

**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 виробництва бутильованої води на ТОВ «Росяна»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТВ-2-9М  
Янченко Максим Валерійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Виговський Валерій Юрійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

Рецензент Андрій МАРІНІН  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

## 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 ТЦі ПВ

Наталія ГУСЯТИНСЬКА

“ ” 2022 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Янченко Максима Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва бутильованої води на ТОВ «Росяна»

керівник роботи Виговський Валерій Юрійович, професор, 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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Наукова частина. Літературний огляд. Аналіз сучасних способів очистки води. Об'єкти і методи досліджень. Експериментальні дослідження. Результати експериментальних досліджень та їх обговорення. Оптимізація дослідних даних. Екологічні аспекти впровадження удосконаленого способу у виробництво. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: Апаратурно-технологічна схема, план і розрізи цеху водопідготовки на ТОВ «Росяна»



## Анотація

Магістерська робота на тему «Удосконалення технології виробництва бутильованої води на ТОВ «Росяна»» містить 74 сторінки, 12 таблиць, 9 малюнків та 3 додатка.

Метою дослідження є переоснащення відділення водопідготовки, покращення смакових властивостей води, та техніко-економічних показників виробництва

Об'єктом дослідження нова удосконалена схема цеху водопідготовки на ТОВ «Росяна».

Предметом дослідження є встановлення нового сучасного обладнання, а саме електролізера, танкера зберігання гіпохлориту натрію і бачка із сольвим розчином, а також заміна устарілої установки зворотнього осмосу на більш сучасну.

У кваліфікаційній роботі наведено та спроектовано удосконалений цех підготовки води. Також описано вимоги до сировини і бутильованої води та найкращі умови їх зберігання. Згідно схеми розроблено опис всіх технологічних операцій. На основі досліджень зроблено підбір оптимального дозування коагулянту  $FeCl_3$

Результати дослідження можуть бути використані ТОВ «Росяна» для удосконалення технології виробництва бутильованої води»

Ключові слова: вода, підприємство, фільтрація, натрій гіпохлорит, зворотній осмос, насос, очищення, коагуляція

					Анотація	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Аннотация

Магистерская работа на тему «Совершенствование технологии производства бутылированной воды на ООО «Росьяна» содержит 74 страниц, 12 таблиц, 9 рисунков и 3 приложения.

Целью исследования является переоснащение отделения водоподготовки, улучшение вкусовых свойств воды и технико-экономических показателей производства. Объектом исследования новая усовершенствованная схема цеха водоподготовки на ООО «Росьяна».

Предметом исследования является установление нового современного оборудования, а именно электролизера, танкера хранения гипохлорита натрия и бачка с соляным раствором, а также замена устаревшей установки обратного осмоса более современной.

В квалификационной работе представлен и спроектирован усовершенствованный цех подготовки воды. Также описаны требования к сырью и бутылированной воде и оптимальные условия их хранения. Согласно технологической схеме произведено описание всех технологических операций. На основе проведенных исследований произведен подбор оптимальной дозировки коагулянта  $FeCl_3$

Результаты исследования могут быть использованы ООО «Россия» для усовершенствования технологии производства бутылированной воды»  
Ключевые слова: вода, предприятие, фильтрация, гипохлорит натрия, обратный осмос, насос, коагуляция, очищение

					Анотація	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## Anotation

Master's thesis on Improving the technology of bottled water production at LLC "Rosyana" contains « 74 pages, 12 table, 9 figures and 3 appendices. The list of names includes....

The purpose of the study is to re-equip the water treatment department, improve the taste of water, and technical and economic performance

The object of the study is a new improved scheme of the water treatment plant at Rosyana LLC.

The subject of the study is the installation of new modern equipment, namely an electrolyzer, a storage tanker for sodium hypochlorite and a tank with saline solution, as well as the replacement of the obsolete reverse osmosis unit with a more modern one.

In the qualification work the improved water treatment shop is given and designed. The requirements for raw materials and bottled water and optimal storage conditions are also described. According to the technological scheme, a description of all technological operations is made. Based on the research, the optimal dosage of  $\text{FeCl}_3$  coagulant was selected

The results of the study can be used by LLC "Rosyana" to improve the technology of bottled water production "

Key words: water, enterprise, filtration, sodium hypochlorite, reverse osmosis, pump, purification, coagulation

					<i>Анотація</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## Зміст

ВСТУП.....	5
1.Наукова частина.....	9
1.1Літературний огляд. Аналіз сучасних способів очищення питної води.....	9
1.2 Об'єкти і методи дослідження.....	20
1.3.Експериментальні дослідження.....	20
1.3.1. Результати експериментальних досліджень та їх обговорення .....	20
1.3.2. Оптимізація дослідних даних .....	31
2.Проектна частина.....	40
2.1. Техніко-економічне обґрунтування ефективності з урахуванням удосконаленого способу .....	40
2.2. Структура підприємства, опис відділення, де пропонується впровадження розробки.....	44
2.3. Вимоги до сировини, що використовується для виробництва, і якості продуктів.....	52
2.4.Технологічні розрахунки.....	55
2.4. 1. Вибір і розрахунок нового технологічного обладнання .....	55
2.5.Екологічні аспекти впровадження удосконаленого способу у виробництво	62
Висновки і рекомендації .....	64
Список використаної літератури.....	65

					<i>Магістерська робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Зміст</i>		
Розроб.		Янченко М.В					
Перевір.		Виговський В.Ю					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						6	73
					<i>НУХТ ТВ 2-9М</i>		

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Проблема якості питної води в Україні відноситься до числа соціально значущих, оскільки визначає ступінь екологічної та епідеміологічної безпеки здоров'я населення. Невідповідність якості питної води (далі – ПВ) нормативним вимогам є однією з причин поширення багатьох інфекційних (вірусний гепатит А, черевний тиф тощо) та неінфекційних (хвороби системи травлення, ендокринної системи тощо) хвороб. За даними ВООЗ більше 80 захворювань можуть бути пов'язані з незадовільною якістю ПВ. Вживання неякісної питної води щорічно призводить до ризику захворювання біля 20% населення України. Стан організму людини залежить від внутрішнього гомеостазу і від зовнішніх чинників життєзабезпечення. Окрему роль в цьому процесі відіграє питна вода.[6]

Вода становить близько 65–70 % від маси тіла людини, важливий компонент клітин, основа міжклітинної рідини, плазми та лімфи, є не тільки розчинником, але і необхідним регулятором біохімічних процесів (далі – БП). Проблема чистої води з кожним роком стає все серйознішою і набуває зростаюче економічне, соціальне та екологічне значення. Нерівномірність розподілу прісної води регіонами планети, також в межах окремих країн, прогресуючий обсяг споживання прісної води промисловістю та аграрними підприємствами, а також побутово-комунальною сферою на фоні постійного зниження якості природних вод через їх антропогенне забруднення становлять забезпечення населення планети якісною питною водою в ряд найважливіших соціально-економічних проблем світового співтовариства. Забезпечення населення якісною ПВ залишається однією з ключових проблем в Україні. [67]

Добова норма споживання води людиною – 2,5–3,0 дм<sup>3</sup>. Залежно від умов зовнішнього середовища ця норма може змінюватись. Сучасні централізовані водопровідні комунікації використовують воду поверхневих прісноводних джерел. Існуючі очисні станції, які мають як мінімум 14 ступенів механічної і хімічної очистки води, не завжди можуть впоратися з усіма 9

					Вступ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

домішками, які містяться у воді поверхневих джерел. Пріоритетом для покращення якості ПВ є: оновлення та удосконалення систем водопостачання, упорядкування зон санітарної охорони джерел питного водопостачання на водозаборах, будівництво і реконструкція водоочисних систем з використанням нових технологій, доочищення води в побуті. Підземні води вважаються вільними від бактеріологічного забруднення, однак більш дрібні мікроорганізми – віруси – мають здатність проникати крізь ґрунт в підземні резервуари води. Артезіанські води позбавлені кисню і перенасичені солями неорганічної природи внаслідок чого в організм потрапляють хімічні елементи у великій кількості. Водопровідні води представляють собою доочищені води з поверхневих і підземних джерел. У сучасних містах їх якість контролюється державними лабораторіями, які мають можливості визначити ступінь забрудненості води та придатності її для споживання. [82]

Комунальні станції водопідготовки застосовують найбільш бюджетні технології доочистки в поєднанні з рясним хлоруванням. На шляху до споживача водопровідна вода, проходячи по багаторічним міським комунікаціям, піддається вторинному забрудненню. Перебуваючи в замкнутих просторах і багаторазово різко повертаючи на 90 градусів, вода втрачає свою природну молекулярну впорядкованість. При проходженні через металевий водопровід, вода насичується частинками заліза та мулу з внутрішніх стінок. На сьогодні, понад 30% протяжності водопроводів в Україні перебувають в аварійному та зношеному стані. Значні втрати води у водопровідних мережах є однією з причин високого рівня водоемності виробничого сектору. Це негативно позначається на якості ПВ, призводить до зростання як інфекційної, так і неінфекційної захворюваності населення. 10 Відповідно Державним Санітарним нормам і правилам (ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною») питна вода повинна бути безпечною в радіаційному і епідемічному відношенні, мати гарні органолептичні якості і не шкідливий хімічний склад. При виборі джерела

					<i>Вступ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

питного водопостачання надається перевага підземним джерелам, надійно захищеним від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення. [53]

За даними МОЗ України, за 2015-2019 роки погіршення якості ПВ спостерігається як за бактеріологічними, так і за санітарно-хімічними показниками, особливо у сільських водопроводах та джерелах нецентралізованого водопостачання. За останні 5 років кількість нестандартних проб з відхиленнями за мікробіологічними показниками зросла більше (у 2.2 – 2.7 рази), ніж за санітарнохімічними (у 1.4 – 2.2 рази), особливо слід підкреслити швидке погіршення якості ПВ (зростання нестандартних проб) з комунальних водопроводів та водопровідної мережі. У 2018-2019 роках спостерігається зростання кількості проб води з відхиленнями від норм за вмістом нітратів і за мікробіологічними показниками. [10]

За даними Держводагентства зареєстровано 1.3 тис. сільських населених пунктів, які користуються привозною водою, з населенням 950 тис. осіб в 16 регіонах України. Ситуація з доступом до централізованого водовідведення залишається майже без змін: 95% міст, 63% селищ та лише 3% сіл мають каналізацію. Оцінка сучасного стану якості води в джерелах водопостачання та існуючих технологій і технічних засобів очищення природних вод свідчить про актуальність проблеми удосконалення технологій доочистки питної води в побутових умовах.

**Мета роботи** – удосконалити процес очищення підземної води на ТОВ «Росяна».

**Об’єкт** – питна вода.

**Предмет дослідження** – підземна вода на ТОВ «Росяна».

**Методи дослідження** – аналіз наукової літератури та узагальнення науковотеоретичних і експериментальних даних.

					<i>Вступ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

**Завдання дослідження** – покращення техніко-економічних показників виробництва та якості готової продукції на ТОВ «Росяна»

**Наукова новизна отриманих результатів.** Розроблено рівняння регресії, що описують залежність продуктивності установки ЗО від тиску. Визначено оптимальний тиск для обробки вихідної води перед установкою ЗО

**Практичне значення роботи.** В роботі удосконалено технологію бутильованої води на ТОВ «Росяна» . Розроблено заходи і методи, що включають встановлення новітньої установки зворотного осмосу, облаштування цеху приготування гіпохлориту натрію, обрахування необхідного тиску для установки ЗО

**Апробація результатів роботи.** Результати досліджень за напрямком магістерської роботи доповідались та обговорювались на науковій конференції:

- 87 Міжнародна наукова конференція молодих учених, студентів і аспірантів "Наукові здобутки молоді – задля вирішення проблем харчування людства у XXI столітті" 15–16 квітня 2021 р.

Магістерська робота на тему «Удосконалення технології виробництва бутильованої води на ТОВ «Росяна» »містить 73 сторінки, 12 таблиць, 9 малюнків та 3 додатка. Метою дослідження є переоснащення відділення водопідготовки , покращення смакових властивостей води, та техніко-економічних показників виробництва

					<i>Вступ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.Наукова частина

### 1.1Літературний огляд. Аналіз сучасних способів очищення питної води

Значення чистої води для людини важко переоцінити. Вода, стикаючись з багатьма середовищами, розчиняє в собі величезну кількість хімічних речовин, як органічних, так і неорганічних. Деякі з них самі по собі можливо і не дуже шкідливі для організму, але стають шкідливими при контакті з іншими. Вони можуть бути корисними, але у поєднанні з чимось, завдавати не порівняної шкоди. Теж саме у воді: присутньо безліч мікроорганізмів, які можуть викликати масу захворювань.

Відомо, що надходження в організм речовин разом із питною водою, в концентраціях вище гранично-допустимих, може викликати невиправні зміни в роботі найважливіших систем життєдіяльності людини.

*Мінералізація* - при підвищеному загальному вмісті солі спостерігається перерозподіл води в організмі, напруження механізмів у регуляції водно-сольового гомеостазу, порушення кислотно-лужної рівноваги, розвиток різних функціональних порушень залежно від іонного складу води.

*Жорсткість* - підвищена жорсткість води приводить до відкладення солей у сечовивідних шляхах, гіперкальцурії, зміні водно-сольового і білково-ліпідного обмінів.

*Сульфати* - встановлено зв'язок між сульфатами, що мають підвищений вміст у воді з функціональним станом шлунково-кишкового тракту (секреторною діяльністю шлунку, процесами перетравлення та всмоктування їжі) – пониження кислотності шлункового соку.

*Хлориди* – впливають на водно-сольовий обмін, при підвищеному вмісті можливий розвиток гіпертензивного синдрому.

*Кальцій* – його надлишок зумовлює відкладення солей у нирках і сечовивідних шляхах, вапніють кістки і стінки судин, зупиняється ріст скелету.

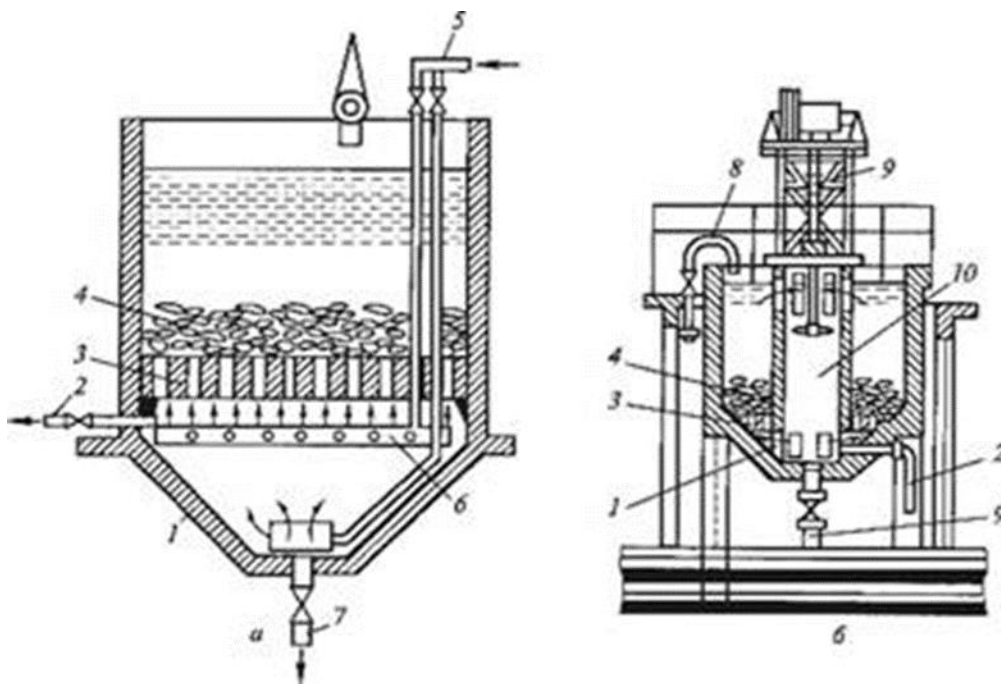
					Наукова частина	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Натрій* – надлишок натрію веде до затримки води в організмі, підвищується збудження міокарду, з'являється гіпергензивний стан. [18]

*Фтор* - під час підвищеної концентрації з'являється крапчатість емалі зубів, збільшується виведення кальцію, понижується вміст кальцію і фосфору в кістках, зменшується синтез мукополісахаридів, пригнічується активність ряду протоплазмативних ферментів, проходить придушення імунної реактивності, а також морфофункціональні зміни в нирках і печінці.

*Залізо* - тривале вживання залізистої води призвдить до виникнення хвороб крові, розвитку інфарктів, захворюванню печінки, негативно впливає на репродуктивну функцію організму.

*Марганець* – підвищений вміст марганцю у воді веде до анемії, порушення функціонального стану ЦНС.



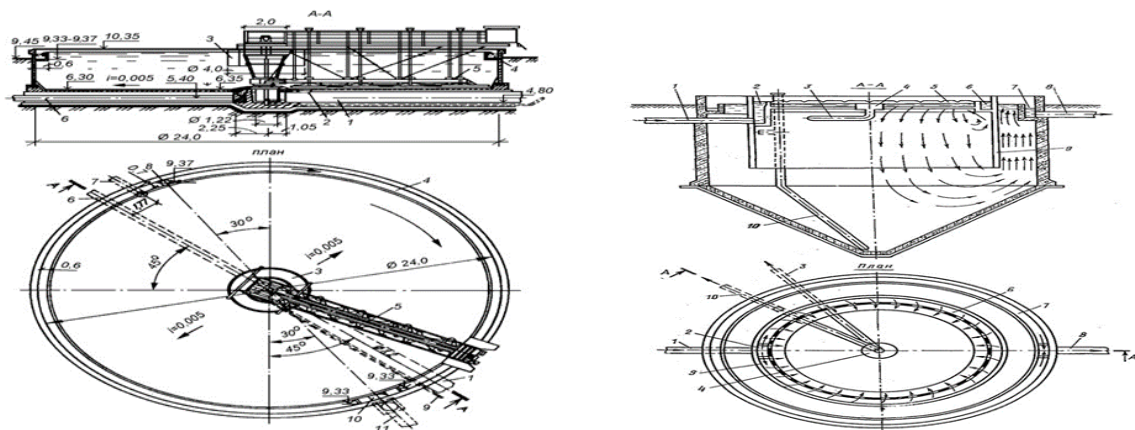
Існують різні методи очищення води, що приводять її до норм, які встановлені СанПіН. Розглянемо найбільш поширені з них:

## Попереднє очищення води

Якщо для приготування питної води використовуються поверхневі і підземні води, то відбувається проведення ретельного попереднього очищення:

- *первинне відстоювання* – застосування реагентів, залежно від складу початкової води.
- *коагуляція* (тобто введення у воду, що обробляється солей алюмінію, заліза або поліелектролітів), для укрупнення зважених і колоїдних частинок і переходу їх у фільтровану форму.
- *механічне очищення води за допомогою фільтрування*. Очищення води за допомогою фільтрування застосовується для самих різних цілей. [73]

Для очищення води, що подається із громадських водопровідних мереж, як правило, застосовується тонке фільтрування з використанням елементів очищення, сіток і картриджів із ступенем фільтрації від 5мкм



## Очищення води від заліза

Типова картина, яка спостерігається при підйомі залізистої води з свердловини, така: спочатку вода, тільки-но викачана зі свердловини, абсолютно прозора і здається чистою, але проходить декілька десятків хвилин і вода каламутніє, набуваючи специфічного рудуватого кольору. Наявність заліза можна визначити і на смак.

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Наукова частина				

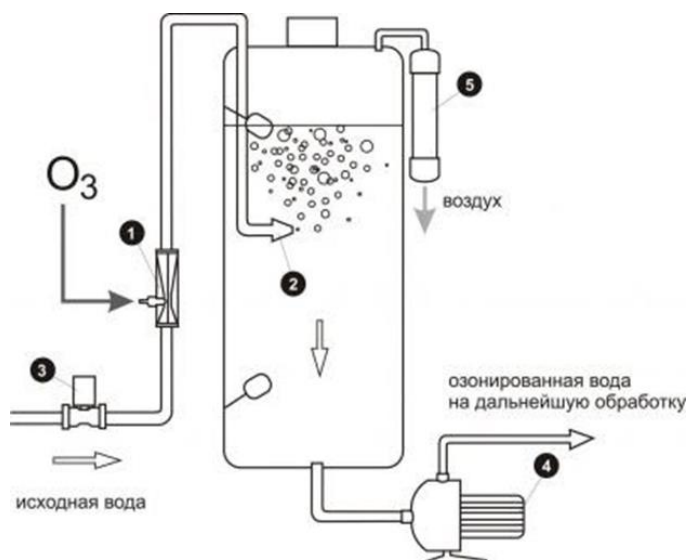
Починаючи з концентрації 1,0-1,5 міліграм/л вода має характерний неприємний металевий присмак. Ігнорування проблеми заліза у воді призводить до втрати «білизни» ванн і раковин, виходу з ладу імпортової сантехніки, появи в системі водопроводу залізобактерій, корозії труб. У системі гарячого водопостачання проблеми, які зумовлені підвищеним вмістом заліза, зростають у декілька разів. Під час концентрації у 0,6 міліграм/л з'являється інтенсивна поява пластівців, утворюючи рихлий шлам, який забиває теплообмінники, радіатори, трубопроводи, зменшуючи їхню прохідну здатність.[44]

За санітарними нормами вміст заліза в питній воді не може перевищувати 0,3 міліграм/л. У підземній же воді вміст його коливається в межах від 0,5 до 15 міліграм/л. Вирішення проблеми очищення води від заліза є досить складним і комплексним завданням, у зв'язку з цим навряд чи можливо встановити які-небудь універсальні правила очищення.

Найчастіше при очищенні води від заліза застосовують наступні методи:

- *аерація*, тобто нагнітання повітря і інтенсивний процес окислення в ємності.
- *оброблення води сильними окислювачами* – озон, гіпохлорит натрію, перманганат калію, діоксид хлору
- *фільтрування* через модифіковане завантаження (пропускання води через матеріали для видалення заліза, які здійснюють не тільки очищення води від окисленого заліза (осаду), але і від розчиненого заліза за допомогою хімічної взаємодії).

					Наукова частина	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### Очищення води від солей жорсткості

З жорсткою водою стикалася, напевно, кожна людина, варто пригадати про накип у чайнику. Чай і каву теж краще заварювати м'якою водою. Жорсткість води залежить від загального вмісту в ній розчинених солей кальцію і магнію. [23]

Гідрокарбонати кальцію і магнію створюють карбонатну або тимчасову жорсткість води, яка повністю забирається під час кип'ячення води протягом години. В процесі кип'ячення розчинні гідрокарбонати переходять у нерозчинні карбонати, що випадають у вигляді білого осаду або ж накипу. Солі сильнодіючих кислот, наприклад, сульфати і хлориди кальцію і магнію - створюють некарбонатну або постійну жорсткість, що не проходить під час кип'ячення води.

Жорсткість прісних природних водоймищ змінюється протягом року, мінімальною є вона в період паводку. Артезіанська вода, зазвичай, жорсткіша за воду з поверхневих джерел.

У деяких випадках жорсткість може утворювати проблеми. Приймати ванну, мити посуд, прати, мити машини – для цього жорстка вода менш ефективна, аніж м'яка.

І ось чому:

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- При застосуванні м'якої води витрачається в 2 рази менше миючих засобів;

- Жорстка вода, яка взаємодіє з милом, утворює «мильні шлаки», які не змиваються водою і залишають негарні розмиви на посуді і поверхні сантехніки;

- «Мильні шлаки» також не змиваються з поверхні людської шкіри, забиваючи пори і покриваючи кожну волосинку на тілі, що може спричинити появу висипу, роздратування, свербіння.

- Під час нагрівання води, солі жорсткості що містяться в ній, кристалізуються, випадаючи у вигляді накипу. Наслідок накипу - 90% відмов водонагрівального устаткування. Тому до води, що нагрівається в казанах, бойлерах і т.п., висуваються вимоги по жорсткості на порядок вищі. Для різних марок казанів жорсткість не повинна перевищувати 0,01 – 0,05 мг-екв/л.[65]

- У багатьох промислових процесах солі жорсткості можуть вступити в хімічну реакцію, створивши небажані проміжні продукти.

У тих випадках, коли вода надто жорстка і її необхідно пом'якшити, застосовують наступні методи очищення води:

- термічний – його основа: нагрівання води
- дистиляція або вимороження
- реагентний
- іонообміну
- зворотний осмос
- електродіаліз
- комбінований - різні поєднання перерахованих методів.

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## Поліпшення органолептичних показників води

Поліпшення органолептичних показників води проводиться на активованому вугіллі, найчастіше використовується на одному з останніх ступенів очищення і є одним з класичних способів отримання питної води. Практично кожна бутельована вода проходить через вугільний фільтр. Таке додаткове очищення води необхідне в тих випадках, коли потрібно усунути незначні порушення показників кольоровості, смаку і запаху води. Активоване вугілля також використовується для очищення муніципальної водопровідної води від хлору і хлоровмісних з'єднань. Ефективність активованого вугілля пов'язана з його високою сорбційною ємністю, збільшеною за рахунок оптимального розміру гранул. [29]

## Знезараження

Знезараження питної води має важливе значення в загальному циклі очищення води і застосовується майже скрізь, оскільки це останній бар'єр на шляху передачі бактерійних і вірусних хвороб. Знезараження води є останнім етапом підготовки питної води. Використання для пиття поверхневої води в більшості випадків неможливе без знезараження.

Звичайними методами знезараження при очищенні води є:

- хлорування шляхом додавання хлору, діоксиду хлору, гіпохлорита натрію або кальцію;
- озонування води;
- ультрафіолетове опромінювання.

У процесі обробки газоподібним (зрідженим) хлором, іншими хлорактивними сполуками проходить створення побічних токсичних продуктів хлорування – летючих галогенорганічних сполук (ЛГС), чотирьоххлористого вуглецю й ін., серед яких найбільшої уваги приділяється хлороформу, що перевищує концентрацію інших токсикантів, як правило, на 1-2 порядки.

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На процес створення ЛГС у водному середовищі чинить вплив реакційна здатність і концентрація органічних сполук. Джерелом найбільшої кількості ЛГС у воді є гумінові кислоти, фульвокислоти, хіноіни, похідні фенолу, аніліну, а також продукти метаболізму водоростей. Крім того, важливу роль грає доза і форма активного хлору.

Збільшення в питній воді ЛГС є шкідливим для здоров'я населення в зв'язку з їхньою біологічною активністю. ЛГС не тільки володіють вираженими загальтоксичними властивостями, але і мають віддалені ефекти – ембріотоксичний, канцерогенний, мутагенний [8,9]. На думку ряду вітчизняних і закордонних авторів, такі методи знезаражування питної води, як озонування й обробка перекисом водню, позбавлені цілого ряду недоліків, властивих хлоруванню [8, 10, 11, 12]. Технологія озонування набула широкого використання у всьому світі. Сьогодні є більш ніж 1000 водопровідних станцій у Європі, США, Канаді, Японії та ін., на яких застосовується озонування як складова частина загального технологічного процесу підготовки води [13]. Особливістю озону є легкість його розпаду з утворенням атомарного кисню – одного з найбільш потужних окислювачів. Атомарний кисень усуває бактерії, спори, віруси, руйнує розчинені у воді органічні речовини.

Це дозволяє застосовувати озон не тільки для знезаражування, але і для дезодорації питної води, видалення токсичних органічних речовин. Надлишок озону, на відміну від хлору, не денатурує воду. При озонуванні мінеральний склад, лужність, рН води залишаються без змін [14].

Побічні продукти, що виникають, можуть викликати мутагенний і інші несприятливі ефекти. Більш глибокі зміни хімічного складу води спостерігаються, якщо в схемі водопостачання після озонування використовують хлорування води. У цьому випадку хлорування побічних продуктів озонування води приводить до утворення тригалометанів – відомих мутагенів і канцерогенів. Аналізуючи стан даного питання, автори робіт зауважують, що проблема впливу продуктів озонолізу на здоров'я людини ще

					<i>Наукова частина</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

є недостатньо вивченою [16]

Практичний досвід використання срібла і його препаратів з метою знезаражування і консервації питної води накопичувався людством протягом багатьох століть. Роботами вітчизняних і закордонних авторів був встановлений високий бактерицидний ефект іонів срібла вже в концентрації 0,05 мг/л. Було доведено, що срібло має широкий спектр антимікробної дії, призупиняючи ріст бактерій і вірусів [5, 22]. Найбільшого поширення одержало застосування електролітичного або анодорозчинного срібла. Електролітичне введення реагенту допомагає автоматизувати процес знезаражування води, а іони, що утворюються при цьому на аноді, гіпохлорити і перекісні сполуки посилюють бактерицидну дію анодорозчинного срібла.

До переваг методу можна віднести можливість автоматизації процесу і точного дозування реагенту. Срібло має виражену післядію, що дає змогу консервувати воду на термін до 6 місяців і більше [23]. За сучасними уявленнями, іони срібла збираються клітинною оболонкою і після досягнення надлишкової концентрації проникають у мікробну клітину. Іони срібла блокують функціональні групи основних ферментних систем клітини, які розташовані у цитоплазматичній мембрані або в періплазматичному просторі [24].

Разом з тим срібло є дорогим і досить дефіцитним реагентом, на антимікробну дію срібла помітно мають вплив фізико-хімічні властивості оброблюваної води [24]. Срібло не має спороцидної дії, але, на думку окремих авторів, проростання спор у присутності іонів срібла затримується.

Віруліцидна дія іонів срібла має прояв тільки при високих концентраціях – 0,5-10 мг/л [5]. Потрібний бактерицидний ефект при концентрації срібла 0,06-0,1 мг/л досягається після експозиції 2-6 годин, а в ряді випадків – через 24 години [25]. Можливий розвиток стійкості до срібла в патогенних мікроорганізмів [26].

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Серед інших сучасних фізико-хімічних способів знезаражування води, які знаходяться на стадії лабораторних досліджень, можна відзначити: вплив постійного електричного поля з іонами срібла і міді; УЗК із перекисом водню;  $\gamma$ -випромінювання з перекисом водню або хромом; лазерне випромінювання з іонами міді [48]. З'явилися повідомлення, що прогнозують взаємний посилюючий вплив на біоб'єкти дії озону та електронного пучка [39].

До фізичних способів знезаражування питної води можна віднести застосування ультрафіолетового й іонізуючого випромінювання, ультразвукових коливань, термічної обробки. В даний час ультрафіолетове випромінювання (УФВ), що має бактерицидну, віруліцидну і спороцидну дію, знайшло широке застосування в практиці знезаражування природних вод. Показано, що УФВ з довжиною хвилі 250-260 нм володіє найбільшою антимікробною дією.

Чутливість мікроорганізмів до УФВ в цьому діапазоні добре вивчена і визначається по зоні випромінювання, що звичайно вимірюється в мДж/см<sup>2</sup>. Доза, що забезпечує 95% інактивацію E.coli, складає 3 мДж/см<sup>2</sup>. Для більш глибокого знезаражування, тобто зменшення кількості мікроорганізмів на 99,0; 99,9; 99,99%, необхідні дози УФВ відповідно 6,8 і 19 мДж/см<sup>2</sup>. Проте антимікробний ефект у відношенні інших видів мікроорганізмів, за даними деяких авторів, перебуває в діапазоні доз від 2,5 до 440 мДж/см<sup>2</sup> [30]. У практиці водопідготовки прийнято вважати, що для ефектного заключного знезаражування води УФ-установки мають забезпечити дозу опромінення не менш 20 мДж/см<sup>2</sup> [31]. Смерть мікроорганізмів під дією УФВ з довжиною хвилі 50-20 нм проходить за рахунок незворотних ушкоджень бактеріальної ДНК.

Основними мішенями при цьому є азотисті основи нуклеотидів – пурини і піримідини. Дані, які отримані в останні десятиліття, демонструють, що не тільки короткохвильове, але аналоги Мечниковського Інституту, N 1, 2006 5 УФВ в області 280-400 нм здатне індукувати фотодеструктивні реакції в ДНК.

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті обробки УФВ поряд із ДНК пошкоджуються РНК, мембранні і білкові структури бактеріальної клітини [30]. Аналіз літературних даних дав можливість виявити як позитивні, так і негативні сторони використання УФВ в практиці знезаражування питної води.

До позитивного можна віднести наступне: широкий спектр антимікробної дії, відсутність небезпеки передозування; УФВ не денатурує воду, не змінює запах і смак води; характеризуються високою продуктивністю і простотою експлуатації; необхідно мінімальний контактний час (секунди) для знезаражування води; ефективність знезаражування не залежить від рН і температури води; установки УФ-знезараження досить компактні, працюють у проточному режимі надійні у відношенні техніки безпеки; спосіб досить економічний, порівняно по вартості з хлоруванням.

Негативними сторонами знезаражування води УФВ є: залежність бактерицидного ефекту від мутності і кольоровості оброблюваної води, виду мікроорганізмів, їхньої кількості, дози опромінення; відсутність надійного способу оперативного контролю за ефективністю знезаражування. Крім того, ефективна доза УФВ за інших рівних умов є залежною від типу установки і, отже, потрібно перевіряти ефективність роботи устаткування в кожному конкретному випадку

У якості комбінованих хімічних способів можна розглянути застосування хлору й озону іонами срібла і міді, препаратів хлору з перекисом водню, перекису водню з озоном, іонами срібла і міді, а також ряд інших комбінацій. Дані технології дають змогу понизити концентрації застосовуваних реагентів, скоротити час обробки води при незмінному, а іноді і більш вираженому антимікробному ефекті [29, 42, 43].

Для знезаражування питної води запропоновані комбіновані фізичні способи, зокрема, сполучення УФВ та УЗК, термічна обробка з УЗК або  $\gamma$ -випромінюванням, комплекс електричних впливів [32]. Основними недоліками комбінованих фізичних способів є відсутність післядії і способу оперативного контролю за ефективністю знезаражування води [44].

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Наукова частина				

Таким чином, аналіз приведеної літератури демонструє, що застосовувані в даний час хімічні і фізичні способи знезаражування води по ряду істотних показників не повністю відповідають сучасним гігієнічним вимогам. Недоліки традиційних способів спонукають шукати нові шляхи знезаражування води.

## 1.2 Об'єкти і методи дослідження

*Об'єкт дослідження* – технологія виробництва бутильованої води.

*Предмет дослідження* – фізико-хімічні показники води, ефективність процесів очищення підземної води у виробництві бутильованої води з використанням сучасної зворотного осмосу та натрій гіпохлориту на ТОВ «Росяна»

*Мета даної роботи* – удосконалення технології бутильованої води із впровадженням сучасної установки зворотного осмосу та цеху виробництва натрій гіпохлориту для покращення якості бутильованої води та можливості розширення продукції на ТОВ «Росяна»

*Методи дослідження* – фізико-хімічні методи аналізу якості очищення води.

Експериментальні дослідження були проведені в лабораторії контролю якості на ТОВ «Росяна»

## 1.3. Експериментальні дослідження

### 1.3.1. Результати експериментальних досліджень та їх обговорення

Метою даних досліджень було визначення ефективності очищення за показниками якості води в ході технологічного процесу на ТОВ «Росяна». Для забезпечення стабільної і якісної обробки води необхідно проводити аналіз якості води на кожному етапі її підготовки.

Методика досліджень була в наступному. На першому етапі проводився контроль вихідної води, яка відбирається з кожної скважини, безпосередньо при вході до насосної станції. При цьому встановлюються ряд показників якості та визначається їх відповідність законодавчим вимогам та специфікації

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

ДСанПіН 2.2.4-171-10 (табл.1.4).

Таблиця.1.4. Показники епідемічної безпеки питної води

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Нормативи для води питної ДСанПіН 2.2.4-171-10
		фасованої
Загальне мікробне число при t = 36 °С – 24 години*	КОЕ/см <sup>3</sup>	≤ 20
Загальне мікробне число при t = 21 °С – 72 години	КОЕ/см <sup>3</sup>	≤ 100
Загальні коліформи ***	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	відсутність
E.coli***	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	відсутність
Ентерококи ***	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	відсутність
Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	відсутність
Патогенні ентеробактерії	наявність в 1 дм <sup>3</sup>	відсутність
Коліфагі	БОЕ/дм <sup>3</sup>	відсутність
Ентеровіруси вірусу гепатиту А, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, та інші	наявність у 10 дм <sup>3</sup>	відсутність
Патогенні кишкові найпростіші: із спор,цисти криптоспоридій, , цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші	клітини, цисти в 50 дм <sup>3</sup>	відсутність
Кишкові гельмінти	клітини, яйця, личинки, в 50 дм <sup>3</sup>	відсутність

Вода на вході водопідготовки контролюється кожні чотири години по 8 важливим показникам якості, а саме зовнішній вид (відсутність видимого кольору, осаду, плівки на поверхні), мутність, рН, , вміст вільного хлору, кальцієва та загальна твердість, залізо, хлориди та вміст солей.

Після цього відбирають зразки води після пісочних фільтрів (кожний окремо), проводяться ті ж досліді, що на вході до станції підготовки води для фіксування зміни показників на кожному етапі очищення води. Ці досліді роблять також після катіонообмінника, іонообмінника, на вході та на виході з резервних танків, нанофільтрувальної установки та після пісочних фільтрів. Одержані дані на кожному процесі фіксуються та записуються для відслідковування показників якості води.

Дані показників показані в таблицях нижче за різної пори року.

*Таблиця 1.5. Результати тестів води за січень 2021 року, при закачці на водопідготовці*

	рН	Мутність, NTU	Заг. Твердість, мг/л	Кальцієва твердість, мг/л	Хлор, мг/л	Загальний вміст розчинених солей, мг/л	Перманганатна окис. O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Вода на вході до пісочних фільтрів	7,85	0,54	150	140	0,4	450	1.3
Вихідна вода	7,6	0,3	-	-	0,4	442	0,45
Вода після установки зворотнього осмосу	5,5	0,17	64	55	0,01	347	0.2
Вода на вході в іонообмінник	7,2	0,29	158	140	1,6	441	0.35
Вода на виході	7,4	0,23	62	-	1,3	413	0.18

На основі аналізу результатів е досліджень, представлених в табл. 1.5, треба відмітити, що якість вихідної води відповідає вимогам

*Таблиця 1.6. Результати тестів води за травень 2021 року, при закачці на водопідготовці*

	pH	Мутність, NTU	Заг. твердість, мг/л	Кальцієва твердість, мг/л	Хлор, мг/л	Загальний вміст розчинених солей, мг/л	Перманганатна окис. O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Вода на вході до пісочних фільтрів	7,75	0,54	159	143	0,36	447	1.32
Вихідна вода	7,55	0,28	-	-	0,38	443	0,4
Вода після установки зворотнього осмосу	5,6	0,17	66	55	0,01	351	0.2
Вода на вході в іонообмінник	7.7	0,30	152	139	1,2	447	0,24
Вода на виході	7,8	0,2	68	-	1,3	416	0,17

*Таблиця 1.7. Результати тестів води за серпень 2021 року, при закачці на водопідготовці*

	pH	Мутність, NTU	Заг. твердість, мг/л	Кальцієва твердість, мг/л	Хлор, мг/л	Загальний вміст розчинених солей, мг/л	Перманганатна окис. O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Вода на вході до пісочних фільтрів	7,85	0,47	156	140	0,41	449	1,1
Вихідна вода	7,55	0,26	-	-	0,36	441	1,1

Вода після установки зворотнього осмосу	5,84	0,2	70	55	0,01	353	0,32
Вода на вході в іонообмінник	7,51	0,26	159	143	1,4	445	0,56
Вода на виході	7,47	0,22	62	-	1,2	420	0,52

*Таблиця 1.8. Результати тестів води за листопад 2021 року, при закачці на водопідготовці*

	pH	Мутність, NTU	Заг. твердість, мг/л	Кальцієва твердість, мг/л	Хлор, мг/л	Загальний вміст розчинених солей, мг/л	Перманганатна окис. O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Вода на вході до пісочних фільтрів	7,88	0,52	145	140	0,4	442	1,11
Вихідна вода	7,7	0,33	-	-	0,31	439	0,43
Вода після установки зворотнього осмосу	5,80	0,16	63	55	0,01	347	0,8
Вода на вході в іонообмінник	7,58	0,28	149	133	1,4	445	0,43
Вода на виході	7,4	0,21	66	-	1,22	411	0,46

Таблиця 1.9. Результати через каскад фільтрів (для природної питної води):

Показники	16 січня 2021 р.	16 травня 2021 р.	16 серпня 2021 р.	16 листопада 2021 р
pH	7,72	7,71	7,75	7,68
Загальна твердість, мг/л	120	109	117	116
Кальцієва твердість, мг/л	96	97	96	90
Сульфати, мг/л	15	14	15	17
Хлориди, мг/л	89	92,7	91,8	93,5
Fe <sup>3+</sup> , мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1
Мутність	0,16	0,18	0,16	0,13
Заг. вміст розчинених солей, мг/л	418	404	437	409
Амоній, мг/л	0,017	0,019	0,015	0,014
Нітриди, мг/л	0,010	0,008	0,011	0,007
Кремній, мг/л	8,1	7,5	8	7,7
Вміст O <sub>2</sub> , мг/л	7,3	7,5	7,7	7,6

За результатами досліджень (що вказані в таблиці 1.9) протягом року можна зробити висновок, що показники по якості води, в залежності від пори року, практично є сталими і відповідають нормі. Проте після установки ЗО було виявлено невеликий надлишок загального вмісту розчинених солей. Це зумовлено тим, що сама установка є застарілою і потребує заміни.

Для укрупнення домішок використано коагулянт FeCL<sub>3</sub>. Коагулянт є ефективним для підготовки питної води та її обробки у широкому діапазоні рН.

Вміст тривалентного заліза в продукті складає – 18 – 22%. Концентрація розчину хлориду заліза близько 10% заліза (близько 36% FeCL<sub>3</sub>).

Таблиця 1.2. Специфікація коагулянту FeCL<sub>3</sub>

Зовнішній вигляд	Коричнево-жовті гранули
рН	< 2
Залізо (Fe <sup>3+</sup> ) від товарного	18 ± 1,0%
Залізо (Fe <sup>3+</sup> ) від сухого	21 ± 1,0%
Залізо (Fe <sup>2+</sup> )	< 1,0%
Вільна кислота	< 1,0%
Насипна густина	1050 ± 100 кг/м <sup>3</sup>

У таблиці наведені робочі характеристики коагулянту.

Таблиця 1.3. Робочі характеристики коагулянту «FeCL<sub>3</sub>»

Вміст активного	Приб. 3,7 моль/кг
Хлорид (Cl)	< 54%
Нерозчинні у воді	< 1%
Ситовий аналіз < 5 мм	< 99%
Ситовий аналіз < 0,2 мм	< 3%
Ситовий аналіз 2 мм	50% (D <sub>50</sub> )
Кут відкосу насипного	37 градусів

«FeCL3» сертифікований Національним Фондом Санітарії (NFS) для максимального дозування 276 мг/л, а також він відповідає стандарту AWWAB405.

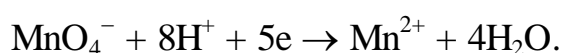
#### *Приготування розчину та дозування*

Гранули можуть бути розчинені в ємності, яку обладнана мішалкою. Дозування 50 вагових % води та 50 вагових % гранул утворює розчин, що містить близько. 10% Fe, через приблизно 15 хвилин при кімнатній температурі. Цей рівень концентрації не має перевищуватись у оптимальних умовах . Для отримання максимальної концентрації –12,5% Fe, необхідно додатково нагріти та збільшити час розчинення. [18]

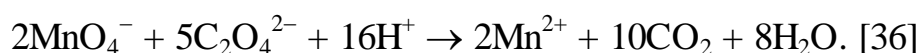
#### *МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРМАНГАНАТНОЇ ОКИСНЮВАНOSTI*

В конічну колбу місткістю 250 см<sup>3</sup> наливають 100 см<sup>3</sup> води, додають 5 см<sup>3</sup> сірчаної кислоти (розведення 1:3) і розчин перманганату калію (молярна концентрація еквівалента  $C_1 = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>) у кількості  $v_n = 10$  см<sup>3</sup>. Накривши колбу воронкою кип'ятять 10 хвилин від моменту закипання.

Перманганат калію, як сильний окислювач, реагує з присутніми у воді відновниками:



Оскільки перманганат додають з надлишком, його залишок забарвлює досліджувану пробу води і реагує з щавлевою кислотою, яку додають у кількості 10 см<sup>3</sup>(молярна концентрація еквівалента 0,01 моль/дм<sup>3</sup>) у зняту з нагрівального приладу колбу:



Гарячий розчин після введення щавлевої кислоти втрачає колір. Щоб визначити залишок щавлевої кислоти пробу у колбі відразу титрують розчином  $\text{KMnO}_4$  (молярна концентрація еквівалента 0,01 моль/дм<sup>3</sup>) до слабкорожевого

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кольору. Кількість витраченого розчину  $\text{KMnO}_4$  позначаємо  $v_1$  (перше титрування). Таким чином, на реакції з органічними речовинами досліджуваної води і  $10 \text{ см}^3$  щавлевої кислоти витрачено  $(v_n + v_1) \text{ см}^3$  розчину  $\text{KMnO}_4$  (молярна концентрація еквівалента  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ).

Для визначення кількості розчину перманганату калію, який витрачається на титрування  $10 \text{ см}^3$  щавлевої кислоти (молярна концентрація еквівалента  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ), тобто для визначення титру  $\text{KMnO}_4$ , в ту саму колбу в ще гарячий розчин доливають  $10 \text{ см}^3$  розчину щавлевої кислоти і знову відтитровують перманганатом калію до слабкорожевого кольору, який зберігається протягом 1 хвилини. Кількість витраченого розчину  $\text{KMnO}_4$  позначаємо  $v_2$  (друге титрування). Об'єм розчину  $\text{KMnO}_4$ , який витрачено на реакції з органічними домішками досліджуваної води, становить  $(v_n + v_1 - v_2) \text{ см}^3$ .

Перманганатну окиснюваність,  $O_k$ , обчислюють за формулою:

$$O_k = \frac{(v_n + v_1 - v_2) \cdot k \cdot e \cdot C_1 \cdot 1000}{v_0}, \text{ мгO}_2 / \text{дм}^3,$$

де  $k$  – поправочний коефіцієнт,  $k = \frac{10}{v_2}$ ;

$e$  – молярна маса еквівалента кисню,  $e = 8 \text{ г/моль}$ ;

$v_0$  – об'єм досліджуваної води,  $\text{см}^3$ . [35]

Для визначення біохімічного споживання кисню користуються склянковим методом. Суть його полягає у знаходженні показника БСК за визначеної температури в ізольованих водних мікросистемах (склянках). За цим методом виконується одна з найважливіших при оцінці БСК вимог – запобігається можливість поповнення запасу розчиненого кисню, який є у водному середовищі.

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показник БСК знаходять за різницею між вмістом кисню до і після інкубації проб води в темряві протягом 5 діб при 20°C без доступу кисню.

*Визначення рН води.* Вимірювання рН води потрібно провести невідкладно після відбору проби, бо рН швидко змінюється через протікання різних хімічних, фізичних і біохімічних процесів у пробі.

Для вимірів використовують лабораторний рН-метр. Перед визначенням електроди ретельно промивають дистильованою водою та сушать паперовим фільтром.

*Визначення мутності.* Кількісне визначення мутності у мг/л визначаємо за допомогою колориметра фотоелектричного концентраційного (КФК-2) шляхом знаходження коефіцієнта пропускання досліджуваної рідини у відсотках.

*Визначення загальної твердості води.* В конічну колбу місткістю 250 см<sup>3</sup> наливають 50 см<sup>3</sup> води, додаємо 3 см<sup>3</sup> аміачного буферного розчину, декілька кристалів сухої суміші індикатора еріохрому-чорного з хлоридом натрію. Колір розчину повинен бути винно-червоний.

Відразу пробу титрують стандартним розчином трилону Б (10 ммоль/дм<sup>3</sup>) при інтенсивному перемішуванні до зміни кольору на синій.

Загальну жорсткість обраховують за формулою:

$$T_3 = \frac{v_1 \times C_1}{v_0}, \text{ ммоль/дм}^3$$

де  $v_1$  — об'єм розчину трилону Б, витраченого на титрування, см<sup>3</sup>;  $C_1$  — концентрація розчину трилону Б, ммоль/дм<sup>3</sup> ( $C_1 = 10$  ммоль/дм<sup>3</sup>);  $v_0$  — об'єм проби води, взятої на аналіз, см<sup>3</sup> (як правило,  $v_0 = 50$  см<sup>3</sup>). [23]

*Визначення кальцієвої твердості.* Жорсткість води найчастіше знаходять титруванням розчином дwonатрієвої солі етилендіамінтетраацетатної кислоти (комплексон III, трилон Б) у лужному середовищі в присутності індикатора хромоген чорний спеціальний або еріохром чорний. Користуючись спеціальним індикатором — мурексидом, знаходять кальцієву

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Наукова частина				

твердість води. Кальцієву обчислюють за різницею між результатами цих двох визначень. Якщо вміст кальцію та магнію у воді знайдено іншими способами, то загальну твердість води можна обчислити за формулою:  $T = Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , де  $T$  — загальна твердість води, ммоль/дм<sup>3</sup>;  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$  — концентрація кальцію та магнію, ммоль/дм<sup>3</sup>. [16]

*Визначення запаху води.* Колбу ємністю 100 мл заповнюють до 2/3 досліджуваною пробєю води, закривають притертою пробкою, інтенсивно струшують, після чого визначають запах, оцінюючи його якісно й кількісно. Якісно запах характеризують як хлорний, землистий, вуглеводний (запах нафти), болотний, аптечний (запах йодоформу), сірководневий, рибний, невизначений тощо. Кількісно запах оцінюють за п'ятибальною системою. [17]

*Визначення активного хлору в хлорній воді.* У конічну колбу місткістю 200-250 мл піпеткою відмірюють 100 мл дистильованої води, після цього додають 1 мл хлорної води, 5 мл йодистого калію, 2 мл сірчаної кислоти 1:3 і титрують 0,05 розчином тіосульфату натрію до соломино-жовтого забарвлення. Після цього додають 2 мл крохмалю і продовжують титрувати до повного зникнення синього забарвлення, що з'явилося після додавання крохмалю. По кількості витраченого на титрування тіосульфату натрію обчислюється концентрація активного хлору в хлорній воді.

Вміст активного хлору розраховується за формулою:

$$a = V * N * 35.5 * 1000 \text{ мг/л,}$$

де  $V$  – об'єм тіосульфату натрію, який витрачено на титрування активного хлору в розчині хлорного вапна, мл

$N$  – нормальність розчину тіосульфату натрію;

35,5 – еквівалент хлора.

*Визначення амонійного азоту.* Аміак знаходиться в воді у вигляді амонійних солей. У поверхневих водах амонійний азот утворюється на першій стадії мінералізації азотовмісних амонійних речовин. [24]

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
						32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

У лабораторних умовах концентрацію у воді амонійного азоту знаходять на фотоелектроколориметрі, порівнюючи інтенсивність забарвлення досліджуваної проби води з інтенсивністю забарвлення, досліджуваної проби води з інтенсивністю забарвлення стандартного розчину з відомою концентрацією азоту.

*Визначення азоту нітратів.* При наявності у воді солей азотної кислоти з'являється рожеве забарвлення, яке переходить в оранжеве, потім лимонне і в кінці в зеленувато-жовте.

У лабораторних умовах вміст нітратів у воді знаходять за допомогою фотоелектроколориметра.

Нормативи. У питній воді є допустимим наявність до 10 мг/л азоту нітратів.

*Визначення хлоридів.* Визначення ґрунтується на утворенні важко розчинного осаду хлориду срібла. Після повного осадження хлоридів надлишок йонів срібла реагують з індикатором – хроматом калію з утворенням червоно-помаранчевого осаду хромату срібла. Дослідження проводять в нейтральному або слабо – лужному середовищі (рН 7-10), так як в кислому середовищі не утворюється хромат срібла, а в сильно лужному є можливим утворення  $Ag_2O$ . [37]. За цими дослідженнями було встановлено, що вміст заліза у воді після піщаного фільтра балансує не межі дозволеного. Також у воді було виявлено деякі мікроорганізми. Тому необхідно провести оптимізацію. [57]

### 1.3.2. Оптимізація дослідних даних

Оптимізація - це процедура виявлення найкращих умов проведення процесу в апаратів або процесів в технологічній схемі.

Послідовність вирішення задачі оптимізації можна уявити у вигляді блок-схеми (рис.), де спочатку утворюється математична модель об'єкту оптимізації (процесу, апарату чи системи), далі проводиться постановка задачі оптимізації, після цього обирається оптимізаційний метод, складається алгоритм і програма

					Наукова частина	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рішення. Якщо оптимальне рішення не може бути отримане, то робиться коригування одного із попередніх етапів. [59]

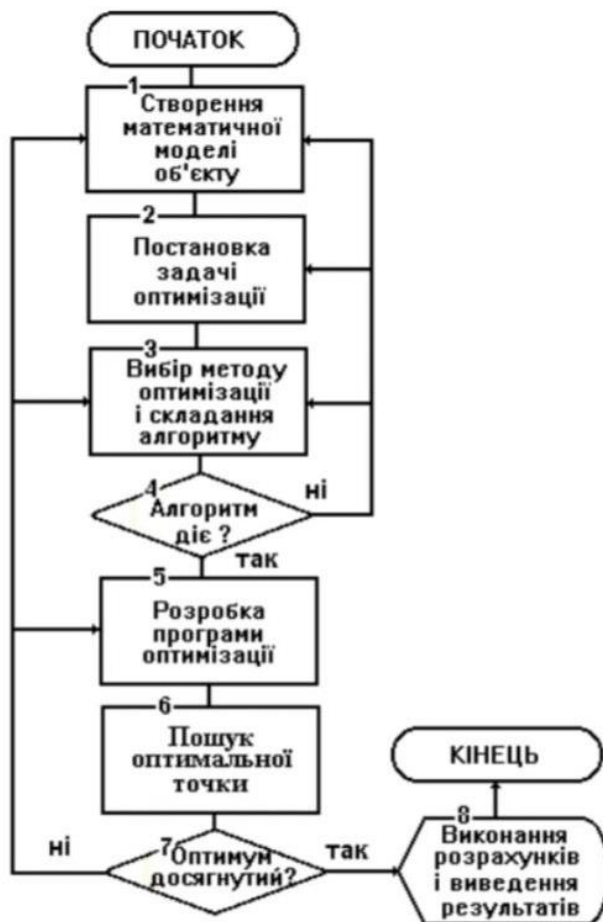


Рис. 1.2 - Схема алгоритму послідовності вирішення задачі оптимізації.

Завдання одновимірної оптимізації. Дана цільова функція  $f(x)$ , необхідно знайти її  $\min$ , тобто

$$f(x) \rightarrow \min \quad (1)$$

Допустима область зміни параметрів оптимізації лежить на відрізку

$$a \leq x \leq b \quad (2)$$

Обчислення  $\max$  цієї функції є зворотною до задачі знаходження  $\min$  у такому співвідношенні  $\max[f(x)] = \min[-f(x)]$ , де  $x^*$  - точка локального екстремума ( $\min$ )/ $\max$ ).

Якщо існує додатня величина  $d$  така, що  $f(x^*) < f(x)$  на відрізку  $[a, b]$ , то  $x - x^* < \delta$ . Для обчислення  $\max$  або  $\min$  функцій треба знайти похідну і прирівняти її нулю. Всі точки, які задовольняють умові  $f'(x) = 0$ , носять назву точок, підозрілих на екстремум або критичних точок ( $x^*_1, x^*_2$ ).

Для визначення, яка з цих точок досягає  $\min$ , використовують достатні умови на  $\min$ : друга похідна функції в цій точці повинна бути  $> 0$ , тобто  $f''(x) > 0$ .

## Знаходження оптимального тиску для установки зворотнього осмосу

### Розроблення математичної моделі

1. Визначення рівняння регресії залежності солемісту від тиску

$$N1 := 5$$

$$P1 := (0.5 \ 1 \ 1.5 \ 3 \ 4 \ 5)^T$$

$$i1 := 0..N1$$

$$A1 := \begin{pmatrix} 6 & \sum P1 & \sum P1^2 & \sum P1^3 \\ \sum P1 & \sum P1^2 & \sum P1^3 & \sum P1^4 \\ \sum P1^2 & \sum P1^3 & \sum P1^4 & \sum P1^5 \\ \sum P1^3 & \sum P1^4 & \sum P1^5 & \sum P1^6 \end{pmatrix} \quad \hat{I} := (16 \ 19 \ 22 \ 25 \ 27 \ 30)^T$$

$$C1 := \begin{bmatrix} \sum \hat{I} \\ \sum_{i1} (\hat{I}_{i1} \cdot P1_{i1}) \\ \sum_{i1} [\hat{I}_{i1} \cdot (P1_{i1})^2] \\ \sum_{i1} [\hat{I}_{i1} \cdot (P1_{i1})^3] \end{bmatrix}$$

$$a := A1^{-1} \cdot C1$$

$$a = \begin{pmatrix} 11.353968 \\ 10.512807 \\ -2.877659 \\ 0.304485 \end{pmatrix}$$

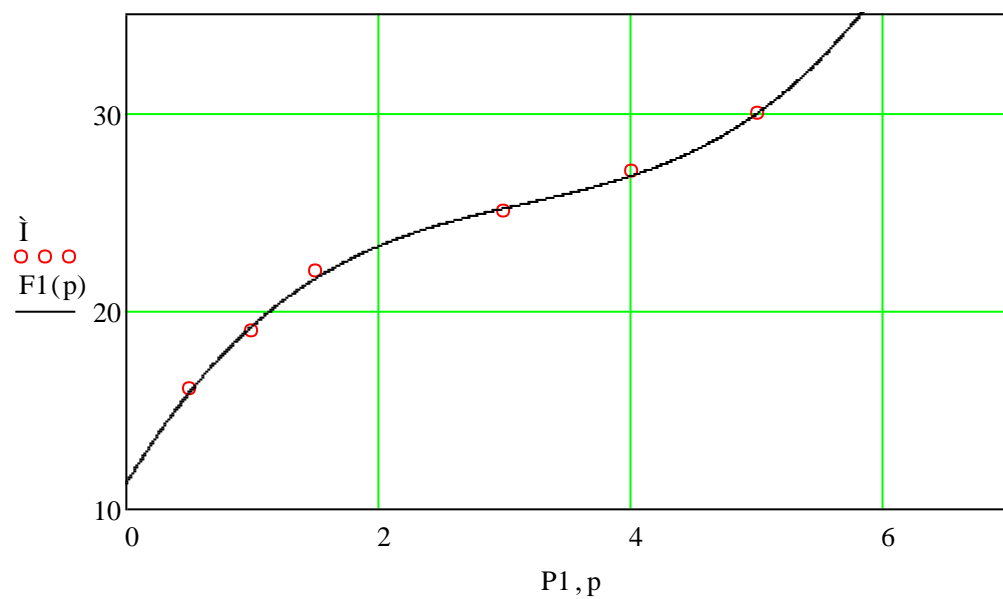
$$F1(p) := a_0 + a_1 \cdot p + a_2 \cdot p^2 + a_3 \cdot p^3$$

$$\delta l := \sqrt{\frac{\sum_{i1=0}^{N1} (\hat{l}_{i1} - F1(P1_{i1}))^2}{N1}}$$

$$F1(P1) = \begin{pmatrix} 15.929 \\ 19.2936 \\ 21.6761 \\ 25.2145 \\ 26.8497 \\ 30.0371 \end{pmatrix}$$

$$K = 1K$$

$$\delta l = 0.230724$$



Р и с . 1. Залежність солемісту від тиску

2. Встановлення коефіцієнтів рівняння регресії залежності швидкості фільтрування від тиску

$$N2 := 5$$

$$P2 := (0.5 \ 1 \ 1.5 \ 3 \ 4 \ 5)^T$$

$$i2 := 0..N2$$

$$C := (0.14 \ 0.2 \ 0.34 \ 0.4 \ 0.53 \ 0.59)^T$$

$$A2 := \begin{pmatrix} 6 & \sum P2 & \sum P2^2 & \sum P2^3 \\ \sum P2 & \sum P2^2 & \sum P2^3 & \sum P2^4 \\ \sum P2^2 & \sum P2^3 & \sum P2^4 & \sum P2^5 \\ \sum P2^3 & \sum P2^4 & \sum P2^5 & \sum P2^6 \end{pmatrix}$$

$$C2 := \begin{bmatrix} \sum C \\ \sum (C_{i2} \cdot P2_{i2}) \\ \sum [C_{i2} \cdot (P2_{i2})^2] \\ \sum [C_{i2} \cdot (P2_{i2})^3] \end{bmatrix}$$

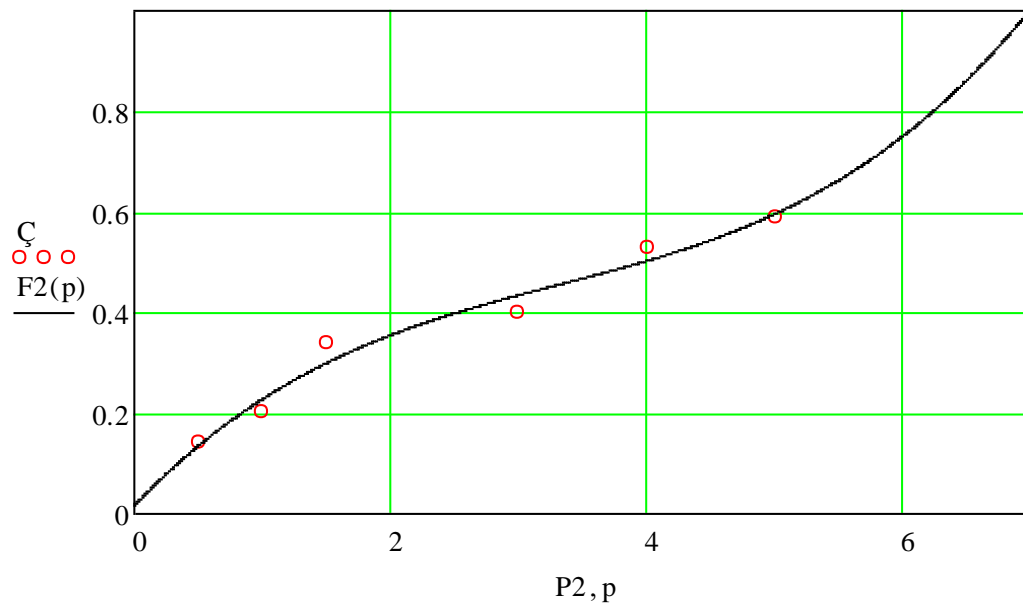
$$a2 := A2^{-1} \cdot C2$$

$$F2(p) := a2_0 + a2_1 \cdot p + a2_2 \cdot p^2 + a2_3 \cdot p^3$$

$$a2 = \begin{pmatrix} 0.017297 \\ 0.265635 \\ -0.060421 \\ 0.006096 \end{pmatrix}$$

$$s_2 := \sqrt{\frac{\sum_{i_2=0}^{N_2} (C_{i_2} - F_2(P_2)_{i_2})^2}{N_2}}$$

$$s_2 = 0.02965$$



Р и с . 2. Залежність швидкості фільтрування від тиску

#### 4. Визначення оптимального тиску

Програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму. Метод Харрінгтона

```

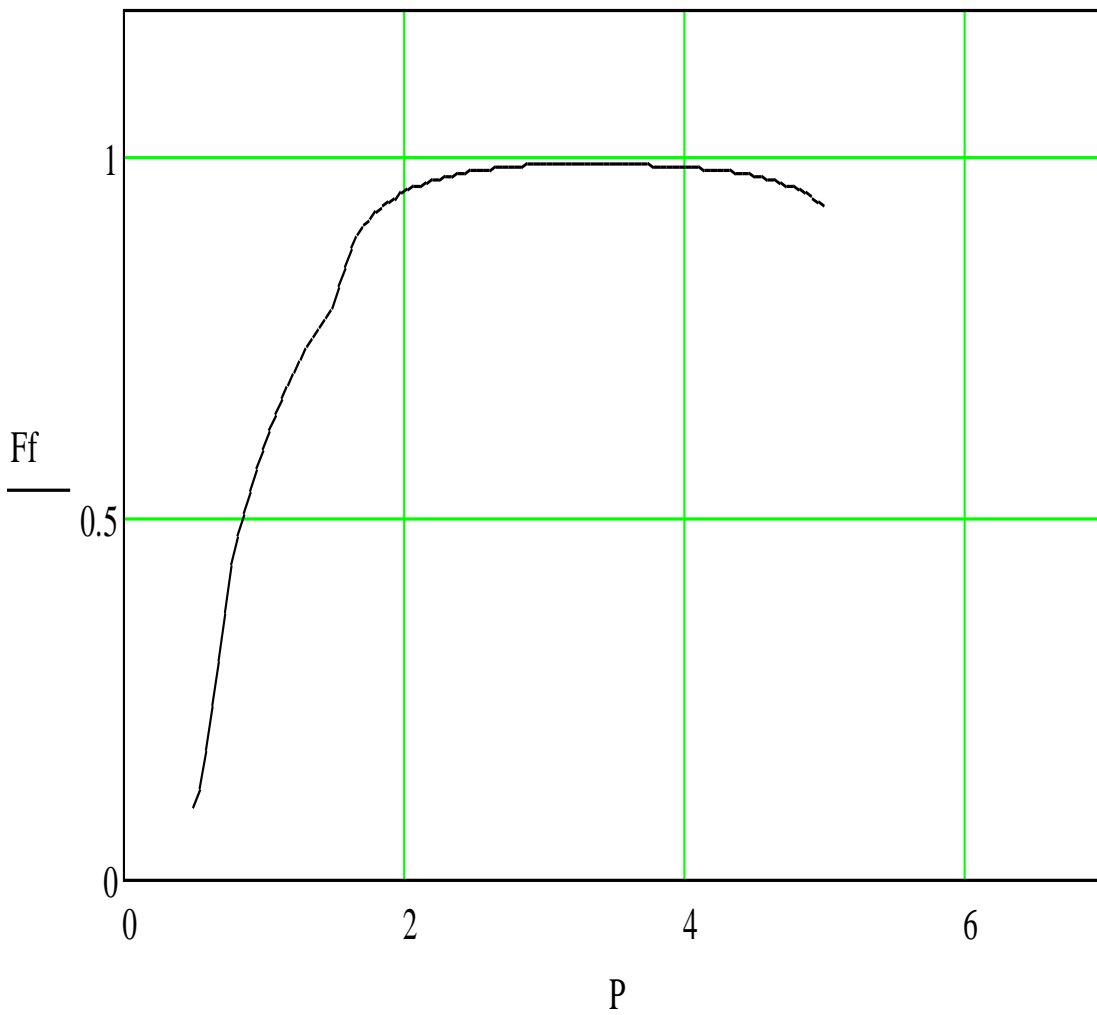
HAR(FN, D, fn, z) := FP ← -ln(-ln(D))
                    if z = 1
                      if fn < FN0
                        fb ← D0
                        break
                      if fn > FN5
                        fb ← D5
                        break
                      for i ∈ 0, 1..5
                        if fn = FNi
                          fb ← Di
                          break
                        if fn < FNi+1
                          fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
                          fb ← e-e-fp
                          break
                      otherwise
                        if fn > FN0
                          fb ← D0
                          break
                        if fn < FN5
                          fb ← D5
                          break
                        for i ∈ 0, 1..5
                          if fn = FNi
                            fb ← Di
                            break
                          if fn > FNi+1
                            fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
                            fb ← e-e-fp
                            break
                    fb

```

Інтервали бажаностей натуральних значень локальних критеріїв оптимальності

					<i>Наукова частина</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





### ***Висновок***

Оптимальним значенням тиску, який забезпечує максимальну продуктивність установки зворотнього осмосу є  $P = 0,5 \text{ Па}$  при максимальному значенні критерію оптимальності  $F(X) = 0.99$

## 2. Проектна частина

### 2.1. Техніко-економічне обґрунтування ефективності з урахуванням удосконаленого способу

Гіпохлорит натрію (ГПХН) з успіхом використовується для очищення води, що використовується в побутових та промислових цілях. Під час цього процесу знищуються тварини та рослинні мікроорганізми. Видаляється запах, який з'являється через сірковмісні речовини. ГПХН убезпечує промислові стоки, наприклад, захищає від ціаністих сполук. Ця речовина використовується для обробки води, у складі якої є іон амонію. Реакція проходить при температурі більше 700С у лужному середовищі, при цьому додається  $\text{CaCl}_2$  та  $\text{CaCl}_3$  для розкладання сполук аміаку.[48]

Для очищення фенолів застосовують 10-11% розчин гіпохлориту натрію, кількість якого становить 3-9 мг/л. Рівень очищення досягає позначки 99,99%. Гумінові речовини в оброблюваній стічній воді, перетворюються на хлороформи, дихлороцтову кислоту, трихлороцтову кислоту, хлоральдегіди та інші речовини, вміст яких у воді істотно нижчий за вихідну.

Також використання гіпохлориту натрію дозволяє усунути із води залізо і марганець

Сьогодні з усіх засобів для дезінфекції, що застосовуються у водо підготовці гіпохлорит натрію (ДПГН) був оцінений (серед цих речовин) за першим класом, т.к. є найбільш підходящим для цих цілей і найвигіднішим. Йому властива висока ефективність щодо практично всіх рослинних клітин, різних бактерій та спор. Він використовується для видалення ракоподібних та молюсків; для промивок різного роду для знезараження ємностей. Як правило, використовують розчин ДПГН, у якому концентрація активного хлору досягає 30-40 мг/л.[7]

					Проектна частина	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Транспортування та зберігання розчину гіпохлориту натрію**  
 Знезаражувальні характеристики розчинів гіпохлориту натрію (ГПХН) можна пояснити присутністю в них активного хлору та кисню. У водних розчинах ДПГН в першу чергу розпадається на іони  $\text{ClO}^-$  і  $\text{Na}^+$ , перший з них здатний дисоціювати з виділенням активного кисню або хлору. З цієї причини дисоціація гіпохлориту натрію під час його заощадження – це цілком передбачуване явище. Процес збереження розчинів ДПГН завжди передбачає випадання осаду, тобто. дрібні пластівці. [40]

Поява осаду призводить до освітлення розчинів ДПГН, що відображається у збільшенні світлопропускання цих розчинів. Ознайомившись з літературою можна дійти висновку, ДПГН може викристалізовуватися з розчинів у ролі кристалогідратів  $\text{NaOCl} \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOCl} \times 2,5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOCl} \times \text{H}_2\text{O}$ . При кімнатній температурі осад випаде в основному кристалогідрат  $\text{NaOCl} \times 5 \text{H}_2\text{O}$ , тобто. уникнути цього процесу не вдасться. Під час застосування призводить до освітлення розчинів ДПГН, що відображається у збільшенні світлопропускання даних розчинів. Ознайомившись з літературою можна дійти висновку, ДПГН може викристалізовуватися з розчинів у ролі кристалогідратів  $\text{NaOCl} \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOCl} \times 2,5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOCl} \times \text{H}_2\text{O}$ . При кімнатній температурі осад випаде в основному кристалогідрат  $\text{NaOCl} \times 5 \text{H}_2\text{O}$ , тобто. уникнути цього процесу не вдасться. Під час застосування ГПХН та його зберігання потрібно конкретизувати його головні параметри, а саме, концентрацію активного хлору та бути в курсі швидкості розкладання ДПХН. [52]

Норми ДСТУ допускають втрату активного хлору в період завершення 10 діб від дня відвантаження не більше 30% вихідного змісту. Однак, якщо дотримані всі вимоги доставки та зберігання, зниження активного хлору в розчині ДПГН може досягати не більше 15% протягом місяця.

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

1. Гіпохлорит натрію доставляється залізничним та автомобільним транспортом згідно з правилами перевезення небезпечних вантажів.

2. ДПГН транспортується у гумованих залізничних цистернах, у ємностях, виконаних зі склопластику або поліетилену.

3. Кришки люків резервуарів повинні бути оснащені повітряником для того, щоб скидати кисню, що виділяється під час розпаду.

4. Цистерни, контейнери, бочки повинні бути наповнені на 90% обсягу.

5. Наливні люки слід ущільнити за допомогою гумових прокладок.

6. Контейнери та бочки перед заповненням необхідно обов'язково промити, т.к. осад, що залишився, істотно зменшує вміст активного хлору в розчині, частина з якого використовується для окислення речовини осаду.

7. Зберігати розчини гіпохлориту натрію можливо виключно в затемнених або забарвлених темною фарбою скляних суліях або поліетиленових каністрах, бочках.[2]

Загальновідомо, що іони металів є каталізаторами процесу дисоціації (розпаду) ДПГН. З цієї причини, сталева тара для транспортування та заощадження обов'язково повинна бути гумована. Було зафіксовано сильний вплив температури тривалість розкладання. Якщо температура зростає, період розпаду гіпохлориту натрію помітно збільшується. Саме це спричинило зберігання речовини у закритих складських приміщеннях, які не опалюються.

Сьогодні гіпохлорит натрію – це найефективніший та швидкодіючий знезаражуючий продукт, який має чудові властивості для боротьби з усіма мікроорганізмами. Гіпохлорит натрію – це один із найнедовших дезінфектантів.

Всесвітня організація охорони здоров'я відносить гіпохлоритсодержащий відбілювач до списку дезінфектантів високого рівня, т.к. він має високу ефективність знищення цілого списку високо інфекційних бактерій та вірусів,

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

зокрема вірус імунодефіциту людини, який провокує розвиток СНІДу.[36]

Використання цієї речовини протягом ста років дає підстави вважати, що застосування гіпохлоритів відповідно до рекомендацій – це безпечно і не провокує шкідливий вплив на здоров'я людини.[13]

На ТОВ «Росяна» замінивши озонування на використання натрій гіпохлориту можна домогтися покращення техніко-економічних показників виробництва, оскільки цей спосіб є значно дешевшим і при цьому не поступається у ефективності. Також використання цього реагенту є безпечнішим, оскільки озон, навіть у малих дозах, може викликати отруєння або ж навіть смерть.[10]

Ecosoft MO-9 це автоматизована система зворотного осмосу продуктивністю 9...12 м3/год. У комплекті основного обладнання насос високого тиску Grundfos, електромагнітні клапани Danfoss та регулюючі клапани Honeywell. Мембранні елементи Dow Filmtec™ дозволяють отримати очищену воду будь-якої категорії навіть із високим вмістом нітратів, амонію, окислюваністю, солевмістом тощо

Вода, що надходить у систему зворотного осмосу, проходить попереднє очищення на картриджних фільтрах тонкого очищення 5 мкм, що входять до комплекту установки. На мембранний модуль вода подається насосом високого тиску. У робочому режимі в мембранному модулі установки відбувається поділ води на два потоки: демінералізовану воду – пермеат та воду з підвищеним вмістом солі – концентрат. Частина концентрату під час роботи модуля скидається в каналізацію, частина направляється на вхід насоса високого тиску, забезпечуючи так званий рецикл концентрату. У потік води, що входить, може дозуватися антискалант, який перешкоджає утворенню відкладень всередині мембранних елементів.[74]

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Демінералізована вода (пермеат) надходить у накопичувальний бак пермеату, в якому монтується датчик рівня, що вимикає установку під час заповнення бака. Установка перед вимкненням або із заданою періодичністю автоматично промивається вихідною водою. Наведений режим називається режимом гідравлічного промивання, при цьому на установку потрібно короткочасне, протягом 1-2 хвилин подача води, що перевищує подачу в робочому режимі.

Встановлення цієї системи замість застарілої на ТОВ «Росяна» сприятиме покращенню техніко-економічних показників виробництва і покращення якості бутильованої води, оскільки ця система є більш енергоефективною і сприяє кращому очищенню води від мікроорганізмів і залишку заліза, і марганцю. [18]

## **2.2. Структура підприємства, опис відділення, де пропонується впровадження розробки**

Вихідна вода надходить на вхід блоку попереднього озонування. Манометр показує тиск на вході в систему, а пробовідбірний клапан на якість вихідної води. Після цього вода через імпульсний витратомір FKIS101(забезпечує вмикання озонатора) і відкритий кран надходить в контактну колону СС102.

Частина води надходить на циркуляційний контур, де через відкриті крани и зворотній клапан прямує на вхід вузла окиснення заліза і марганцю. Окислення проходить при введенні озону в оброблювальну воду через інжектор , роботу якого забезпечує циркуляційний насос . Оброблена вода переміщується з основним потоком у вузлі і надходить в контактну колону . Манометри PI 104, PI105 і кран застосовуються для регулювання роботи інжектора а крани А104 і А105 – ремонтних робіт вузла обслуговування і озонування.

Подача повітря на генератор озону G-102 відбувається концентратором кисню O-102. Зворотній клапан NR04 і гідрозатвор СН102

					Проектна частина	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запобігають попаданню води зворотнім потоком в генератор озону при виході системи в режим очікування.

Залишковий озон, що не прореагував, із контактної колони через клапан APRV201 і розподільник потоку газ-вода FS102 надходить на вхід деструктора озону OD 201, де проходить розклад озону і викид продукту в повітря. Керування установкою озонування відбувається зі шафи управління ШУУО. Запуск і зупинка системи проходить по команді від імпульсного витратоміра FQIS102.

Продуктивність блоку складає 13 м<sup>3</sup>/год . Основне призначення блоку – окислення у воді заліза і марганцю до оксидів з метою подальшого усунення на завантаженні фільтрів знезалізнення. Також відбувається первинне знезараження оброблюваної води.

Далі потік, через зворотній клапан NR106 і відкриті крани A103 і A104, надходить на вхід двох механічних фільтрів MLF-202 і MLF-203, які працюють паралельно, на яких вода очищається від окисленого марганцю, заліза і механічних зависей. Фільтри складаються із корпусу (балону) засипаного багат шаровим завантаженням (Greensand, пісок, гравій) і автоматичного клапану керування Magnum 293/762. Вода з окисленим залізом, марганцем і зваженими частками фільтрується через шар завантаження і надходить в нижню розподільчу систему, після цього прямує на вхід фільтра MLF.

В процесі роботи забруднення збираються в товщі завантаження і після проходження циклу, або певної кількості днів, фільтр очищується. Вхідний тиск фільтрів контролюється манометром PL221. Різниця тиску між входом і виходом фільтрів контролюється манометрами PL231/PL212 і PL201/PL203 відповідно для кожного фільтра. Потік зворотної промивки для фільтрів MLF-204 і MLF-203 має знаходитись в діапазоні 7,6-8,5 м<sup>3</sup>/год.

					Проектна частина	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кран ПК- 211 контролює якість води після блоку озонування – на вході блоку MLF-3. Крани ПК-202, ПК203 контролюють якість води після блоку механічних фільтрів MLF-3. Кран А204 регулює потік скидної води в каналізацію вчасно. Кран А206 закритий і застосовується у випадку збільшення об'єму виробництва.

Вода після механічних фільтрів блоку MLF-3 через відкриті крани А203, А204, А300 і А302 надходить на вхід сорбційних фільтрів CF-302 і CF-303. Фільтри складаються із корпусу фільтра завантаженого активованим вугіллям і автоматичного клапану керування Magnum 295/762. В процесі фільтрування із води усуваються присмак і запах, знижується окиснюваність води і деструктує залишковий озон. Для попередження злежування завантаження фільтрів періодично відбувається струшування фільтрів зворотнім потоком. Робочий вхідний тиск фільтрів контролюється манометром РІ203. Різниця тиску між входом і виходом фільтрів контролюється манометром РІ 301/304 і РІ301/305 відповідно.

Крани А305, А327, А308 мають бути залучені при підключенні ще однієї секції фільтрів в випадку збільшення продуктивності. Пробо відбірний кран ПК503 необхідний для відбору проб після фільтрів CF-302 і CF-303. Потік зворотної промивки для кожного фільтра блоку CF має знаходитись в діапазоні 2,9- 4,0 м<sup>3</sup>/год (контроль за показниками FQIS121). [2]

Кран А309 керує потік скидної води в каналізацію під час регенерації. Зворотна промивка механічних фільтрів MLF-201, MLF-202 і CF-301, CF-302 відбувається автоматично, або після 10 днів роботи, або за витратою води – 100 м<sup>3</sup> на кожен фільтр води. Потрібний потік зворотної промивки фільтрів 6м<sup>3</sup>/год, при мінімальному вхідному тиску на манометрі РІ203- 2,0 бара. Коли відбувається промивка фільтрів система зворотного

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

осмосу блоку RO-3 не працює, але наповнення ємкості TW-603 відбувається в автоматичному режимі.

Автоматична регенерація фільтрів MLF-202/203 і CF-301/302 відбувається в заданий час – відповідно в 10.00/11.00/12.00/13.00 годин. Тривалість регенерації 40 хвилин для кожного фільтра. Час початку регенерації встановлюється в програмі керуючого контролера 763. В робочому режимі на табло фільтра по чергово відображаються миттєва витрата води в л/м і кількість води в м3, які йому необхідно пропустити до регенерації. Частина води після вугільних фільтрів, яка необхідна для миття бутлів, надходить в блок пом'якшення SS-3.

Вода прямує через відкриті крани А402, А401 і надходить на вхід фільтрів SS401,SS4021. Фільтри завантаженні іонообмінною смолою і обладнанні автоматичною головою керування Twine, яка гарантує непереривну роботу блоку пом'якшення. Після проходження фільтроциклу один фільтр прямує на регенерацію, а інший залишається в роботі, після регенерації фільтр виходить в роботу. Регенерація фільтрів проводиться розчином хлориду натрію( сіль в таблетках), який надходить із сольових баків ST402, ST403. Робочий тиск фільтрів контролюється манометром PI421. Очищена вода з фільтрів прямує через відкриті крани А403, А404. Кран ПК402 необхідний для відбору проб води після фільтрів.

Фільтри SS402, SS403 мають свій керуючий контролер, який приводить їх на автоматичну регенерацію. Тривалість регенерації 130 хвилин для кожного фільтра. Час початку регенерації встановлюється в програмі керуючого контролера. Регенерація відбувається насиченим розчином NaCl. В робочому режимі на табло фільтра по черзі показується миттєва витрата води в л/год і кількість води в м3, які йому ще треба пропустити до регенерації. Фільтри SS402, SS403 промиваються по черзі, що дає можливість не зупиняти надходження води.

					Проектна частина	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зворотній клапан NR401, встановлений на лінії скиду в каналізацію, виключає можливість попадання брудної води в систему фільтрів пом'якшення зворотнім потоком.

Фільтри SS402, SS403 знижують величину загальної жорсткості води до величини 0,4 мг-екв/л, тим самим уникає виникнення розводів і білих плям на стінках бутлів. [4] Далі основний потік розподіляється на дві частини. Перша частина води через відкритий клапан SV6012 і кран А603 надходить в накопичувальну ємність TW602, а друга прямує на установку зворотнього осмосу, де проходить її знесолення і подальший скид в накопичувальну ємність TW603.

В потік, який пррямує на систему зворотнього осмосу, для попередження осаду на мембранних елементах, насосом дозатором DT502 через інжектор IN502 дозується в кількості 1,2л/год актискалант Нуперсфргрсе ТМ МDC203. Пробовідбірний клапан ПК-502 контролює якість води, яка надходить на вхід установки мембранного розділення RO.

Установки мембранного розділення серії RO-3000 необхідна для застосування в сфері спеціального виробничого водопостачання з метою опріснення і знесолення води на молекулярному рівні. Принцип дії ґрунтований на пропусканні води під тиском через пори напівпроникних мембран, в наслідок чого із води видаляються 99-99,7% розчинних солей. Вода через відкритий клапан А503 і три паралельно працюючих 4-мікронних картриджів механічних фільтрів поступає на насос підвищення тиску P521. За показниками манометрів PL502/ PL503 можна говорити про ступінь забруднення механічних фільтрів – при досягненні перепаду тиску більшого за критичний – необхідно обов'язково їх змінити.

Механічний термометр TI502 демонструє температуру води, яка

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
						50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

надходить на систему зворотного осмосу. Цей показник треба контролювати, так як температура вихідної води впливає на розподіл потоків концентрату і пермеату після мембран зворотного осмосу.

Клапан SV502 відкривається перед початком роботи і переходом в режим очікування, а реле PR541 потрібне для захисту насоса високого тиску P506 від сухого ходу- машина зворотного осмосу зупиниться, якщо вхідний тиск буде меншим заданого параметру. Реле PR503 потрібне для захисту установки від високого тиску – апарат зворотного осмосу не буде працювати, якщо тиск в лінії пермеату буде складати більше 1,4 атмосфер.

На мембранах проходить відділення солей які є у воді, методом пропускання води під високим тиском 9-10 бар. При цьому частина води 3 м3/год проникає через мембрану пермеат( чиста вода). Концентрат завжди змиває з поверхні мембран відділенні солі і викидає їх в каналізацію, його кількість залежить від якісних показників води. Частина концентрату повертається на вхід мембранних частин для підвищення швидкості руху води вздовж мембран, а також економії води, цей потік називається рециркуляторним. Його величина - 2,2 м3/год.

Апарат зворотнього осмосу RO-3002 має свій керуючий контролер ROC2313, а також систему промивки мембран СІР-5. Якість очищеної води контролюється по сигналу від датчика електропровідності СDІ502 і показується на дисплеї контролера ROC2313, її величина не може перевищувати 2ppm. Крани ПК503, ПК504 необхідні для відбору проб після кожного мембранного елемента. Сигнал для включення/виключення апарату зворотнього осмосу подає оператор виробництва.

Якісний показник концентрату ,пермеату, і рециркуляту показується на промаркованих ротаметрах установок FI502, FI503 і FI504 відповідно. Потоки концентрату і рециркуляту контролюються промаркованими кранами А505 А507 А508 відповідно.

					Проектна частина	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Манометри PI504 і PI554 демонструють перепад тиску між мембранами системи зворотнього осмосу ,при досягненні критичного перепаду треба провести промивку мембрани.. Кран А626 відкритий для необхідної циркуляції води в ємкості.

Після цього змішаний потік прямує на механічний фільтр MF603, який утримує дрібні механічні забруднення – що ймовірно можуть утворитися в металічних ємкостях. Перед тим, як надійти на розлив вода має обробку на ультразвуковій установці US602. Для контролю електропровідності чистої води вмонтований контролер провідності CDI602.

Через відкритий клапан А626 та насоси вода прямує на розлив пробовідбірник якості очищеної води ПК601 вода подається на розлив. Підготовка тари до розливу здійснюється таким чином; поліетиленовий мішок з новою тарою відкривається, тара витягується, клеється етикетка, після цього тара прямує на лінію зовнішнього миття і далі по технологічному процесу, який зображений в Інструкції по виробництву та забезпеченню якості фасованої питної води, запатентований директороми ТОВ «Росяна».

Тара надходить на мийно-розливний блок установки, де відбуваються етапи миття, дезінфекції та заключне ополіскування. Після ополіскування кінцевим продуктом тара прямує на розлив. Миття бутлів та розлив води проводиться підготовленою пом'якшеною водою на «Установці для миття бутлів 19 л та розливу питної води», модель Мастер – Григ 1200, де проводяться такі операції:

- ополіскування тари;
- зовнішнє миття тари з 0,6-1,5% розчином препарату «РЗ-МірСпА»;
- внутрішнє миття тари з 1,5-1,5% розчином препарату «РЗ-МірСпА»;

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

- дезінфекція тари з 0,05- 0,6% розчином препарату

«РЗ- Oxoniaactive 150»;

- ополіскування кінцевим продуктом

- розлив по рівню 1

- укупорення та одягання захисного ковпачку на пробку з датою виготовлення, номером партії. Дата виготовлення та номер партії повинне

наноситися на етикетку чи будь-який укупорювальний засіб або інше зручне для прочитування місце, певними наліпками чи за допомогою датера;

- бракераж продукції – прямування готової продукції через світлову панель, перевірка на відсутність сторонніх включень;

- готова продукція в тарі одноразового використання пакується в термозбігальну поліетиленову плітку за ГОСТ 25951 або відповідно з іншою, діючою в Україні нормативною документацією по 1-20 одиниць продукції в упаковці. На пляшки, бутлі з водою можуть одягатись поліетиленові пакети або повинні загортатись у спеціальну плівку.

Готова продукція надходить в склад готової продукції по транспортеру. Готова продукція зберігається на складі готової продукції, пакети кладуться на піддони або в полети штабелями. Готова продукція складається на піддони максимум в два-чотири яруси, кожний ярус перекладається фанерою. Термін придатності готової продукції при температурі від 5 С до 25 С в сухому приміщенні, захищеному від прямих сонячних променів складає 6 місяців.

**Запропоновані способи удосконалення технології на ТОВ «Росяна» ;**

- Заміна озонування на гіпохлорит натрію. Задля реалізації було обладнано новий цех приготування натрій гіпохлориту електролізом.

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
						53
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Заміна застарілої установки зворотнього осмосу на новітню Ecosoft MO-9,3 метою покращення техніко-економічних показників виробництва і покращення якості готової продукції

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

Сировина і матеріали, що застосовують в процесі виробництва води, транспортують в тарі, в якій вони розфасовані у відповідності до вимог нормативно-технічної документації на кожен вид сировини і матеріалів.

Матеріали і сировина матеріали приймаються на переробку за наявності документа про якість необхідної форми.

Зберігання пакувальних та допоміжних матеріалів проводять за рекомендаціями к виробника - при температурі від + 10° до + 40°С, відносній вологості 30-70% (згідно специфікації виробника на пакувальний матеріал). Перед виробництвом необхідно витримати матеріал при температурі від + 20°С до + 30°С протягом 24 годин. Заборонено зберігання пакувальних матеріалів при температурі нижче 0 °С.

Хімічні речовини зберігаються в спеціальних складських приміщеннях, на віддалі від джерел тепла при температурі + 2 ° С + 30 ° С. У разі, якщо виробником є рекомендованими інші умови зберігання, необхідно дотримуватися рекомендацій виробника.

Контроль мікроклімату на складах проводиться за допомогою повірених засобів вимірювання, зі щоденною відміткою в бланку. [18]

*Вода має відповідати ГОСТ 2874-82*

#### *Гігієнічні вимоги*

✓ Питна вода має бути безпечна в епідемічному відношенні, нешкідлива за хімічним складом і мати сприятливі органолептичні властивості.

✓ Якість води визначають її складом і властивостями при вступі до водопровідну мережу; в точках водорозбору зовнішньої і внутрішньої водопровідної мережі.

					<i>Проектна частина</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

### *Мікробіологічні показники води*

Безпека води в епідемічному відношенні знаходять загальним числом мікроорганізмів і числом бактерій групи кишкових паличок.

За мікробіологічними показниками питна вода повинна відповідати вимогам, зазначеним в табл. 2.3

Найменування показника	Норма	Метод визначення
Число мікроорганізмів в 1 см <sup>3</sup> води, не більше	100	За ГОСТ 18963-73
Число бактерій групи кишкових паличок в 1 дм <sup>3</sup> води (колі-індекс), не більше	2	За ГОСТ 18963-73

### *Токсикологічні показники*

Токсикологічні показники якості води показують нешкідливість її хімічного складу і включають норми для речовин:

- що зустрічаються в природних водах;
- додаються до води в процесі обробки в вигляді реагентів;
- з'являються в результаті промислового, сільськогосподарського, побутового і іншого забруднення джерел водопостачання. [21]

Концентрація хімічних речовин, що зустрічаються в природних водах або додаються до води в процесі її обробки, не може перевищувати норму, зазначену в табл. 2.4.

Назва показника	Норма	Метод визначення
Алюміній залишковий (Al), мг / дм <sup>3</sup> ,	0,5	За ГОСТ 18165-89
Берилій (Be), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	0,00025	За ГОСТ 18294-89
Молибден (Mo), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	0,25	За ГОСТ 18308-72
Миш'як (As), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	0,05	ГОСТ 4152-89
Нітрати (NO <sub>3</sub> ), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	45,0	За ГОСТ 18826-73
Поліакриламід залишковий, мг / дм <sup>3</sup>	2,0	За ГОСТ 19355-85

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

Свинець (Pb), мг / дм <sup>3</sup> , не більше		
Селен (Se), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	0,03	За ГОСТ 18293-72
Стронцій (Sr), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	0,01	За ГОСТ 19413-89
Фтор (F), мг / дм <sup>3</sup> , не більше для кліматичних районів:	7,0	За ГОСТ 23950-88
I і II	1,5	За ГОСТ 4386-88
III	1,2	
IV	0,7	

### Органолептичні показники води

Показники, які забезпечують сприятливі органолептичні властивості води, включають нормативи для речовин: зустрічаються в природних водах; додаються до води в процесі обробки в вигляді реагентів; що утворюються в результаті промислового та побутового забруднень джерел водопостачання.

Концентрації хімічних речовин, які впливають на органолептичні властивості води, що є в природних водах або додаються до води в процесі її обробки, не можуть перевищувати нормативів, зазначених у табл. 2.5

Назва показника	Норма	Метод визначення
Водневий показник, рН	6,0-9,0	Вимірюється на рН-метрі будь-якої моделі зі скляним електродом з похибкою вимірювань, що не перевищує 0,1 рН
Залізо (Fe), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	0,3	За ГОСТ 4011-72
Жорсткість загальна, моль / м <sup>3</sup> , не більше	7,0	За ГОСТ 4121-72
Марганець (Mn), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	0,1	За ГОСТ 4974-72
Мідь (Cu <sup>2+</sup> ), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	1,0	За ГОСТ 4368-72
Поліфосфати залишкові (PO <sub>3</sub> <sup>-4</sup> ), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	3,8	За ГОСТ 18389-72

									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектна частина				

Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	600 1050	За ГОСТ 4387-72
Сухий залишок, мг / дм <sup>3</sup> , не більше	350	За ГОСТ 18164-72
Хлориди (Cl), мг / дм <sup>3</sup> , не більше	5,0	За ГОСТ 4245-72
Цинк (Zn <sup>2+</sup> ), мг / дм <sup>3</sup> , не більше		За ГОСТ 18293-72

## 2.4. Технологічні розрахунки

### 2.4. 1. Вибір і розрахунок нового технологічного обладнання

#### *Розрахунок матеріального балансу установки зворотного осмосу*

Вихідні дані для розрахунку.

Продуктивність установки зворотнього осмосу:  $L_K = 24 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Вміст солей у воді  $x_0 = 400$  (до 1000) мг/дм<sup>3</sup>.

Вихід перміату  $\alpha = 90 \%$ .

Селективність мембран:  $\varphi = 99,5 \%$ .

Вимоги до якості перміату після другого ступеня очистки: електропровідність  $4,4 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$  ( $x_K = 1,98 \text{ мг/дм}^3$ ).

У цій схемі перміат, який виник з рециклу рідини апарату, повертається в перший апарат і, таким методом зумолюється краще очищення

$$L_k + W = L_0;$$

$$L_0 = 1488 + 466 = 1954$$

$$L_k \cdot x_k + W \cdot x_w = L_0 \cdot x_0;$$

$$L_k + W_2 = L_1;$$

$$L_1 = 1488 + 373 = 1861$$

$$L_k \cdot x_k + W_2 \cdot x_{w2} = L_1 \cdot x_{k1};$$

$$L_0 \cdot x_0 + W_2 \cdot x_{w2} = (L_0 + W_2) \cdot x_{вх};$$

					Проектна частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$\frac{L_K}{L_1} = (X_K/X_{K_1})^{\frac{1}{a-1}};$$

$$\frac{L_1}{L_0+W_2} = (X_{K_1}/X_{ВХ})^{\frac{1}{a-1}};$$

де а обраховується з виразу:

$$\varphi = 1 - a = \text{const.}$$

$$a = 1 - 0,994 = 0,006$$

За цими розрахунками будуюмо матеріальний баланс очистки води по двоступеневій установці зворотного осмосу. Результати занесемо у таблицю матеріального балансу

### Матеріальний баланс по солемісту

Прихід			Витрата		
Точка	м <sup>3</sup> /доба	кг	Точка	м <sup>3</sup> /доба	кг
Живильна вода	1954	1571.36	Перміат	1488	1195.7
			Концентрат після 1ст. 30	968	483
Всього:	1954	1571.36	Всього:	2457	1679

### Розрахунок витратних коефіцієнтів

#### Витратний коефіцієнт води питної

На 1 м<sup>3</sup> очищеної води йде води питної:

$$\beta_{\text{вод.питн.1}} = \frac{L_0}{L_K}$$

$$\beta_{\text{вод.питн.1}} = 1953/1488 = 1,31 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Витратний коефіцієнт питної води на промивку механічних фільтрів:

$$\beta_{\text{вод.питн.2}} = \frac{n \cdot L_{\text{пр}} \cdot \tau \cdot N}{L_K},$$

де n – кількість промивок на добу;

					Проектна частина	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L_{\text{пр}}$  – витрата води на промивку одного фільтру, м<sup>3</sup>/год ;

$\tau$  – період промивки фільтру, год;

$N$  – кількість механічних фільтрів:

$$\beta_{\text{вод.питн.2}} = \frac{1 \cdot 200 \cdot 0,1 \cdot 2}{62} = 0,64 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Витратний коефіцієнт питної води для розрідження концентрату після першої ступені ЗО до норм, ,при яких можна його скинути в каналізацію:

$$\beta_{\text{вод.питн.3}} = \frac{x_{\text{в}} \cdot W - x_{\text{норм}} \cdot W}{x_{\text{норм}} - x_0} \cdot \frac{1}{L_{\text{к}}},$$

де  $X_{\text{норм}}$  – вміст солей у воді, при яких можна скидати в каналізацію, мг/м<sup>3</sup>:

$$\beta_{\text{вод.питн.3}} = \frac{1680 \cdot 465 - 1000 \cdot 465}{1000 - 400} \cdot \frac{1}{1488} = 0,316 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Витратний коеф питної води для розрідження стоків після очистки мембранних модулів:

$$\beta_{\text{вод.питн.4}} = \frac{V_{\text{розв.}}}{T_{\text{пром}} \cdot L_{\text{к}}},$$

де  $V_{\text{розв.}}$  – об'єм води питної, яка поступає в бак для розведення, м<sup>3</sup>;

$T_{\text{пром}}$  – час роботи мембранних блоків між промивками, діб:

$$\beta_{\text{вод.питн.4}} = \frac{420}{100 \cdot 1488} = 0,0028 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

### Витратний коефіцієнт промивного розчину

Для промивання мембран користуються 2 %-вий розчином цитратної кислоти та 0,2 % розчин натрій гідроксиду.

Витратний коефіцієнт промивного розчину кислоти:

$$\beta_{\text{пром.кислоти}} = \frac{L_{\text{пром.к-ти}} \cdot \tau \cdot N}{T_{\text{пром}} \cdot L_{\text{к}}},$$

де  $L_{\text{пром.к-ти}}$  – витрата розчину кислоти на промивку однієї мембрани, м<sup>3</sup>/год ;

$\tau$  – час промивки мембрани, год;

$N$  – кількість мембран:

					Проектна частина	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\beta_{\text{пром.кислоти}} = \frac{5 \cdot 3 \cdot 84}{100 \cdot 1488} = 0,0056 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Витратний коефіцієнт промивного розчину лугу:

$$\beta_{\text{пром.лугу}} = \frac{L_{\text{пром.лугу}} \cdot \tau \cdot N}{T_{\text{пром}} \cdot L_K},$$

де  $L_{\text{пром.лугу}}$  – витрата розчину лугу на промивку однієї мембрани,  $\text{м}^3/\text{год}$  ;

$$\beta_{\text{пром.лугу}} = \frac{5 \cdot 2,5 \cdot 84}{100 \cdot 1488} = 0,007 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Всього води в схемі витрачається:

$$\beta_{\text{вод.питн.}} = \sum_{i=1}^m \beta_{\text{вод.питн.}i} = 1,31 + 0,64 + 0,316 + 0,007 + 0,0056 + 0,0028 = 2.2814 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

### Витратний коефіцієнт електроенергії

Отже, сумарна потужність всього обладнання  $P = 247$  кВт.

Витратний коефіцієнт електроенергії на  $1 \text{ м}^3$  води чистої:

$$\beta_{\text{е.е.}} = \frac{P \cdot \tau}{L_K},$$

де  $\tau$  – час роботи за добу, год:

$$\beta_{\text{е.е.}} = \frac{246 \cdot 24}{1488} = 3.96 \text{ кВт}/\text{м}^3. [49]$$

### Розрахунок теплового балансу

Енергетичний баланс базується на законі збереження енергії, згідно з яким у замкненій системі сума всіх видів енергії є не змінною. Зазвичай для ХТП будують тепловий баланс, при цьому закон збереження енергії зформовують таким чином: надходження теплоти  $Q_{\text{ПР}}$  у цьому апараті має бути рівним витраті теплоти  $Q_{\text{ВИТ}}$  цьому апараті.

У цьому процесі прихід теплоти  $Q_{\text{ПР}}$ , це кількість теплоти що поступає з живильною (питноб) водою  $Q_{\text{Ж.В.}}$ . Витратою теплоти  $Q_{\text{ВИТ}}$  є сума теплот перміату  $Q_{\text{ПЕРМ.}}$  та концентрату  $Q_{\text{КОНЦ.}}$

$$Q_{\text{Ж.В.}} = Q_{\text{ПЕРМ.}} + Q_{\text{КОНЦ.}}$$

$$Q_{\text{Ж.В.}} = 937.3 \cdot C_p \cdot T_{\text{ВХ}} = 931.3 \cdot 4,187 \cdot 15 = 58791.2 \text{ кДж};$$

$$Q_{\text{ПЕРМ.}} = 642.5 \cdot C_p \cdot T_{\text{ВИХ}} = 641.5 \cdot 3,18 \cdot 20 = 40864 \text{ кДж};$$

					Проектна частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$Q_{\text{конц.}} = 312.2 * C_p * T_{\text{вих}} = 311.2 * 3,01 * 20 = 18795.44 \text{ кДж. [72]}$$

### Розрахунок та вибір апарату першого ступеня зворотного осмосу

Основним апаратом цеху води очищеної є двоступінчата установка зворотного осмосу.

### Розрахунок мембранної установки

Розрахунок мембранної установки проводиться, коли вибрані, встановлені наступні вихідні дані: - ,вид мембран;- , насамперед – тиску, температури, концентрації і швидкості розчину на питому продуктивність за цільовими компонентами;

- вид мембранного апарату;
- технологічна схема ЗО.

Мета розрахунку:

Знайти необхідну площу мембран і, відповідно, кількість мембранних модулів і апаратів для забезпечення встановленої продуктивності; здійснити секціонування установки знайти гідравлічні втрати напору і, відповідно, витрати енергії на реалізацію цього процесу

Продуктивність по перміату першої ступені зворотного осмосу

$$W_{1п} = (W_2 + L_0) - W = (372 + 1953) - 465 = 1860 \frac{\text{м}^3}{\text{доба}} = 22 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Після цього знаходимо необхідну робочу площу мембран:

$$F_p = \frac{W_p}{G},$$

де  $G$  – продуктивність мембрани:

$$G = \frac{G_p}{S},$$

де  $G_p$  – питома продуктивність мембрани,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$S$  – площа однієї мембрани,  $\text{м}^2$ :

$$G = \frac{4.5}{51} = 0,088 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

$$F_p = \frac{77.5}{0,88} = 250 \text{ м}^2.$$

					Проектна частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Кількість мембранних модулів:

$$N_{\text{mod}} = \frac{F_p}{S} = \frac{250}{12.5} = 4$$

За цією продуктивністю беремо систему зворотного осмосу для першої ступені Ecosoft MO-9. Ця система застосовується на електронні, харчових і фармацевтичних підприємствах

Тип мембранного елемента Dow Filmtec XLE-440

Стандартна комплектація установки зворотного осмосу:

- насос антискаланту;
- фільтр механічний FCA 740, 5 мкм;
- насос високого тиску з нержавіючої сталі Lowara;
- мембрантримувач;
- мембранний елемент Filmtec XLE 450
- щит керування та керуючий електронний контролер ;
- контрольно-вимірювальні прилади та автоматика, в т.ч:
- ротаметри, манометри, датчик сухого ходу;
- автоматичні клапани;
- поплавковий вимикач;
- датчик і індикатор електропровідності;
- - рама установки
- порти підключення блоку хімпромивання;
- запірні арматура та регулююча арматура;
- трубна обв'язка; [57]

### Розрахунок та вибір апарату другого ступеня зворотного осмосу

Потужність по перміату другого ступеня ЗО :

$$W_{\text{п2}} = L_1 - W_2 = 1860 - 372 = 1488 \frac{\text{м}^3}{\text{доба}} = 22 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Знайшовши питому продуктивність мембрани за формулою , знаходимо потрібну робочу площу мембран за формулою

$$G = \frac{4.5}{51} = 0,088 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

					Проектна частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$F_p = \frac{62}{0,088} = 280 \text{ м}^2.$$

Кількість мембранних модулів знаходимо за формулою

$$n_{\text{мод}} = \frac{280}{14} = 20$$

За цією потужністю беремо систему ЗО для другої ступені Ecosoft MO-9. Ця система експлуатується на енергетиці, харчових, фармацевтичних, виробництвах.

Тип мембранного елемента Filmtec XLE 440

Базова комплектація установки зворотного осмосу:

- насос антискаланту;
- префільтр механічний FCA 740, 5 мкм;
- мембранний елемент Filmtec XLE 450
- відцентровий насос високого тиску з нержавіючої сталі Lowara;
- 
- мембранотримач;
- щит керування та управляючий електронний контролер ;
- контрольно-вимірювальні прилади та автоматика, в т.ч:
- поплавковий вимикач;
- ротаметри, манометри, датчик сухого ходу;
- автоматичні клапани;
- датчик та індикатор електропровідності;
- рама установки ;
- порти підключення блоку хімпромивання
- запірні арматури та регулюючі арматури;
- трубна обв'язка;

### Розрахунок баку для накопичення води

Розрахунок цього баку проводиться згідно рівняння:

$$V_p = W \cdot \tau,$$

де  $W$  – сумарна витрата рідини, м<sup>3</sup>/год;

$\tau$  – час перебування рідини в баці, год.

					Проектна частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Вибираємо час перебування рідини в ємності 20 хвилин.

Визначаємо об'єм баку для води питної:

$$V_p = 65 \cdot 0,33 = 16,45 \text{ м}^3.$$

Геометричний об'єм ємності має бути більше робочого на 12-15 %, тому:  $21,45 + 21,45 \cdot 0,15 = 24,71 \text{ м}^3$ .

вибираємо ємність, прямокутну в плані з розмірами: висота 3,04 м, ширина 3 м, довжина 2.1 м. [21]

## **2.5. Екологічні аспекти впровадження удосконаленого способу у виробництво**

Гіпохлорит в порівнянні із хлором і хлорпрепаратами має наступні основні переваги: поліпшення органолептичної (смак, запах, кольоровість, каламутність) характеристики води; висока біоцидна активність відносно всіх форм мікроорганізмів, включаючи спори, віруси; цисти найпростіші, яйця гельмінтів, мікроводорості і та ін.; висока швидкість знезаражування при значно меншій концентрації речовини; тривалий бактеріостатичний ефект у водорозподільчих системах; видалення мікробних відкладень, запобігання утворенню таких відкладень в мережі водорозподілення; відсутність утворення хлоровмісних сполук, включаючи тригалометани, хлорфеноли, поліхлоровані біфеніли і та ін. [46]

Вміст тригалометанів (ТГМ) при застосуванні гіпохлориту становить 1-25 % від вмісту ТГМ, яких можна спостерігати при обробці тієї ж кількості води хлором. Результати деяких досліджень свідчать про відсутність утворення хлороформу в природних водах, що оброблені гіпохлоритом в концентраціях до 1,0 мг/дм; відсутність реакцій з аміаком та іонами амонію; незалежність окисно-відновного потенціалу від рН води; окиснення органічних сполук, заліза (II), марганцю (II) і та ін.; поліпшення флокуляції води, що не пройшла ще обробки; екологічна безпека.

Переваги гіпохлориту в порівнянні з озоном: тривалий ефект післядії; відсутність утворення токсичних броматів; мінімальні ваго габаритні параметри

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

устаткування; технологічні й експлуатаційні переваги; менша вартість устаткування й собівартість обробки води. Генератори для синтезу діоксиду хлору ви-пускають відомі європейські фірми, технологія його використання добре від-працьована, що зробило цей спосіб доступним і широко використовуваним в Європі. [9]

Щодо токсичності похідних гіпохлориту, то коректніше було б говорити про одну похідну – хлорит-аніон, ГДК якого (0,2 мг/дм<sup>3</sup>). ВООЗ вже переглянула поріг припустимості вбік підвищення до 1 мг/дм<sup>3</sup> [68].

Колективні дослідження та лабораторні експерименти університету Брешия (Італія) свідчать, що при залишковій концентрації гіпохлориту менше ніж 0,2 мг/дм<sup>3</sup> досягається більш ніж 90 %-ий бактерицидний ефект; що при інших однакових умовах при діюксидуванні не утворюються тригалометани, а рівні загальних галоген-похідних в 10-20 разів нижчі, ніж при хлоруванні [76]

					<i>Проектна частина</i>	Арк.
						65
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Висновки і рекомендації

Магістерська дисертація присвячена питанню удосконалення технологічного процесу очищення підземної води на ТОВ «Росяна» з метою покращення техніко-економічних показників виробництва і покращення якості питної води.

1. В магістерській дисертації було проведено наукові дослідження вихідної води до установки зворотнього осмосу. За отриманими результатами було прийнято рішення про необхідність встановлення сучасної установки ЗО, оскільки це дозволить більш якісно очистити воду від непотрібних мінеральних речовин і мікроорганізмів, а також покращити техніко-економічні показники виробництва. Також прийнято рішення замінити знезараження озоном на гіпохлорит натрію. Це метод значно дешевший і в той же час не поступається ефективністю. При цьому, натрій гіпохлорит є не токсичним.

2. Встановлено, що при очищенні підземної води з концентрацією ГМД 1-4 г/л за допомогою запропонованої технології залишкова концентрація не досягала і 1,5 мг/л, тобто ступінь очищення води від ГМД становить 99,75%.

3. Ефективне очищення підземної води від заліза, марганцю і мікроорганізмів досягається застосуванням натрій гіпохлориту і новітньою установкою зворотнього осмосу, яка знищує 99,5 % домішок.

4. Після всіх нововведень значно покращиться стан навколишнього природного середовища оскільки покращиться якість підземної води, а також підприємство зможе не тільки заощадити на екологічному збитку, але й отримуватиме прибуток від продажу очищеної води в технічних цілях.

					Висновки і рекомендації	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. Advances in membrane technologies for water treatment ; materials, processes and applications. Woodhead Publishing series in energy. / Besile A. – Amsterdam: Elsevier, Woodhead Publishing, 2015. – Т. 75: Woodhead Publishing series in energy. – 642 с. (77)
2. Basic water treatment. / Binnie C., Kimber M. – 5th edition. изд. – Science Park, Milton Road, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2013. – 294 с(56)
3. Compliance guidance and model risk management program for water treatment plants. / Puglionesi P. S. – Denver, CO: American Water Works Association, 1998. – 325 с.(26)
4. Drinking water treatment : focusing on appropriate technology and sustainability. Strategies for sustainability. / Ray C., Jain R. – Dordrecht ; New York: Springer, 2011. Strategies for sustainability. – 262 с.(47)
5. Guidelines for Drinking Water Quality. Geneva, 2017. – 604 с. (13)
6. Handbook of ozone technology and application Vol.2. Ozone for drinking water treatment / Ed. R. G. Rice, Netzer.- Boston etc.: Ann. Arbor Science Publ., 1984. – 378 p.(14)
7. ISO 14000. Менеджмент навколишнього середовища.
8. ISO 22000:2006. Система менеджмента безпечності харчової продукції.
9. ISO 9000:2008. Міжнародний стандарт. Система менеджмента якості. Основні положення.
10. Membranes for water treatment. Membrane technology. / Peinemann K. V., Nunes S. P. – Weinheim: Wiley-VCH, 2010. – Т. 4: Membrane technology. – 237с.(78)
11. Nakayama S. Esaki K. Namba K. Improved Ozonation in Aqueous System // Ozone Sci. Eng. – 1979. – Vol., №2. – P.119-131.(12)
12. New health considerations in water treatment. / Holdsworth R., Water Training International, Institution of Water and Environmental Management –

					Список використаної літератури	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Aldershot, Hants, England ; Brookfield, Vt., USA: Avebury Technical, 1991. – x, 99 с.  
(24)

13. Singer P.C. Assessing ozonation research needs in water treatment // J. Amer. Water Works Assos. – 1990. – Vol.82, №10. – P.78-88.(13)

14. Water Resources Planning and Management. / Grafton R. Q., Hussey K. – Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2011. – xxi, 777 с (23)

15. Water treatment membrane processes. / AWWA Research Foundation., Lyonnaise des eaux-Dumez (Firm), South Africa. Water Research Commission. – New York: McGraw-Hill, 1996.(76)

16. Water treatment--a century of progress // Book Water treatment--a century of progress / New York Air Brake Co., 1964. (20)

17. Актуальные проблемы качества питьевой воды в Украине / В. А. Копилевич, Л. В. Войтенко, А. Д. Балакирева и др. // Вода і водоочисні технології. – 2009. – № 10. – С. 7–12.(1)

18. Бахир В.М. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения // Питьевая вода, 2003. – № 1. Режим доступа: <http://www.bakhir.ru/rus/publications/17-A-ChlorArticle-1.htm>. (1)

19. Веселов Ю.С., Лавров И.С., Рукобратский Н.И. Водоочистное оборудование: конструирование и использование. - Л.: Медицина, 1985, - С.34-42.(32)

20. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: водообмен в нарушенных условиях / Шестопапов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др.; Отв. ред. Шестопапов В.М.; АН УССР Ин-т геологических наук. – Киев: Наук. думка, 1991. – 528 с.(4)

21. Водопостачання, водовідведення та якість води. / Запольський А. К. – Київ, 2005. – 671 с.(14)

22. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-74:2013. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.(1)

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
						68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

23. Гігієнічний аналіз стану використання систем доочищення питної води в Україні / В.О. Прокопов, О.В. Зоріна, С.В. Гуленко та ін. // Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії: Матеріали XV з'їзду гігієністів України. 20-21 вересня 2012 року (Львів). – Львів: Друкарня ЛНМУ імені Данила Галицького, 2012. – С. 299-302. (4)

24. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДержСанПіН 2.2.4-171-10. Затверджено наказом МОЗУ 12.05.2010 № 400. Зареєстровано в МЮУ 1.07.2010 №452/17747.(2)

25. Гончарук В. Хімія води і проблеми питного водопостачання / В. Гончарук // Світогляд. – 2009. – № 4. – С. 18– 27.(5)

26. Гончарук В.В., Малярєнко В.В., Яременко В.А. О механизме воздействия ультразвука на водные системы // Химия и технология воды. – 2004. - №3. – С.275 – 286.(33)

27. ГОСТ 18164-72. Вода питна. Методи визначення вмісту сухого залишку.

28. ГОСТ 18165-89. Вода питна. Методи визначення масової концентрації алюмінія.

29. ГОСТ 18293-72. Вода питна. Методи визначення масової концентрації свинцю, цинку, срібла.

30. ГОСТ 18294-89. Вода питна. Методи визначення масової концентрації берилію.

31. ГОСТ 18308-72. Вода питна. Методи визначення масової концентрації молібдена.

32. ГОСТ 18309-72. Вода питна. Методи визначення масової концентрації поліфосфатів.

33. ГОСТ 18826-73. Вода питна. Методи визначення масової концентрації нітратів.

34. ГОСТ 18963-73. Вода питна. Методи санітарно-бактеріологічного аналізу.

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
						69
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

35. ГОСТ 19355-85. Вода питна. Методи визначення масової концентрації поліакриламідю.

36. ГОСТ 19413-89. Вода питна. Методи визначення масової концентрації селена.

37. ГОСТ 23950-88. Вода питна. Методи визначення масової концентрації стронція.

38. ГОСТ 2874-82. Гигиенические требования и контроль за качеством»: Издательство стандартов, 1982. – 263 с. (44)

39. ГОСТ 4011-72. Вода питна. Методи визначення масової концентрації заліза.

40. ГОСТ 4152 -89. Вода питна. Методи визначення масової концентрації миш'яку.

41. ГОСТ 4152-72. Вода питна. Методи визначення загальної жорсткості.

42. ГОСТ 4245-75. Вода питна. Методи визначення масової концентрації хлоридів.

43. ГОСТ 4386-88. Вода питна. Методи визначення масової концентрації фторидів.

44. ГОСТ 4388-74. Вода питна. Методи визначення масової концентрації міді.

45. ГОСТ 4389-72. Вода питна. Методи визначення вмісту сульфатів.

46. ГОСТ 4974-72. Вода питна. Методи визначення вмісту марганцю.

47. ГОСТ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.

48. ДСанПін 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».(6)

49. Жуков Н.Н., Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Озонирование воды в технологии водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – №1. – С.2-4 (10)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Арк.
						70

50. Зайцева О.В., Резуненко Ю.К. Проблемы совершенствования очистки промышленных сточных вод // Медицина сегодня и завтра. – 2000.- №4.– С.147-150(2)

51. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник: - К.: Вища шк., 2005. – 671 с.: іл.(1)

52. Квартенко О. М., Саблій Л.А. . Дослідження методів очищення підземних залізозмісних вод від аммонійних сполук та аміаку // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – 2016. – Т. 1 (18). – С. 39-49. (134)

53. Квартенко О. М., Саблій Л.А. Дослідження роботи станції очищення багатокомпонентних підземних вод в умовах змін гідравлічних навантажень // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2017. – Т. 28. – С. 290-295.(135)

54. Кравченко О. В., Панченко О.С. Біотехнологічні підходи для інтенсифікації видалення амонію при підготовці питної води // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2017. – Т. 3, № 110. – С. 34 – 40.(84)

55. Крамаренко Л.В. Спецкурс з очистки природних вод. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 122 с.(2)

56. Кульський Л.А. Основы химии и технологии воды - К.: Здоровье, 1991.– С.6-89.(5)

57. Кульський Л. А., Строкач П. П. Технология очистки природных вод. – К., 1981. – 328 с.(2)

58. Макарова Н. Весна 2017 и качество водопроводной воды в Киеве // Вода и водоочистные технологии. – 2017. – Т. 2. – С. 24-29.(27)

59. Маляренко В.В., Яременко В.А., Жукова Е.Н., Гончарук В.В. Использование ультразвуковой обработки для снижения ХПК при очистке сточных вод углем // Химия и технология воды. – 2004. - №5. – С.459-470.(41)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Арк.
						71

60. Мамченко А. В. Приоритетные направления в технологии очистки подземных вод от железа // Опреснение питьевой воды. – 2009. – Т. 2, № 3. – С. 57–77. (74)

61. Менча М. Н. Железобактерии подземных вод в процессах обезжелезивания // Водоснабжение и сантехника. – 2006. – Т. 1, № 7. – С. 49–53.(5)

62. Минц О.Д., Королева М.В. Использование озона в системах оборотного водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. - №2. – С.30-31.(15)

63. Миркина Е. Н. Безопасная вода для целей водоснабжения // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – С. 158-160.(110)

64. Николадзе Г. И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. М.: Стройиздат, 1978. 161 с.(3)

65. Николадзе Г. И. Технология очистки природных вод. – М.: Высш. шк., 1987. – 479 с. 5. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды / Л. А. Кульский, И. Г. Гороновский. – К.: Наук. Думка, 1980. – 522 с.(4)

66. Никоненко П.Н., Белойваненко В.И., Кулишов Н.И. Вода как источник инфекционных заболеваний // Медицинские вести. – 1997.- №3 . - С.14-15.(1)

a. Orlov V. Water defferrization in polystyrene foam filters with sediment layer. Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 94 с. (4)

67. Обезжелезивание и деманганация подземных вод. / Кулаков В. В. – Учебное пособие: Москва, 1998. – 100 с. (82)

68. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода /Золотова Е. Ф. – Москва: Стройиздат, 1975. – 176 с. (7)

69. Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах : [монографія]. Рівне: НУВГП, 2012. 172 с. (5)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Арк.
						72

70. Поляков В. Л. О фильтровании воды с высоким содержанием железа // Доповіді Національної Академії наук України: Науково-теоретичний журнал. 2015. № 1. С. 56-64.(6)

71. Потапченко Н.Г., Томашевская И.П., Илляшенко В.В. Оценка совместного действия УФ – излучения и хлора на выживаемость микроорганизмов в воде // Химия и технология воды. – 1993. - №9-10. – С.678-682.(30)

72. Прокопов В. О. Стан та якість питної води централізованих систем водопостачання України в сучасних умовах (погляд на проблему з позицій гігієни) // Гігієна населених місць. – 2014. – Т. 64. – С. 56-67. (22)

73. Роль железобактерий в трансформации железа и марганца в грунтовых водах и использование их для очистки питьевой воды. / Дрожжин О. С. – Воронеж, 2001. – 214 с.(83)

74. Роль мікроорганізмів при видаленні із води високих концентрацій заліза на фільтрах з цеолітовим завантаженням / О.В. Кравченко. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць. Технічні науки. – 2015. – № 1 (69) – С. 58 – 65.(121)

75. Самойлович В.Г. Передовые окислительные технологии. Современное состояние вопроса // Информационный центр озонирования. – 1999. – Вып. 12. – С.35-40.(11)

76. Системный анализ контроля и управления качеством воздуха и воды. / Примак А. В., Кафаров В.В., Качиашвили К.И. – Киев: Наукова думка, 1991. – 358 с. (25)

77. Станкявичус В. И. Обезжелезивание воды фильтрованием (основы теории и расчет установок). Вильнюс: Мокслас, 1978. 120 с.(7)

78. Стискал О.А., Петрук В.Г. Аналіз сучасних методів та екологічна безпека знезараження питної води // Збірник наукових статей IV Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2013), 25–27 вересня. – Вінниця: Видавництво-друкарня ДІЛО, 2013. – 552 с.

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

79. Стискал О.А., Петрук В.Г. Аналіз чинників екологічної небезпеки хлорованої питної води // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – №5. – С. 69–75.(3)

80. Тарасевич Ю. И. Упрощенная модель обезжелезивания и деманганации воды на клиноптилолитовой загрузке фильтров // Химия и технология воды. – 2013. – Т. 2. – С. 98–109.(11)

81. Технология очистки природных вод /Николадзе Г. И. – Москва: Высшая школа, 1987. – 479 с.(9)

82. Улучшение качества подземных вод /Николадзе Г. И. – Москва: Высшая школа, 1987. – 240 с.(8)

83. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова, І. М. Астрелін та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с. (3)

84. Халявка Т.А., Карпенко Г.Ф., Опенько Н.М., Денисова Т.И., Швец Д.И. Углеродные и синтетические сорбенты для обеззараживания питьевой воды от хлорного вибриона // Химия и технология воды. – 1998. - №3. – С.330 – 334.(40)

85. Хоружий П. Д. Исследование процессов и разработка технологии обезжелезивания подземных вод с помощью железобактерий // Химия и технология воды. – 2003. – Т. 25, № 5. – С. 108.(101)

86. Хоружий П. Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. К.: Аграрна думка, 2008. 269 с.(9)

87. Чигаев И. Г. Современные способы обезжелезивания подземных вод с применением мембранных технологий // Ползунковский вестник. – 2014. – Т. 3. – С. 74. (75)

88. Чичирова Н.Д., Евгеньев И.В. Технологии очистки воды и смежные проблемы химической технологии и теплоэнергетики // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 1999. – №2. – С.1-8.(8)

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		