на рисунку 2. До складу апарата входять наступні основні складові частини [32] (рисунок 1): фільтраційний плоскокамерний модуль 1, насосний агрегат 2, пристрій регулювання подачі розчину 5, регулюючий затискач 4, сполучні комутації, електродвигун 6, манометри 3.

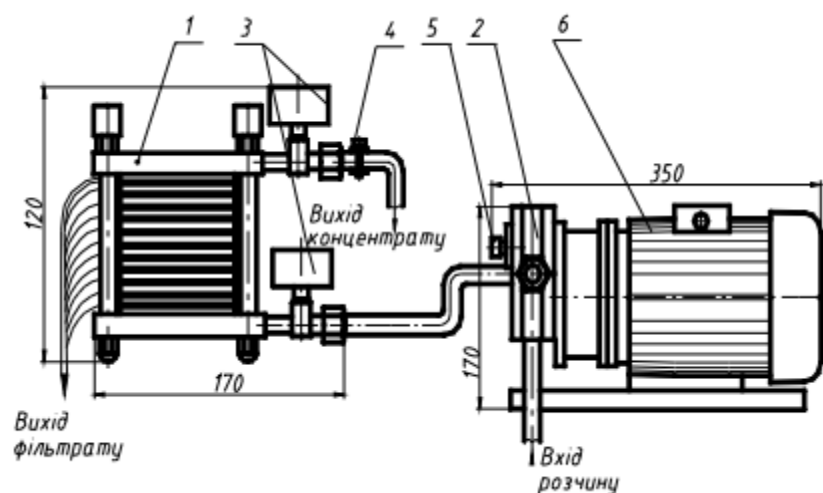


Рисунок 2. – Апарат мембранний моделі АМЛП – 0.12: 1 - мембранний модуль, 2 – насос, 3 – манометр, 4 – затискач, 5 – регулятор продуктивності насосу, 6 – електродвигун [21].

1.3.1. Опис експериментальної установки зворотнього осмосу

Модуль фільтраційний представляє собою апарат типу “фільтр-прес” з вертикальним компонуванням. Між плитами збирається пакет опорних пластин, кількість яких може складати від 2 до 10 штук. На кожену пластину одягнена мембрана, (в комплект поставки не входить). Між пластинами знаходяться гумові прокладки, які герметизують пакет, а також формують зазори між пластинами і стягуються за допомогою шпильок і гайок. Для підведення і відведення концентрату передбачені штуцери, забезпечені манометрами.

Відведення фільтрату здійснюється через штуцери, розташовані на ношах опорних пластин. Для центрування опорних пластин на нижній плиті блоку передбачені дві направляючі шпильки. Насосний агрегат складається з насосної головки шестерного типу і електродвигуна. Деталі насоса, що контактують з перекачуваною рідиною, виконані з нержавіючої сталі та інших корозійно стійких матеріалів. На корпусі насоса розташовані вхідний, вихідний патрубки і пристрій для регулювання подачі перекачуваної рідини. Насосна головка і електропривід зв'язані за допомогою муфти, яка запобігає пошкодженню шестерень, при виникненні перекосів підшипникових опор. Ущільнення насоса здійснюється за допомогою гумового сальника.

Для регулювання робочого тиску на вихідний шланг модуля встановлюється регулюючий затискач. Мембрану розміром 72x245 мм вставляють у перетічний отвір опорної пластини робочим шаром назовні. Для ущільнення мембрани на перегині в перетічний отвір вставляють вкладиші ущільнювачів. При установці ущільнюючих вкладишів необхідно оберегти від пошкоджень робочий шар мембрани. Опорну пластину одягають на направляючі нижньої шпильки плити модуля поверх заздалегідь встановленої прокладки [22].

Вхідні отвори в нижній плиті і перетічний отвір пластин не повинні співпадати, щоб уникнути утворення "мертвої" зони під пластиною. Перетічний отвір кожної подальшої пластини не повинен співпадати з попередньою. Встановлюють парне число опорних пластин. Після цього накладають верхню плиту і затягують ущільнюючі гайки. Щоб уникнути перекосів, гайки слід затягувати по "хресту" поки не буде досягнутий достатній ступінь ущільнення. Потім на вихідні штуцери пластин надягають трубки.

При збиранні пакету пластини укладаються так, щоб перетічні отвори не співпадали. Таким чином, усередині пакету утворюється тонкий надмембранний канал, в якому безперервно циркулює фільтрована рідина.

Об'ємна подача рідини забезпечується насосом.

Завдяки тангенціальному руху фільтрованого продукту над мембраною вдається запобігти засміченню останньої осіданням на ній шару, що перешкоджає проходженню рідини. При багатократній циркуляції фільтрованої рідини фільтрат низькомолекулярних сполук безперервно відділяється через мембрану і відводиться через штуцери на торцях опорних пластин. У фільтруючому продукті, таким чином, збільшується вміст утворених у ньому високомолекулярних домішок (утворюється концентрат).

Установку збирають згідно зі схемою представленою на рисунку 2. Вхідний штуцер нижньої центральної плити модуля сполучають з нагнітальним штуцером насоса. Вихідний штуцер на верхній (бічній) плиті і всмоктувальний штуцер насоса сполучають з витратною місткістю. Для покращення ущільнення патрубків при роботі з тиском, більшим за номінальний, рекомендується установка хомутів.

Необхідно прослідкувати, щоб напрям обертання електроприводу насоса співпадав із стрілкою на корпусі. Після цього установка готова до роботи. При запуску апарату регулюючий затискач повинен бути повністю відкритим [23].

Переконавшись у цьому, в місткість заливаємо воду і вмикають насос. Після повного витіснення повітря з мембранного блоку і комунікацій починають поволі закривати регулюючий затискач, одночасно спостерігаючи за показами манометра на виході апарата, поки тиск не досягне 0,2 - 0,4 МПа.

Ввімкнення і вимкнення насоса при закритому регулюючому затискачі або дуже швидке закриття – відкриття затискача можуть привести до різкого підвищення тиску в системі і призвести до "гідравлічного удару", внаслідок чого можливий розрив мембрани. Переконавшись у відсутності течії, воду в місткості замінюють на оброблювану рідину.

Відрегулювавши тиск за допомогою регулюючого затискача визначають значення об'ємного потоку над мембраною, вимірюючи об'єм рідини, яка витікає з модуля за хвилину. Значення об'ємного потоку 1,5 - 2,0 л/хв забезпечує лінійну швидкість тангенціального потоку над мембраною, що дозволяє практично уникнути явища впливу концентраційної поляризації на протікання процесу. Якщо оброблюваний розчин не містить високомолекулярних сполук і колоїдних частинок у високій концентрації, то швидкість тангенціального потоку над мембраною практично не впливає на продуктивність процесу [33].

В окремих випадках необхідно підтримувати високе значення лінійної швидкості потоку, щоб уникнути забруднення мембрани. Зміна швидкості потоку проводиться поворотом гвинта пристрою регулювання подачі перекачуваної рідини, розміщеного на передній кришці насоса. Якщо в'язкість рідини, що переробляється, висока, потрібно знизити робочий тиск до 0,2 МПа (не менше) шляхом відкриття регулюючого затискача, не дозволити уникнути падіння тангенціального потоку над мембраною, що може привести до утворення гельполяризованого шару на поверхні мембрани і різкому зниженню її продуктивності.

Вимкнення апарата проводять у порядку, зворотньому ввімкненню. Спочатку поволі відкривають регулюючий затискач, і, переконавшись в тому, що тиск в обладнанні знизився до мінімуму, вмикають насос. Залишки

					РОЗДІЛ 1. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ	42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрату з модуля і комунікацій зливають, від'єднавши живильний шланг від вхідного штуцера модуля.

При роботі установки необхідно контролювати такі параметри:

- робочий тиск в циркуляційному контурі;
- температуру продукту;
- наявність течі;
- продуктивність за фільтратом.

1.3.2. Встановлення емпіричних залежностей рівняння на установці зворотнього осмосу

Під час експерименту проводили визначення твердості та вмісту іонів магнію і кальцію у вихідній рідині та у концентраті та пермеаті за стандартними методиками [18]. Також помічали час розділення і кількість утворених за цей час пермеату і концентрату. Отриманий в результаті розділення концентрат повертали на початок процесу розділення. Таким чином, були отримані залежності зміни загальної твердості та концентрацій іонів кальцію та магнію у концентраті та пермеаті, а також проникності мембрани від зміни концентрації вхідної рідини. Основними характеристиками мембрани при проведенні процесу, як було зазначено вище, є її селективність і проникність. Селективність ϕ , % процесу розділення визначали за такою залежністю [16]:

$$\phi = \frac{x_1 - x_2}{x_1} \cdot 100. \quad (1)$$

ϕ - селективність мембрани; x_1 – концентрація розчиненої речовини у вхідному розчині; x_2 – концентрація розчиненої речовини у пермеаті;

Проникність (або питома продуктивність) G виражається кількістю пермеату V , що отримується за одиницю часу з одиниці робочої поверхні мембрани F [1]:

$$G = \frac{V}{F \cdot \tau}. \quad (2)$$

G – проникність мембрани; V - кількість пермеату; F - робоча поверхня мембрани; τ - тривалість проведення процесу;

Отримані результати проведених експериментів оброблялися за допомогою програмного пакету Excel. Дані для селективності мембрани за іонами кальцію представлені на рисунку 2.1.

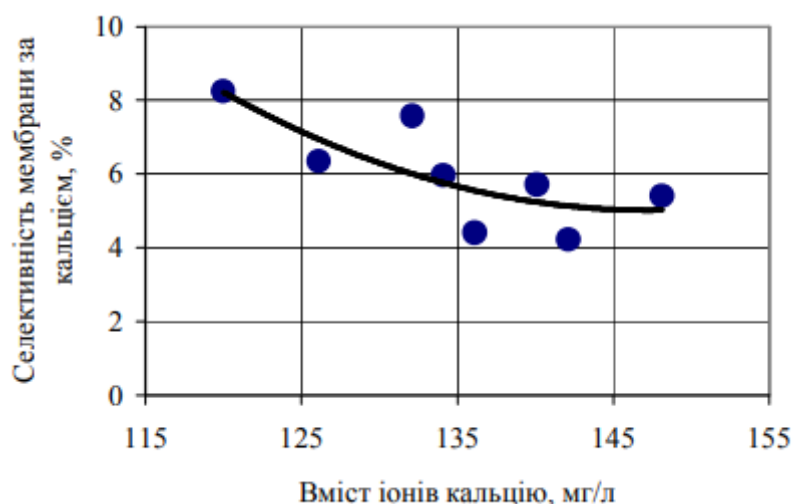


Рисунок 2.1 - Залежність селективності мембрани за кальцієм від його вмісту у вхідній рідині.

Середнє значення селективності мембрани за іонами кальцію

$$\phi_{Ca} = 5,99 \% . \quad (3)$$

Значення для селективності мембрани за іонами магнію представлені на рисунку 2.2.

Середнє значення селективності мембрани за іонами магнію:

$$\phi_{Mg} = 24,97 \% . \quad (4)$$

З метою загальної оцінки селективності мембрани було визначено сумарний вміст у воді іонів кальцію та магнію і введено поняття усередненої селективності за іонами, що зумовлюють твердість води. Експериментальні значення для усередненої селективності мембрани за іонами, що зумовлюють твердість води, представлені на рисунку 2.3.

Середнє значення селективності мембрани за іонами, що зумовлюють твердість води:

$$\phi = 8,75 \%$$

(5)

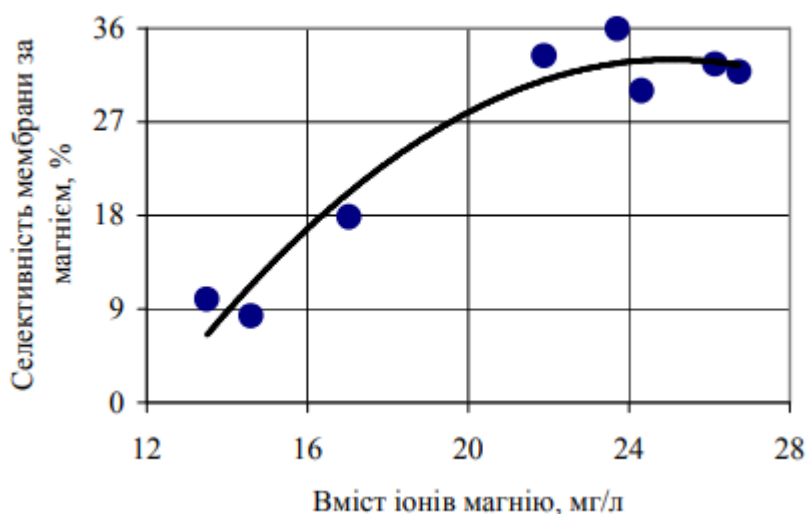


Рисунок 2.2 – Залежність селективності мембрани за магнієм від його вмісту у вхідній рідині.

Як видно із рисунка 2.4 , значення усередненої селективності мембрани за іонами, що зумовлюють твердість води в залежності від зміни початкової твердості води змінюються незначно і для подальшого аналізу приймаємо селективність постійною.

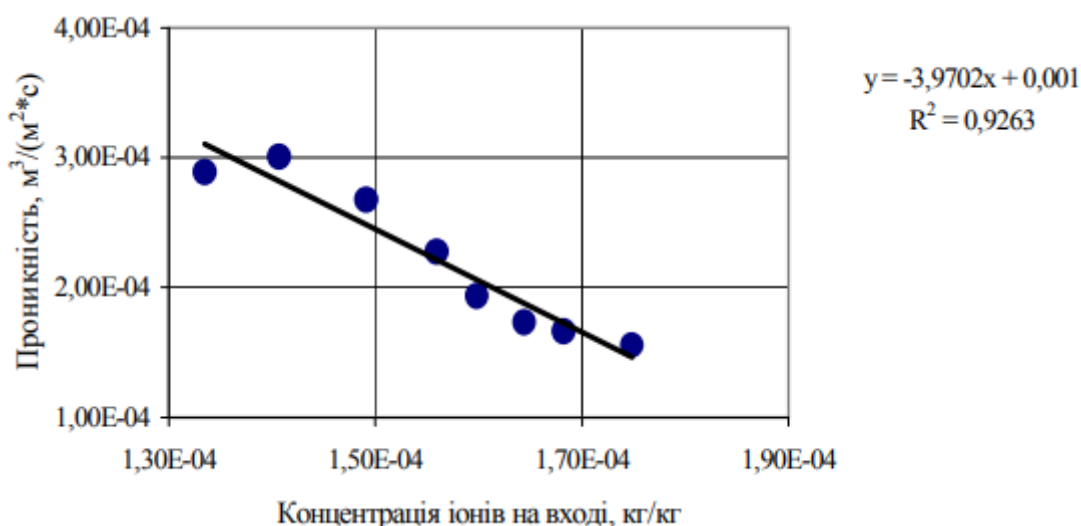


Рисунок 2.3 – Залежність селективності мембрани за іонами, що зумовлюють твердість води від їх вмісту у вхідній рідині.

Також було отримано залежність проникності мембрани від початкової концентрації іонів, що зумовлюють твердість води (рисунки 2.4). З рисунка

2.4 видно, що залежність проникності від початкової концентрації розчину, що подається на розділення, є лінійною.

Якщо, наприклад, з імовірністю відкидають гіпотезу про те, що два середніх значення x_1 і x_2 належать до однієї і тієї ж генеральної сукупності, то з цього можна зробити висновок про розходження цих значень. Імовірність того, що обоє середніх значення належать однієї і тієї ж генеральної сукупності, буде $\alpha = 1 - R$.

Як правило, задають імовірність похибки першого роду α , яку називають рівнем значимості, похибка другого роду визначається імовірністю $1 - \beta$, де β – імовірність того, що похибка не буде допущена, це – міцність критерію. Рівень значимості α приймають рівним 0,05; 0,1; 0,01 або 0,005. Вибір довірчої імовірності R визначається конкретними задачами дослідження. При цьому слід урахувувати, що зі зменшенням α зростає імовірність похибки другого роду.

При прийнятті або відкиданні гіпотези використовують три правила:

- – гіпотеза, що перевіряється, відкидається, якщо похибка першого роду може проявитися у менше ніж $100\alpha = 1\%$ усіх випадків, тобто $R \geq 0,99$. Тоді розглянута різниця є значимою;

- – гіпотеза, що перевіряється, приймається, якщо похибка першого роду може проявитися у більше ніж $100\alpha = 5\%$ усіх випадків, тобто $R \leq 0,95$. Тоді розглянута різниця є незначимою;

- – гіпотезу, що відкидається, слід додатково обговорити, якщо число можливих похибок першого роду лежить в інтервалі між 5 і 1 % ($0,95 < R < 0,99$). Необхідно провести додаткові дослідження.

В результаті обробки даних за допомогою програмного пакету Microsoft Excel було визначено рівняння даної залежності з величиною достовірності апроксимації:

$$R^2 = 0.9263$$

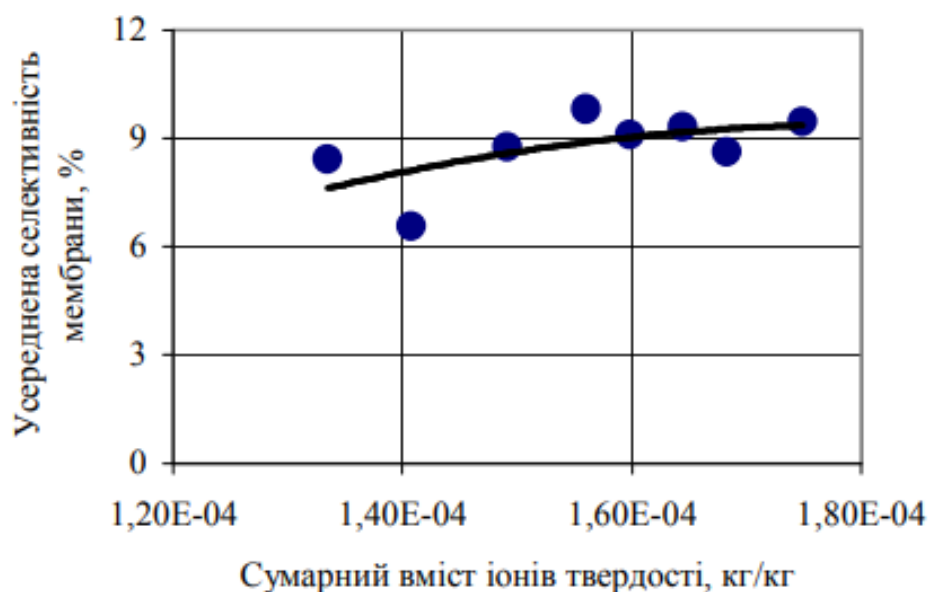


Рисунок 2.4. – Залежність проникності мембрани від початкової концентрації іонів, що зумовлюють твердість води.

Таким чином, залежність проникності мембрани моделі MM-NFF 45/75 виробництва Manufactured for Torpay Global Inc. від початкової концентрації іонів кальцію і магнію, що зумовлюють твердість води, описується рівнянням:

$$G = G_0 - c \cdot x_1 = 0.001 - 3.9702 \cdot x_1. \quad (6)$$

x_1 – концентрація розчиненої речовини у вхідному розчині G_0 – константа проникності; C – емпіричний коефіцієнт.

Висновки за розділом 1.

Отже, в результаті проведених досліджень було встановлено можливість використання методу зворотного осмосу для пом'якшення природних вод. Даний метод можна реалізовувати при порівняно невисоких тисках близько 0,4 МПа з використанням мембрани моделі MM-NFF 45/75 виробництва Manufactured for Torpay Global Inc. Визначені в результаті експериментальних досліджень основні характеристики мембрани моделі MM-NFF 45/75 виробництва Manufactured for Torpay Global Inc. дозволять провести подальше дослідження процесу зворотноосмотичного пом'якшення води, встановити оптимальні параметри проведення процесу.

Залежність селективності зворотноосмотичних мембран від концентрації поділюваних розчинів носить більш складний характер. У разі мембранного розділення розчинів з невисокою концентрацією селективність зворотноосмотичної мембрани практично не змінюється із зміною концентрації, а в зоні висококонцентрованих розчинів падіння селективності зворотноосмотичних мембран у міру наростання концентрації оброблюваного розчину виявляється лінійним.

Під час дослідження методів ультрафіолетового знезараження води, дійшли до висновків, що запропоновані бактерицидні лампи забезпечують високу ступінь надійності та простоту експлуатації УФ-комплексів бактерицидного знезараження питної води. Серед переваг також виділяють:

- мінімальна тривалість обробки (декілька секунд).
- мінімум основних параметрів, що визначають розрахунки установок:
- максимальна витрата оброблювальної води;
- відсоток передачі випромінювання через воду;
- заданий рівень знезаражування.

Згідно з технічною документацією виробника, ступінь УФ-дезінфекції росте не лінійно, а експоненціально зі збільшенням дози УФ-випромінювання, тому незначне збільшення УФ-потужності при заданій витраті оброблюваної рідини в декілька разів підвищує ступінь дезінфекції. У випадках передозування відсутні негативні ефекти на відміну від окислювальних технологій.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Техніко-економічне обґрунтування переоснащення виробництва ТОВ “ДАНОН” з урахуванням впровадження удосконаленого способу.

Під технічним переоснащенням мають на увазі групу методів від підвищення технічно-організаційного рівня виробництва, його модернізації та автоматизації, до механізації та заміни віджилого і фізично зношеного обладнання новим, більш продуктивним. Необхідність розвитку виробництва з технічного боку є результат дії групи факторів, важливими з яких є: підвищення складності виробу та номенклатури; необхідність підняття доброякісності продукції та її здатності конкурувати; зміна старого устаткування та впровадження сучасних технологій; у підвищенні рівня кваліфікації у працівників; можливість економії всіх типів ресурсів; здатність забезпечити реалізацію закону про охорону навколишнього середовища; переорганізації виробництва, і передусім того, що є наслідком процесу спеціалізації і концентрації [34].

Ключовою метою варіанту мого переоснащення є модернізація лінії водопідготовки із використанням найсучасніших технологій та обладнання. А саме, установка ультрафіолетового випромінювання (UV-601). З фізичних способів знезараження питної води найбільшого поширення набуло знезараження ультрафіолетовими променями, бактерицидні властивості котрих зумовлені їх дією на клітинний обмін та в особливості на ферментні системи бактеріальної клітини. Ультрафіолетове проміння знищує не тільки вегетативні, а і спорові форми життя бактерії, а головне не змінюють органолептичні властивості води. Важливо відзначити, що, оскільки при УФ-опроміненні не утворюються токсичні продукти, то не існує верхньої межі дози. Збільшенням дози УФ-випромінювання майже завжди можна домогтися бажаного рівня знезараження [29].

Розрахуємо вартість альтернативної системи знезараження води УФ-випромінюванням з урахуванням роботи один календарний рік [25]:

					РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_2 = C_1 + C_{1\text{ам}} + C_{1\text{елк}} + C_{1\text{м}} + E_p \cdot K_1, \quad (3.1)$$

де C_1 – вартість установки, грн;

$C_{1\text{ам}}$ – амортизаційні відрахування, грн;

$C_{1\text{елк}}$ – затрати на електроенергію, грн;

$C_{1\text{м}}$ – монтажні роботи, грн;

K_1 – одноразові витрати, грн;

E_p – коефіцієнт економічної ефективності (0,12).

Вартість установки за даними виробника – 276 000 грн.

Амортизація відповідно до прямолінійного методу:

$$C_{1\text{м}} = \frac{276000 - 27600}{15} = 16\,560 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right) \quad (3.2)$$

Затрати на електроенергію відповідно до технічних характеристик:

$$C_{1\text{елк}} = 7,9 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 1,67 = 115\,570 \text{ (грн)} \quad (3.3)$$

Монтажні роботи та транспортування оцінюємо в 10% від вартості установки:

$$C_{1\text{м}} = 276000 \cdot 0,1 = 27\,600 \text{ грн} \quad (3.4)$$

Одноразові витрати (K_1) – закупівля 36-и ламп; ціна разом з доставкою в середньому 800 грн/шт []:

$$K_1 = 36 \cdot 800 = 28\,800 \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Витрати на УФ-знезараження за формулою (4.2):

$$B_2 = 276000 + 16560 + 115570 + 27600 + 28800 \cdot 0,12 = 439\,186 \text{ (грн)} \quad (3.6)$$

Розрахуємо питому вартість знезараження 1 м³ води:

$$В_{пт} = \frac{439186}{2841900 \cdot 0,9} = 0,16 \text{ (грн/м}^3 \text{)} \quad (3.7)$$

Подальшим кроком є обмін установки зворотнього осмосу на установку нанофільтрації. Дослідження обґрунтували, що процес нанофільтрації за механізмом дії є зворотноосмотичним. Однак, показники вихідної води зміняться на краще, що є нашою основною ціллю, оскільки після зворотнього осмосу вода позбавлена майже від всіх корисних складових води, а нанофільтрація лишає таку кількість макро- та мікроелементів, солей та мінералів, що напрочуд засвоюється споживачем. До ключових переваг нанофільтрації можна прирахувати більшу продуктивність та нижчі енерговитрати.

Надійність споруд очистки за рахунок застосування мембран допускає здійснити глибоке очищення води від забруднюючих речовин до показників, які відповідають усім вимогам ДСанПіН. Нанофільтраційні мембранні технології на нинішній день радять найбільш доцільні і вигідні засоби забезпечення начелення питною водою, якість якої освітлює всі вимоги ДСанПіН «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [17].

Дефектом може видатися низька ефективність під час очищення вод, які мають збільшений вміст солей, проте вбачаючи на якість сировини, яку ми очищаємо, для нас це не є вадою.

Нанофільтрація поєднує в собі риси як ультрафільтрації, так і зворотнього осмосу. В технології нанофільтрації використовують електронейтральні та заряджені полімерні мембрани, а ще керамічні мембрани, що близькі за величинами пор до ультрафільтраційних, внаслідок цього і здійснюється поділ середовищ.

В залежності від різновидності добутих забруднюючих речовин переважають ті чи інші результати.

Застосування технології нанофільтрації допускає досягти 90-98% селективності, що нижче типових зворотньо осмотичних 97-99,5%, при цьому ж у ряді інцидентів настільки висока селективність мембран не є потрібною і вигідніше використовувати порівняно менш енергоємний процес нанофільтрації, для якого робочий тиск буде нижче в 1,5-2 рази. Нанофільтрація вбезпечує більш грубу фільтрацію, ніж зворотний осмос, з перспективою видалення частинок розміром від 0,002 до 0,005 мкм в діаметрі [30].

Нанофільтрація - це порівняно сучасна технологія, розроблена переважним чином для виготовлення питної води. Нанофільтраційні мембрани знищують патогенні забруднення, такі як органічні макромолекули та пестицидні сполуки, зберігаючи при цьому мінерали, що зворотньо осмосотична система в протилежному випадку видалить [31].

В результаті цього процес ультрафіолетового знезараження води видалятиме всі мікроорганізми та бактерії, а нанофільтрація менш енергозатратна ми маємо змогу збільшити продуктивність виробництва і не зважаючи на це, зменшити витрати на електроенергію.

2.2 Структура підприємства, опис відділення, де пропонується впровадження розробки

«ДАНОН» — французька компанія, представлена в 120 країнах. Основні види продукції, що виробляється в Україні: молочні та кисломолочні продукти, вершки, сметана, молоко та йогурти. Молочна продукція виробляється на двох заводах – «ДАНОН Дніпро» у місті Херсон та «ДАНОН Кремез» у місті Кременчук. «ДАНОН Дніпро» сертифікований за міжнародним стандартом FSSC 22000, що дозволяє здійснювати експорт продукції, що виробляється тут, а завод «ДАНОН Кремез» знаходиться у процесі аудиту та сертифікації.

«ДАНОН Україна» - дуже динамічна компанія на молочному ринку України, що виявляється в частоті реалізації продуктових інновацій. Крім

					РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

того, що започатковуються проекти з ротації смаків, які погано продаються, компанія запускає продуктові інновації для розширення категорій та розвитку ніш.

Очищена за допомогою систем водопідготовки для молокозаводів вода використовується на багатьох етапах:

- безпосередньо для приготування молочних та кисломолочних продуктів;
- для промивання та обробки скляних тар;
- для охолодження системи;
- для мийних машин, холодильників та котлів.

У кожному цеху існують свої вимоги до води, виходячи з яких вибирається установка очищення води в молочному виробництві.

1. Кран подачі вихідної води	19. Електромагнітний клапан вихідної води	37. Кран повернення промивного розчину в промивний бак
2. Насос-дозатор розчину метабісульфіту натрію	20 Манометр на вході високого тиску насоса	38 Манометр робочого тиску
3 Дозуючий бак розчину метабісульфіту натрію 60 л	21 Реле тиску на вході високого тиску насоса	39 Кран регулювання потоку рециркуляції
4 Патронний картриджний фільтр вихідної води ВР 20 мкм 20"	22 Насос високого тиску	40 Ротаметр потоку рециркуляції
5 Датчик Rx (ОВП-потенціалу) для	23 Кран – байпас технологічний	41 Зворотний клапан у контурі потоку

вимірювання залишкового хлору		рециркуляції
6.Кран-пробовідбірник вихідної дехлорованої води	24 Реле тиску на вході мембранного корпусу	42 Електромагнітний клапан промивання скиданням тиску
7 Кран – байпас технологічний	25 Кран подачі вихідної води до мембранного корпусу	43 Кран скидання тиску
8 Кран на вході установки пом'якшення води	26 Манометр на вході мембранного корпусу	44 Кран регулювання робочого тиску
9 Автоматичний вентиль керування Fleck 9000/SE	27 Мембранний корпус	45 Ротаметр потоку концентрату
10 Напірний фільтр-ємність 1054 з іонообмінною смолою	28 Кран-пробовідбірник пермеату	46 Бак розчину для промивання, 100 л
11 Сольовий бак 70 л	29 Манометр у контурі пермеату	47 Кран зливу відпрацьованого промивного розчину
12 Кран-пробовідбірник пом'якшеної води	30 Реле тиску в контурі пермеату	48 Кран забору розчину для промивання

13 Кран на виході установки пом'якшення води	31 Кран заповнення пермеатом промивного бака	49 Промивний насос
14 Насос-дозатор розчину інгібітора осадоутворення	32 Кран скидання першої порції пермеату в дренаж	50 Промивний картриджний фільтр ВР 5 мкм 20"
15 Дозуючий бак розчину інгібітору 60 л	33 Кран потоку пермеату	51 Кран подачі розчину для промивання в мембранний корпус
16 Кран пом'якшеної води, що відсікає, на вході насоса	34 Ротаметр потоку пермеату	52 Кран заповнення пермеатом бака розчину інгібітора осадоутворення
17 Манометр пом'якшеної води на вході картриджного фільтра	35 Датчик ЕС (електропровідності) пермеату	53 Кран заповнення пермеатом баку розчину метабісульфіту натрію
18 Патронний картриджний фільтр вихідної води ВР 5 мкм 20"	36 УФ-стерилізатор S5Q-PA/2	54 Ємності для підготованої води

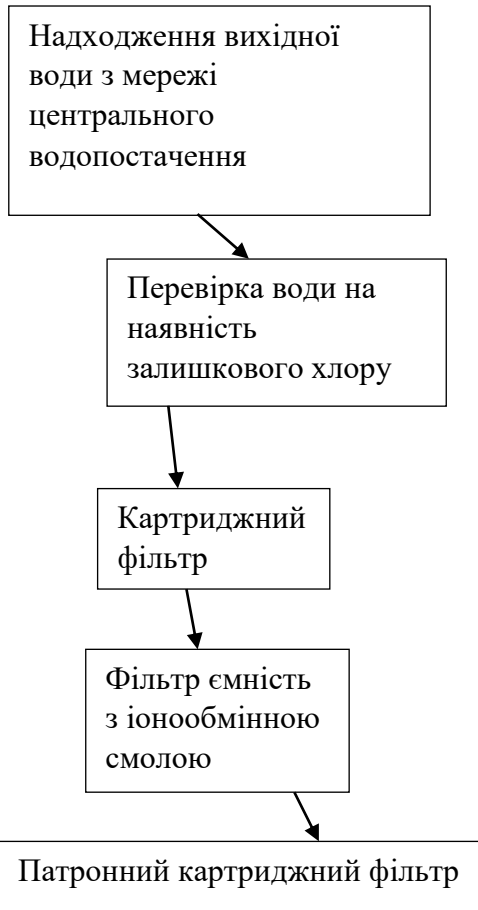


Рис. 2.2.1 Блок схема до проведення переоснащення

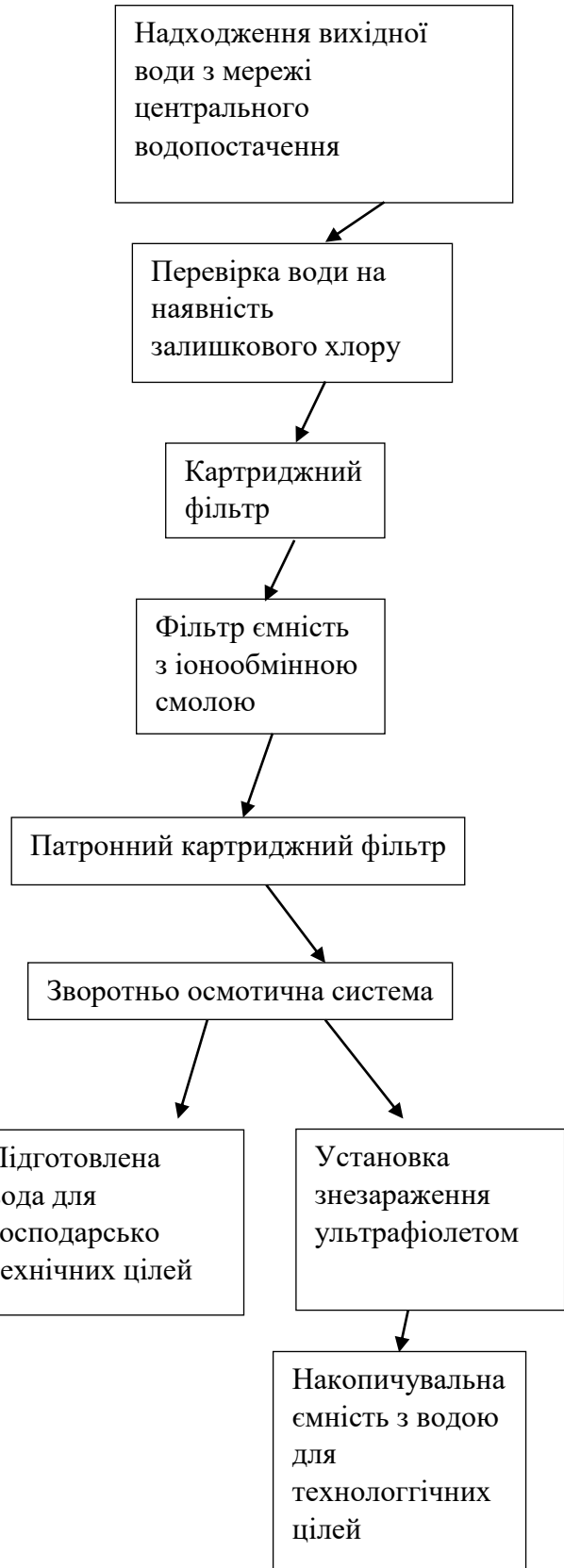


Рис. 2.2.2 Блок схема після удосконалення

2.3 Вимоги до сировини, що використовується для виробництва і якості продуктів.

Належна нормам якість сировини та підсобних матеріалів, на пряму пов'язана з первинною якістю готової продукції. Окрім канонів по фізико-хімічним і органолептичним показникам до питної води пред'являються додаткові вимоги щодо вмісту токсичних елементів та мікроорганізмів, що не мають перевищувати норми, які затверджені Міністерством охорони здоров'я України. В таблиці 2.3 приведені дійсні значення показників, що нерідко перевіряються в питній воді, а ще вимоги ДСанПін, котрим вона має відповідати. Дані показники мають контролюватися і в разі не відповідності коригуватися згідно поставлених умов.

Таблиця 2.3 Фактичні показник якості води

Найменування показника	Фактичні значення	Вимоги ДСанПін
1	2	3
Амоній, мг/дм ³	0,38	≤ 0,1
Мідь, мг/дм ³	0,07	≤ 1,0
Кольоровість, градуси	15,0	≤ 10
Каламутність, мг/дм ³	0,3	≤ 0,5
рН	7,8	6,5 - 8,5
Жорсткість, мг-екв/дм ³	5,2	≤ 7,0
Кальцій, мг/дм ³	66,0	≤ 130
Магній, мг/дм ³	17,0	≤ 80
Залізо, мг/дм ³	0,3	≤ 0,2

Лужність, мг-екв/дм ³	4,9	≤ 6,5
Сульфати, мг/дм ³	14,0	≤ 25,0
Нітрати, мг/дм ³	<0,44	≤ 10
Нітрити, мг/дм ³	0,7	≤ 0,5
Хлориди, мг/дм ³	35,0	≤ 25,0
Фтор, мг/дм ³	0,41	≤ 1,5
Алюміній, мг/дм ³	<0,02	≤ 0,1
Марганець, мг/дм ³	0,056	≤ 0,05
Окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	3,64	≤ 2,0
Сухий залишок, мг/дм ³	391,0	≤ 1000

Можемо зробити вивід, що не всі дані відповідають нормам. А саме хлориди, залізо, нітрити, нітрати і окислюваність. Для цього і необхідне технічне переоснащення, оскільки саме ці показники здатні змінити нове оснащення.

2.4 Вибір і обґрунтування технологічних режимів виробництва продуктів із запровадженням інноваційної розробки.

Заміна установки зворотнього осмосу на нанофільтраційну установку спрямована на підняття надійності та вигідності експлуатації. Передбачуваним результатом заміни даного устаткування є:

- зменшення тиску на 3 атмосфери у порівнянні зі зворотнім осмосом;
- простота в експлуатації та обслуговуванні.

Установка ультрафіолетового опромінення спрямована на збільшення знезаражуючої дії та на її радіус. Передбачуваним результатом заміни даного оснащення є:

- висока якість знезараження. Ультрафіолетове випромінювання вбиває до 99,9% бактерій та мікроорганізмів, в тому числі збудники холери, гепатиту, тифу чи дизентерії.

- безпечний у використанні. Уф-знезараження не вимагає реагентів, тому не змінює хімічних властивостей води. Під час знезараження лампа руйнує ДНК мікроорганізмів, які присутні у воду. Через це вони втрачають здатність до репродукції та гинуть. В результаті, ми не отримуємо токсичних відходів під час обробки води. Саме тому така технологія вважається екологічною та безпечною для людини і довкілля.[35]

- простота у використанні. Усі прилади з уф-випромінюванням укомплектовані датчиками та системою безпеки, що забезпечує безперебійну роботу та легкість при налаштуванні.

Бактерицидні лампи низького тиску випромінюють переважно в ультрафіолетовій області спектру 205-315 нм з максимумом випромінювання при довжині хвилі 253,7 нм.

Лампи призначені для знищення бактерій, вірусів і інших простих організмів. Лампи включаються в мережу змінного струму частоти 50 Гц з відповідною пускорегулюючою апаратурою.

В умовному позначенні букви і цифри позначають:

Д – дугова;

Р – ртутна;

Б – бактерицидна;

15, 20, 30 – номінальна потужність, Вт;

Приклад умовного позначення розрядної лампи низького тиску бактерицидною потужністю 15 Вт ДРБ-15. Основні параметри та розміри. Зовнішній вигляд, розміри, тип цоколя і маса ламп повинні відповідати приведеним на рис.3.4 і в табл.3.4.

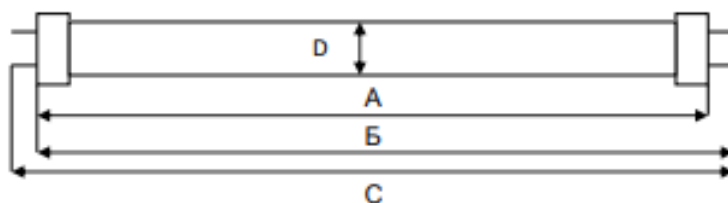


Рис. 2.4. Зовнішній вигляд лампи

Контактні штирьки обох цоколів повинні бути паралельно один одному і розташовані в одній площині

Таблиця 2.4

Розміри, тип цоколя і маса ламп

Тип лампи	Розміри в мм					Тип цоколя	Маса,г не більше
	А, макс	В		С, макс .	D, макс		
		мак с.	мін.				
ДРБ 15	437,	444	442	451,	16,5	G 13	115
ДРБ 15-1	4	,5	,1	6	23,5	G13	
ДРБ 20	589,	596	594	604,	16,5	G 13	150
ДРБ 20-1	8	,9	,5	0	23,5	G13	
ДРБ 30	894,	901	899	908,	16,5	G 13	215
ДРБ 30-1	6	,7	,3	8	23,5	G13	

Як показує практика, для знезараження води в основному застосовують знезаражувальні системи з заглибленням у воду [19]. Дані системи, на відміну від знезаражуючих систем без заглиблення, забезпечують максимальність (близько 91%) використання УФ-випромінювання. Розділяють два основних типи знезаражуючих систем з заглибленням УФ-випромінювання. Перший тип – УФ системи закритого корпусу (камери знезараження) (рис. 2.4.1)



Рисунок 2.4.1 – Установка корпусного типу

Установка даного типу складається з двох основних елементів. Перший це камера, в якій відбувається знезараження; другий це блок керування (шафа управління). Камера являє собою суцільний металічний корпус, в якому знаходяться лампи для дезінфекції, які захищені кварцовими чохлами. Вся установка виконана з нержавіючої сталі.

Установки даного типу оснащені датчиками наявності води, який забезпечує автоматизацію вмикання та вимикання для економії енергоресурсів.

Другий тип – лоткові системи, випромінювачі в яких розміщені безпосередньо у відкритому каналі [36]. Як правило вони утворені з декількох касет, в яких розміщені ртутні лампи (рис. 2.4.2).



Рисунок 2.4.2 – Лоткові системи

Розглянемо її будову та технічні особливості (рис. 2.4.2).

З огляду на те що підприємство повинно працювати в безперебійному режимі. Стає проблематичним повний перехід на альтернативну систему знезараження. В даному випадку вихід з цієї ситуації це підключення системи УФ-випромінювання вже в існуючу технологічну систему знезараження води.

Опис технологічних процесів водопідготовки.

Вода що надходить з міської мережі водопостачання, проходить крізь картриджний фільтр. В цей час датчик для вимірювання залишкового хлору перевіряє воду. В разі виявлення залишкового хлору вода прямує на напірний фільтр ємність з іонообмінною смолою. Після чого знову проходить крізь патронний картриджний фільтр.

Насос перекачує воду в мембранний корпус зворотньоосмотичної системи, де вода розходить на два потоки, частина йде на промивний картриджний фільтр, і потік направляється в роботу, для миття автоцистерн, промивки обладнання та трубопроводів, друга частина води йде на завершальну стадію ультрафіолетового знезараження і після чого може використовуватись для приготування молочної продукції.

Фільтри завантаженні іонообмінною смолою і обладнанні автоматичною головкою керування Twin, яка забезпечує непереривну роботу блоку пом'якшення. Після проходження фільтроциклу один фільтр виходить на регенерацію, а другий залишається в роботі, після регенерації фільтр виходить в роботу.

Фільтри знижують величину загальної жорсткості води до величини 0,3 мг-екв/л.

Механо-каталітичні фільтри

Фільтри складаються із корпусу(балону) засипаного багатошаровим завантаженням (Greensand, пісок, гравій) і автоматичного клапану керування Magnum 293/762.

2.5. Технологічні розрахунки

2.5.1. Таблиця вихідних даних для розрахунків продукту.

В таблиці 2.5.1. надані дані для розрахунку продуктивності та оснащення.

Деякі дані вносились відповідно до якості вихідного продукту та їх фізичних ознак.

Таблиця 2.5.

Вихідні дані для розрахунку продуктивності устаткування

Назва показника	Умовне позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4
Витрати води	Q	м ³ /год	10
Концентрація озону в озono-повітряній суміші	C	г/м ³	14
Інтенсивність розпилювання на одиницю площі	W	м ³ /(м ² год)	5
Тривалість перебування води в реакційній камері	T	год	2
Потрібний вміст озону	d _{оз}	г/м ³	10

1	2	3	4
Пропускна здібність одного озонатора	Q_{oz}	кг/год	1,6
Параметри	Позначення на схемі	Розмірність	Числові значення
Витрати води, що входить на 1 ступень 3О	L_0+W_2	м ³ /доба	375
Солевміст води, що входить на 1 ступень 3О	X_{BX}	мг/дм ³	339.2
Витрати концентрату після 1 ступені 3О	W	м ³ /доба	75
Солевміст концентрату після 1 ступені 3О	X_w	мг/дм ³	1686
Витрати води після 1 ступені 3О	L_1	м ³ /доба	300
Солевміст перміату після 1 ступені 3О	xK_1	мг/дм ³	2.45
Витрати концентрату після 2 ступені 3О	w_2	м ³ /доба	60

1	2	3	4
Солевміст концентрату після 2 ступені ЗО	$xw2$	мг/дм ³	11.84

2.5.2 Розрахунок ємності для зберігання води

На виробництві є спеціальні ємності для зберігання очищеної води після проходження всіх етапів водопідготовки.

Розрахунок цього резервуару проводиться згідно до рівняння [32]:

$$V_p = W \cdot \tau, \quad (2.5.1)$$

де W – це об'ємна витрата рідини, м³/год;

τ – це час перебування рідини в ємності, год.

Вибираємо час перебування рідини в ємності 20 хвилин.

Розраховуємо об'єм баку для акумуляції питної води:

$$V_p = 36.3 \cdot 0.33 = 12 \text{ м}^3. \quad (2.5.2)$$

Геометричний об'єм ємності має бути більше робочого на мінімум 10-15 %, тому:

$$12 + 12 \cdot 0.15 = 13.8 \text{ м}^3. \quad (2.5.3)$$

Геометричний об'єм ємності має бути більше робочого на мінімум 25 %, тому:

$$12 + 12 \cdot 0.25 = 15 \text{ м}^3 \quad (2.5.4)$$

Обираємо ємність, прямокутну в площині з параметрами: ширина 2 м, висота 3,45 м. та довжина 2 м.

Якщо ж обирати циліндричну ємність то параметри мають бути відповідно: діаметр 2.6 м. та висота 3 м.

2.5.3. Розрахунок насосу

Слід дібрати насос для перекачування води при температурі 20 °С із баку для акумулювання в апарат, який працює під надлишковим тиском 0,1 МПа. Витрати води $Q = 0,009 \text{ м}^3/\text{с}$. Довжина трубопроводу на лінії

					РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всмоктування 2 м., на лінії нагнітання 3 м. Геометрична висота підйому води рівняється 2,5 м. На лінії нагнітання є 2 відведення під кутом 90° з радіусом повороту і 2 нормальних вентиля, 1 прямооточний вентиль було встановлено на всмоктувальній ділянці трубопроводу.

Підбір трубопроводів.

Для всмоктувального і нагнітального трубопроводів приймаємо однакову лінійну швидкість води ω , яка дорівнює 2 м/с. Тоді діаметр буде рівний:

$$d = \sqrt{4Q/(\pi\omega)} = \sqrt{4 \cdot 0,009/(3,14 \cdot 2)} = 0,076 \text{ м.} \quad (2.5.5)$$

Q – витрата води м³/с, ω – однакова лінійна швидкість м/с.

Обиремо сталевий трубопровід із зовнішнім діаметром 80 мм і завтовшки 2 мм. Тоді внутрішній діаметр трубопроводу $d = 0,076$ м. Фактична швидкість води в трубопроводі:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,009}{3,14 \cdot 0,076^2} = 1,98 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (2.5.6)$$

Q – витрата води м³/с, d – внутрішній діаметр труби, м.

Формула витрат на тертя та місцеві опори.

Знайдемо значення критерію Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \quad (2.5.7)$$

де μ – динамічна в'язкість води, Па·с; ω – фактична швидкість в трубі м/с, ρ – в'язкість, кг/м³.

$$Re = \frac{1,98 \cdot 0,076 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 149\,432. \quad (2.5.8)$$

Дане значення критерія Рейнольдса підтверджує турбулентний режим. Абсолютну шорсткість трубопроводів беремо рівною $2 \cdot 10^{-4}$ м. Тоді:

$$e = \Delta/d = 2 \cdot 10^{-4}/0,076 = 0,0026. \quad (2.5.9)$$

Δ – абсолютна шорсткість трубопроводу, м; d – внутрішній діаметр труби, м.

Розрахунок λ маємо проводити по формулі:

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25} = 0,11 \cdot (0,0026 + 68/149\,432)^{0,25} = 0,026.$$

(2.5.10)

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевого опору порізно для всмоктувальних та нагнітальних ліній.

Для всмоктувальних ліній:

1) Вхід в трубу (беремо з загостреними краями): $\xi_1 = 0,5$.

2) Прямоточні вентилі $d = 0,076$ м, $\xi_\alpha = 0,6$.

Помноживши на поправочний коефіцієнт 0,925, отримуємо $\xi_2 = 0,55$.

Сума коефіцієнтів місцевого опору у всмоктувальних ліній:

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 = 0,5 + 0,55 = 1,05. \quad (2.5.11)$$

ξ - коефіцієнт місцевого опору, який визначають за довідковими даними по результатах експериментів.

Втрачений тиск у всмоктувальних лініях добуваємо по формулі:

$$h_{\pi} = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \Sigma \xi_{M.C} \right) \frac{w^2}{2g}, \quad (2.5.12)$$

де l , d_e - відповідно довжина і еквівалентний діаметр трубопроводу, м.

λ - коефіцієнт гідравлічного тертя, ξ - коефіцієнт місцевого опору,

g - прискорення вільного падіння, м/с²

$$h_{\pi.вс} = \left(0,026 \frac{2}{0,076} + 1,05 \right) \frac{1,98^2}{2 \cdot 9,81} = 0,35 \text{ м.}$$

(2.5.13)

Для нагнітальних ліній:

1) Відведення під кутом 90 °: коефіцієнт $A = 1$, коефіцієнт $B = 0,09$; $\xi_1 = 0,09$.

2) Вентилі: для $d = 0,06$ м $\xi = 3,9$, для $d = 0,08$ м $\xi_\alpha = 4$. Приймаємо для $d = 0,076$ м $\xi_2 = 3,93$.

3) Вихід із труби: $\xi_3 = 1$.

Сума коефіцієнтів місцевого тиску в нагнітальних лініях:

$$\Sigma \xi = 3 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 + \xi_3 = 3 \cdot 0,09 + 2 \cdot 3,93 + 1 = 9,13. \quad (2.5.14)$$

Утрачений напір в нагнітальній лінії:

$$h_{\text{п.наг}} = \left(0,026 \frac{3}{0,076} + 9,13 \right) \frac{1,98^2}{2 \cdot 9,81} = 2,03 \text{ м.} \quad (2.5.15)$$

Загальні втрати тиску:

$$h_{\text{втр}} = h_{\text{п.вс}} + h_{\text{п.наг}} = 0,35 + 2,03 = 2,38 \text{ м.} \quad (2.5.16)$$

$h_{\text{п.вс}}$ – втрачений напір у всмоктувальній лінії, м, $h_{\text{п.наг}}$ – втрачений напір у нагнітальній лінії, м.

Підбір насоса.

Знаходимо тиск насоса за формулою:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_{\Gamma} + h_{\text{втр}}, \quad (2.5.17)$$

де p_1 – напір в насосі, з якого перекачуються рідини, Па.;

p_2 – напір в апараті, в який подаються рідини, різниці напорів дорівнює надмірному напору, Па;

H_{Γ} – геометричні висоти підйому рідини, мм.вод.ст.

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 2,5 + 2,38 = 15,1 \text{ мм.вод.ст.} \quad (2.5.18)$$

Тиск при даній продуктивності забезпечується відцентровим насосом.

Визначаємо корисну потужність насосів:

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,009 \cdot 15,1 = 1330,5 \text{ Вт} = 1,33 \text{ кВт.} \quad (2.5.19)$$

Беручи к.к.д. передачі $\eta_{\text{ПЕР}} = 1$ і $\eta_{\text{Н}} = 0,6$ (для відцентрових насосів середньої продуктивності), відшукаємо потужність на валу мотора:

$$N = N_{\Pi} / (\eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{ПЕР}}) = 1,33 / (0,6 \cdot 1) = 2,2 \text{ кВт.} \quad (2.5.20)$$

За показниками подачі та напору найбільше відповідає відцентровий насос маркування **Calpeda NM 40/16 A/B**, $Q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 37 \text{ м}$.

2.5.4 Розрахунок ультрафіолетової установки та її підбір.

Даний тип устаткування встановлюється у відділенні заключним етапом очищення води.

Розрахунок по бактерицидному потоку визначається за формулою:

$$F_6 = - \frac{q \cdot a \cdot k \cdot \lg \frac{P}{P_0}}{1563,4 \cdot \eta_n \cdot \eta_0}, \quad (2.5.21)$$

де q – це витрати води, що подається для знезараження, $\text{м}^3/\text{год}$;

P – це колі-індекс води після знезараження, од./м^3 ;

P_0 – це колі-індекс води до знезараження, од./м^3 ;

η_0 – коефіцієнт використання бактерицидного потоку, що залежить від товщини шару води, приймається 0,9:

η_n – коефіцієнт використання бактерицидного потоку; для установки з зануреним джерелом випромінювання приймається 0,9;

а та k – це коефіцієнти, значення яких визначаються з таблиці;

$$F_6 = - \frac{10 \cdot 0,15 \cdot 2500 \cdot \lg \frac{1}{200}}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 6,81 \text{ Вт.}$$

(2.5.22)

Число ламп (камер):

$$n = \frac{F_6}{F_{\text{л}}} = \frac{6,81}{2,7} = 3. \quad (2.5.23)$$

де $F_{\text{л}}$ – розрахований потік лампи після приблизно 4500-5000 годин роботи, Вт:

За рахунок цих даних обираємо ультрафіолетову установку типу Select UVS0002.

2.5.5. Розрахунок зворотньо осмотичної установки

Продуктивність перміату другого ступеня зворотнього осмосу :

$$W_{\text{п2}} = L_1 - W_2 = 288 - 150 = 138 \frac{\text{м}^3}{\text{доба}} = 5,75 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \quad (2.5.24)$$

Відшукавши характерну продуктивність мембрани за формулою, добуваємо практичну площу мембрани за формулою :

$$G = \frac{1,904}{41} = 0,0464 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

(2.5.25)

$$F_p = \frac{10}{0,0464} = 107,7 \text{ м}^2.$$

(2.5.26)

Кількість мембрани модуля добуваємо за формулою:

$$n_{\text{мод}} = \frac{107,7}{41} = 3 \quad (2.5.27)$$

2.5.6 Розрахунок установки нанофільтрації

Установка нанофільтрації являє собою збірну конструкцію, яка складається із модуля хімічної промивки, насосного агрегату, фільтра попереднього очищення, мембранних елементів в напірних корпусах, трубопроводів і запірно-регулюючої арматури контрольно-вимірювальних приладів і автоматики.

Селективність нанофільтраційної мембрани надана в таблиці 2.5.6.

Таблиця 2.5.6. Селективність нанофільтраційних мембранних елементів

Іон/Показник	Селективність, %
Cl ⁻	60
SO ₄ ²⁻	97
Na ⁺	50
Ca ²⁺	86

Витрати води, яка надходить на очистку складає до 5 м³/год.

Відповідно до представлених даних на сайті виробника обираємо відповідний типовий нанофільтраційний блок із наступними технічними характеристиками:

- модель, Альтсофт -16-НФ, НН, ВС / П;
- продуктивність, 6 м³ / год;
- ступінь очищення води, 84 - 99,7%;
- енергоспоживання, 55,0 - 111,0 кВт;
- габаритні розміри, 3,3 x 1,8 x 2.0 мм.

Окрім цього мембрани для нанофільтрації здатні видаляти іони Ca²⁺, що надходять в воду, яка очищається при доведенні до певного значення рН.

В ході експлуатації, періодично, приблизно один раз в 30 - 60 хвилин проводиться промивка мембран пермеатом. Виробник даних апаратів за рахунок робочого тиску, який на 3 атмосфери менший ніж в зворотному осмосі, обіцяє що ми зможемо зменшити витрати на електроенергію.

Витрати пермеата для промивки мембрани:

$$Q_{\text{промив}} = 40 * 30\% / 100\% = 0,12 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

2.6 Екологічні аспекти впровадження удосконаленого способу у виробництво

Основним напрямом розвитку підприємства має стати екологічно орієнтована перебудова, що включає в себе впровадження екологічних інновацій. Важливу роль у розв'язанні розвитку на підприємствах екоінновацій відіграють фактори екзогенного та ендогенного характеру, що впливають на використання екологічних інновацій.

Спостерігається сильна кореляція між ринковою діяльністю і новими екологічними продуктами, що характеризує екологічні інновації як фактор сприяння посилення конкурентоспроможності підприємств. Технологічні і продуктові інновації допомагають завойовувати й утримувати частину ринку, збільшувати прибутковість на цих ринках. В процесі постійного розвитку

суспільства в напрямку індустріалізації розміри забруднення навколишнього середовища збільшуються, що може привести самознищення націй [37].

На сьогодні виробництво в Україні немає замкнутого характеру, що призводить до забруднення навколишнього середовища відходами виробництва. Дану проблему можна вирішити за допомогою впровадження на виробництвах інноваційних маловідходних, безвідходних та екологічно безпечних технологій. Це забезпечує підвищення економічності, конкурентоспроможності та незалежності як підприємств, так і країни в цілому.

Для попередження забруднення навколишнього середовища проектом передбачена технологія безвідходної переробки молочної сировини. Це приведе до скорочення кількості стічних вод і дозволить скидати їх з параметрами, що відповідають нормативним вимогам.

До екоінновацій відносяться такі процеси як :

- розроблення, створення й упровадження нових технологічних процесів і циклів розроблення та погодженого розвитку всіх функціональних ланок із добутку ресурсів, їхнього перероблення, використання відходів і відтворення цих ресурсів;

- розроблення й використання ресурсозберігальної техніки, розроблення й упровадження маловідходних і безвідходних технологій, що забезпечують комплексне освоєння природних ресурсів, розроблення біотехнології;

- розширення територій та створення нових з урахуванням екологічної безпеки населення й виробництва;

- розроблення та випуск сучасних екологічно чистих продуктів та створення умов для їх виробництва, розроблення варіантів використання нових та поновлюваних джерел енергії;

- упровадження нових організаційних форм, уключаючи вдосконалення організаційно-територіальної структури потенційно

небезпечних виробництв, із метою зниження їхньої екологічної небезпеки [34].

Дане підприємство відноситься до V класу виробництв м'ясомолочної промисловості з санітарною захисною зоною 100 м.

Робота підприємства істотної дії на оточуюче середовище не надає, адже територія постійно озеленюється. Для скорочення водоспоживання і раціонального використання водних ресурсів задіяна система оборотного водопостачання .

Промислові стоки, що пройшли нейтралізацію в кількості 615.6 м³/добу прямують на очисні споруди .

Відходи виробництва:

а) Металолом – утворюється в процесі виконання ремонтних робіт, нагромаджується в спеціальному ящику і по мірі накопичення здається на підприємство Вторинмет.

б) Пакувальний матеріал – утворюється в процесі виробництва продукції і по мірі накопичення здається на підприємство Вторсировина.

в) Відпрацьовані лампи, що містять пари ртуті – здаються на демеркулізацію.

г) Тверді побутові відходи – збираються в сміттєвому баку з кришкою і згідно графіка вивозяться на міське звалище. Місця збору відходів обладнані відповідно до санітарно-епідеміологічних вимог.

Компанія виходить на рівень безвідходного виробництва, раціонально використовує природні ресурси та захищає від забруднення навколишнє середовище, це дає змогу характеризувати ТОВ «Данон», як свідоме підприємство прогресивного рівня.

Екологічний проект розглядається як послідовний план дій, що включає у свою структуру відвернення, попередження, зниження та ліквідацію антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, раціональне використання природноресурсного потенціалу, його збереження та покращення.

					РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен виробник, при найменших витратах виробництва, ставить мету на отримання великої кількості товарної продукції та реалізувати її за високою ціною. Охорона природних ресурсів та раціональне природокористування характеризуються своєю високою вартістю та не збільшують кількість виробленої продукції, а тому товаровиробникові не вигідні.

Саме це викликало необхідність впровадження екологічно орієнтованої інноваційної діяльності, що є одною із основних умов досягнення сталого розвитку.

Екологічні інновації вважаються основою активізації екологічно орієнтованої інноваційної діяльності. Перше трактування поняття «екологічні інновації» з'явилося у світовій літературі 1996 року в книзі авторів Пітера Джеймса та Клода Фаслера під назвою: «Driving Eco-Innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability». Наступна стаття Пітера Джеймса визначає екоінновації як нові процеси та продукти, що забезпечують задоволення бізнес інтересів підприємств при зменшенні впливу на навколишнє середовище. Європейські економісти стверджують, що екологічні інновації забезпечують задоволення людських потреб та покращення якості життя в результаті створення послуг, систем та процедур при мінімалізації використання корисних ресурсів та викидів токсичних речовин.

Класифікацію екологічної безпеки можна провадити за різними критеріями: залежно від територіальних показників, способів забезпечення та об'єкта захисту, але повну характеристику екологічної безпеки можливо отримати лише при сумісному їх розгляді.

Природні ресурси – це природні тіла і речовини, а також види енергії, які на конкретному етапі розвитку продуктивних сил використовуються для ефективного задоволення різноманітних потреб людського суспільства.

Раціональне використання природних ресурсів - це комплексне, економічно ефективне використання природних ресурсів у поєднанні з вимогами охорони навколишнього природного середовища.

Ключовою ланкою у системі екологічного управління та менеджменту є екологічна служба підприємства, або у випадку невеликих виробництв окремий кваліфікований спеціаліст (менеджер), уповноважений вирішувати відповідні завдання. На практиці зустрічаються чотири основних типи структур систем екологічного управління та менеджменту, що розрізняються за положенням у них екологічної служби підприємства або уповноваженого спеціаліста:

1. Структура з відсутньою екологічною службою або фахівцем у галузі екологічного менеджменту.

2. Структура, в якій екологічна служба (посадові обов'язки менеджера) поєднана з яким-небудь іншим підрозділом (іншими посадовими обов'язками) підприємства.

3. Структура, в якій екологічна служба (менеджер) виділена в окремий підрозділ (посада).

4. Структура, в якій екологічна служба виділена в окремий підрозділ з керівником, рівним за рангом заступнику директора підприємства.

Найменш ефективною є структура екологічного управління першого типу. Рішення виробничих екологічних завдань у даному випадку покладено на ту чи іншу посадову особу в якості додаткового навантаження.

Це можуть бути головний інженер, головний технолог, головний енергетик та інші. Оскільки ці посадові особи в першу чергу виконують свої безпосередні обов'язки, то вся природоохоронна діяльність зводиться ними переважно до виконання формальних вимог чинного природоохоронного законодавства, наприклад до заповнення необхідної звітності.

Для структури другого типу характерне існування підрозділу або окремого фахівця, який займається питаннями екологічного управління. При цьому їхні функції (посадові обов'язки) суміщені з іншими функціями (посадовими обов'язками). [38]

Наприклад, досить часто відбувається поєднання в одному підрозділі екологічної служби та служби охорони праці або суміщення екологічної служби та служби експлуатації «дружнього» до навколишнього середовища обладнання.

Для систем екологічного управління та менеджменту даного типу характерні такі недоліки:

- недостатня увага до екологічних аспектів діяльності підприємства;
- обмеженість часу і ресурсів для практичної реалізації природоохоронної діяльності;
- великий обсяг обов'язків, що обмежує можливості ініціативної діяльності;
- недолік авторитету екологічної служби (спеціаліста-менеджера).

У третьому типі системи екологічного управління екологічна служба (фахівець у галузі екологічного менеджменту) виділена в окремий підрозділ підприємства (посаду), має свого керівника, але при цьому не володіє достатньою вагою в ієрархічній структурі підприємства. Тут можна виділити один характерний недолік – ефективність функціонування екологічної служби (спеціаліста-менеджера) залежить від підпорядкованості та місця у загальній системі менеджменту. [39]

Разом з тим даний тип структури екологічного управління набуває суттєвих переваг:

- можливість комплексно і повноцінно здійснювати екологічну діяльність;
- більш високий авторитет екологічної служби (спеціаліста-менеджера);

- детальне вивчення екологічних проблем.

Найбільш ефективною і яка має найбільше потенційних можливостей у використанні переваг екологічного менеджменту є система четвертого типу, в якій екологічна служба виділена в окремий підрозділ, а її керівник (фахівець- Екологічне управління та безпека бізнесу 19 менеджер) за посадою залежно від розміру підприємства прирівнюється до заступника директора або заступника головного інженера. [40]

Для таких структур характерні такі переваги:

- можливість найбільш комплексно, раціонально і повноцінно здійснювати екологічну діяльність;
- ефективне поєднання основних виробничих і екологічних цілей і завдань на підприємстві;
- здійснення різноманітної і економічно ефективної екологічної діяльності.

Висновки до розділу 2.

Провівши всі розрахунки ми підібрали необхідне обладнання та описали принцип його роботи. Довели доцільність установки ультрафіолетового випромінювання, адже це значне покращик мікробіологічні показники води, а в результаті і молочної продукції.

Не було доведено необхідності заміни зворотньо осмотичної установки.

Як, показали експериментальні задачі вона справляється зі своєю задачею. Та знесолює воду до рівня необхідного аби не нанести школи обладнанню, що промивається.

Висновки

Аналіз та удосконалення технології водопідготовки для виробництва молочної продукції є актуальними для сьогодення.

Стан якості води на молокозаводі впливає на якість виготовленої продукції, а також на строк експлуатації обладнання. Приготування харчових

					РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктів нерозривно пов'язане із залученням чистої води. Забруднений водний матеріал може погіршити смакові параметри продукції, утворити наліт на стінках посуду, призвести до згубних змін властивостей продукції. Щоб нічого такого не спостерігати, необхідно готувати воду до досягнення нею питної якості.

У ній повинно бути мінімум органічних і хлорорганічних речовин, а також завислих часток. Неприйнятні такі характеристики, як запах і кольоровість.

В даному дипломному проекті була запропонована реконструкція відділення водопідготовки ТОВ Danone. Було виконано аналіз механізму роботи установки зворотнього осмосу та нанофільтрації та методом обчислень підібрано відповідне обладнання.

Метою моєї дипломної роботи було вивчення ефективності знезараження води методом ультрафіолету, а також часткове знесолення питної води нанофільтраційною установкою.

Після опрацювання всіх даних, я можу зробити наступні висновки:

- На відміну від хімічних речовин, при контакті з УФ не утворюються шкідливі сполуки і суміші.
- Не змінюються смакові, нюхові та інші характеристики обробленої речовини.
- УФ фільтри для води дають практично миттєвий результат. На відміну від хлору, гриби, віруси, білки та інше гине під впливом в лічені секунди. Воду можна відразу подавати на виробництво.

Якщо говорити про нанофільтрацію, я виділила такі переваги, як:

- дешева та проста в експлуатації;
- робочий тиск на 3 атмосфери менший ніж в зворотному осмосі;
- під час знесолення води в установці зворотнього осмосу кількість мінералів та солей зменшується на 99%, а при використанні

нанофільтраційної установки у нас є можливість зберегти до 94% корисних мінералів та речовин.

Робимо висновок, що основними перевагами є відсутність сторонніх смаків та запахів при використанні УФ-фільтрів, що є основною вимогою на молокозаводі. Заміна зворотноосмотичної установки на установку нанофільтрації доведена не була.

Переваги даних методів, підтвержують доцільність установки УФ-фільтру на ТОВ “Danone”.

					РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про питну воду та питне водопостачання: Закон України від 10.01.2002р. №2918-III. Офіційний вісник України. 2002. 10 січн. (№ 2918). С. 45.
2. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды - К.: Вища школа, 2005. – С.6-87.
3. Galina Gumenyuk, Olga Pjadko Harmonization of quality requirements of drinking water /Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Wellbeing (CEFood 2016). K.: NUFT, 2016. P. 136-137.
4. Guidelines for drinking water quality.-The 3rd Ed/-Vol.1. Recommendations.-World Health Organisation.-Geneva, 2004.-495p
5. Якобчук Ю. О. Актуальні проблеми безпечності води питної. Інноваційні технології розвитку сфері харчових виробництв, готельноресторанного бізнесу, економіки та підприємства: наукові пошуки молоді: Всеукраїнська науковопрактична конференція молодих учених і студентів (2 квітня 2015 р.). Харків: ХДУХТ, 2015. С. 239.
6. Овчинникова П. Основа життя [Вода питна]. Інфекційний контроль. 2011. № 4. С. 39 – 41
7. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролю ваня якості. (ISO 5667-3:1994, IDT) [Чинний від 2014-10-23]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвиток України, 2014. 25 с.
8. Bowen R. Groundwater: second ed. / R. Bowen. – London: Elsevier Appl. Sci. Publ., 2015. – 427 p.
9. Тимочко Т. В. Всеукраїнська екологічна ліга про поліпшення питного водопостачання та охорону вод в Україні. Екологічний вісник. 2009. № 2. С. 27 – 29.
10. Кучерявий В. П. Фітомеліорація: навч. посібник. Львів: Світ, 2001. 500с.
11. Гіроль М. М., Ковальський Д. А., Хомко В. Є., Гіроль А. М.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Проблеми якості води в водопровідних мережах, водопостачання та водовідведення: вироб.- практичн. журнал. Київ: Економічні науки, 2008. №2. 1-21 с.

13. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2003 році / за редакції М. М. Гіроль. Рівне: НКРЕКП, 2005. 143 с.

14. Щербак В. І. Оцінка потенційних і наявних загроз екологічному стану, якості води і біорізноманіттю різнотипних водойм і водотоків мегаполіса. Інтегроване управління водними ресурсами. Київ, 2013. № 1. С. 26–39.

15. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: Затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України

16. Гончарук В. В. Концепція вибору переліку показників і їх нормативних значень для визначення гігієнічних вимог і контролю за якістю питної води в Україні. К.: Хімія і технологія води, 2007. №4. С. 29.

17. Закон України „Про захист прав споживачів” від 12.05.1991 року // www.rada.gov.ua

18. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010-05-12]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 42с. (Державні санітарні норми та правила).

19. Застосування УФ випромінювачів для знезараження води на очисних спорудах міст з малою потужністю. 2013. URL: http://ukrengineer.com/pdf/stichni_vodi_small.pdf.

20. Singer P.C. Acsesing ozonation research needs in water treatment // J. Amer. H2O Works Assos. – 2017. – Vol.83, №10. – P.78-89.

21. Авраменко Л. М. Забезпечення населення якісною і безпечною питною водою – пріоритетне завдання охорони здоров'я. Східноєвропейський журнал громадського здоров'я. 2011. № 1. С. 53 – 55.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Вода питьевая. Методы установления вкуса, запаха, цветности и мутности: ГОСТ 3351 - [Действующий с 07. -09-2010]. – К.: Москва, ИПК Издательство стандартов, 2012. – 324с. (Межгосударственный стандарт).

23. Моделювання процесів мембранного розділення: практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузе машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.В. Гулієнко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,27 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 56 стр.

24. Girol M. M. Khomko V. Y. Problems of the secondary pollution of potable water in water supply systems. Conference "Water & environment"/. Kiev.: Agricultural sciences, 2008. P. 330-331.

25. Инструкция по обеспечению качества питьевой воды. // Всемирная организация здравоохранения – 3-е изд. – Женева, 2007. – 123 с.

26. Сотник І. Еколого-економічні механізми мотивації ресурсозбереження: [монографія] / І. Сотник. – Суми: Мрія, 2008. – 230 с

27. Рахманин Ю.А., Жолдакова В.И., Полякова Е.Е., Кирьянова Л.В., Мясников И.Н., Тульская Е.А., Артемова Т.З., Иванова Л.Е., Дмитриева Р.А., Доскина Т.З. Совместное применение активного хлора и коагулянтов для очистки и обеззараживания питьевой воды // Гигиена и санитария. – 2008 - №1. – С.449-459.

28. Н.Ф. Петренко Побочные продукты обеззараживания в питьевой воде / Петренко Н.Ф., Гурина Т.И., Лагода О.В. // Матеріали наук -практ. конференції «Вода та довкілля» V Міжнар. Водного Форуму «AQUA UKRAINE – 2007». – К., 2007, с.9

29. Чайка Т.О. Передумови розвитку ринку органічної продукції в Україні. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2011. Вип. №4, ч. 1. С.233.

30. Мацюк С. А. Улучшение питьевых качеств артезианских вод с помощью природных минералов / С. А. Мацюк, В. В. Яковлев, Т. В.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хрестина // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Технические науки и архитектура, 2009. – Вып. 88. – С. 99–105.

31. Основні типи УФ установок, для знезараження. 2014. URL: http://ukrengineer.com/pdf/typy_UV%20_ustanovok_stoky.pdf

32. Водопостачання, водовідведення та якість води Запольський А. К. м.Київ, 2006. 673 с. ст, 14

33. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування: Підручник. – К.: «Либідь», 2002 – 266 с

34. Рудько Г.І., Мацієвська О.О. Надходження кальцію та магнію в організм людини з питною водою (на прикладі населення Львова). Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. Львів, 2009. №3. С. 85–90.

35. Рахманин Ю.А. Питьева вода и здоровье человека: проблемы, направления и методика исследований // Ю.А.Рахманин, Р.И.Михайлова //Мелиорация и водное хозяйство. - 2011- № 3. С.6

36. Факторы, влияющие на формирование состава подземных вод: методические рекомендации. – Днепропетровск, 2010. – С. 6–14.

37. Закон від 23.12.1997 № 771/97-ВР. ЗАКОН УКРАЇНИ Про безпечність та якість харчових продуктів ст. 23

38. Запольський А. Проблеми якості питної води. Водне господарство України. Київ. 2010. № 6. С. 50–52.

39. Суперека С. Роль ресурсозбереження у системі конкурентоспроможності виробничих підприємств / Суперека С. // Економічний простір збірник наукових праць. – 2008 – № 20/1. – С. 195–200.

40. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування: навч. посіб. /Львів : Новий світ–2000, 2004. 248 с.

41. Хвесик М.А. Эколого-экономические проблемы охраны и воспроизводства водных ресурсов в условиях интенсивного техногенного воздействия (на примере Украины). – К., 1992.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

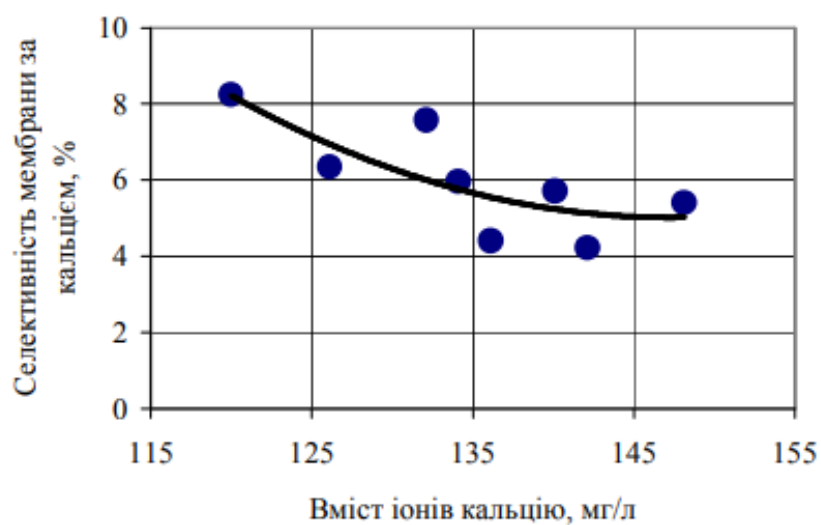


Рисунок 1. Залежність селективності мембрани за кальцієм від його вмісту у вхідній рідині.

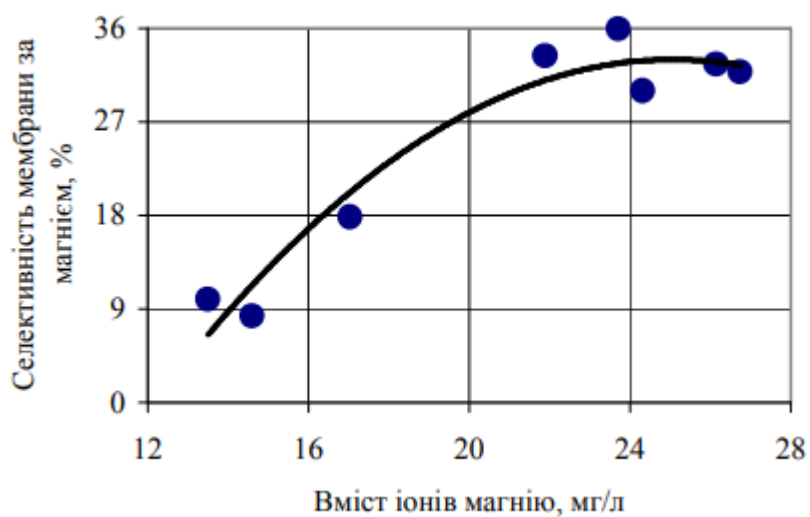


Рисунок 2. Залежність селективності мембрани за магнієм від його вмісту у вхідній рідині.

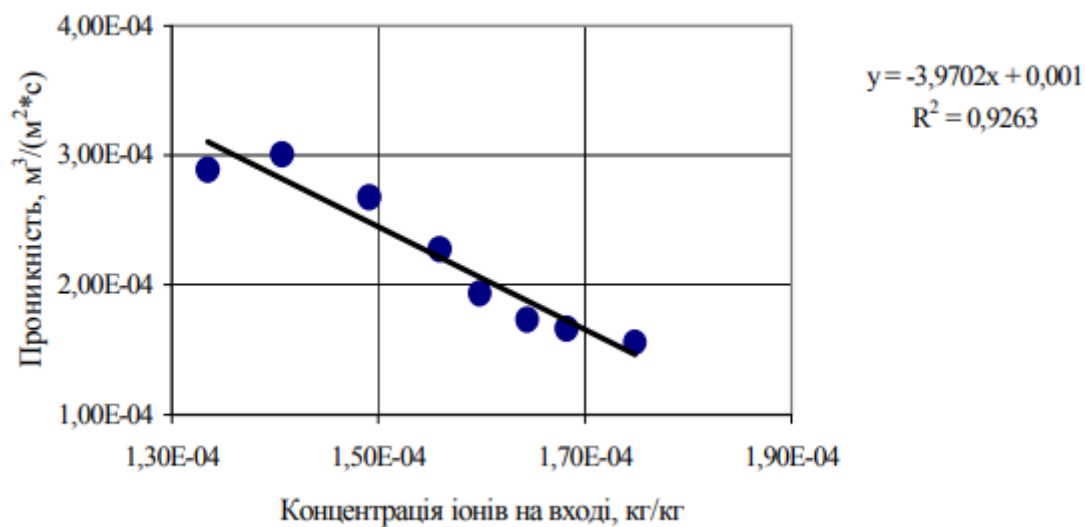


Рисунок 3. Залежність селективності мембрани за іонами, що зумовлюють твердість води від їх вмісту у вхідній рідині.

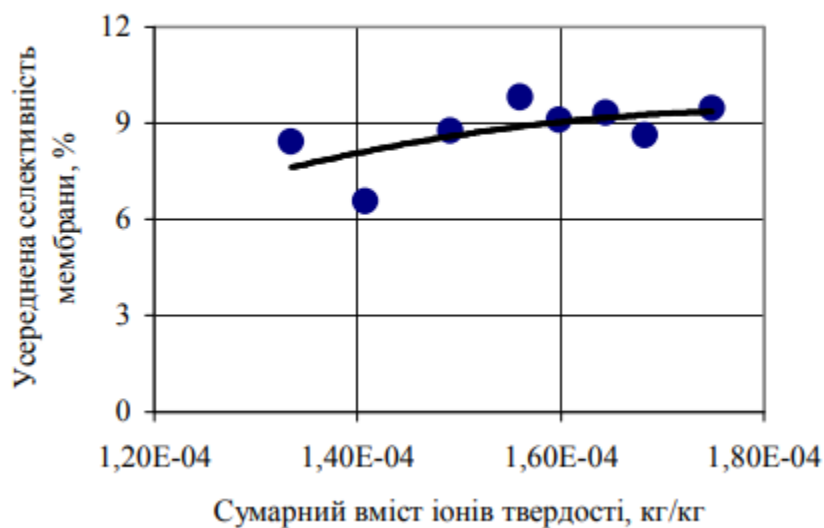


Рисунок 4. Залежність проникності мембрани від початкової концентрації іонів, що зумовлюють твердість води.

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1. Виробнича потужність цеху по прийманню молока складає 250 т/добу.

Асортимент і кількість продукції, що виробляється, приведена в таблиці:

<i>№</i>	<i>Найменування продукту</i>	<i>Кількість, кг/добу</i>
1	Молоко сухе знежирене	20000
2	Сироватка суха	20000
3	Масло вершкове	12000

2. Режим роботи цеху приведений в таблиці:

<i>Найменування виробництва</i>	<i>Кількість змін на добу</i>	<i>Кількість змін в році</i>	<i>Примі тка</i>
Виробництво сухих молочних продуктів	2,5	912,5	
Виробництво масла	1,0	365	

Схема гідравлічна принципова

