

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

**Інститут** Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого

**Кафедра** теплоенергетики та холодильної техніки

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Блаженко С.І. \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**«До захисту допущено»**

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Петренко В.П. \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 144 Теплоенергетика \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ Енергетичний менеджмент та аудит

на тему: Дослідження роботи водопідготовки з метою зменшення кількості скидних вод і витрати реагентів для регенерації фільтрів

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТМ-2-11М

\_\_\_\_\_ Глушковський В'ячеслав Сергійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Поржезінський Юрій Георгович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Енергетичний менеджмент та аудит  
(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Василенко С.М.

“10” листопада 2020 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Глушковського В'ячеслава Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження роботи водопідготовки з метою зменшення кількості скидних вод і витрати реагентів для регенерації фільтрів

керівник роботи Поржезінський Юрій Георгович  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “09”11.2020 року № 935-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021 року

3. Вихідні дані до роботи матеріали переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. На – катіонування ; 2. Обробка води на механічних фільтрах та прояснювачах ; 3. Конструктивні схеми катіонітних фільтрів з протиточною регенерацією; 4. Процеси очищення води на електродіалізних апаратах; 5. Обробка стічних вод методом випаровування; 6. Зворотній осмос; 7. Методи зменшення скидних вод; 8. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу  
презентація PowerPoint 13 слайдів

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 10.11.2020

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання.	10.11.2020	Виконано
	Аналітичний огляд літератури.	11.11-25.11.2020	Виконано
	Розділи 2 -5 КР	26.11-23.12.2020	Виконано
	Розділи 6-7 КР	24.12-19.01.2021	Виконано
	Розділи 8-9 КР	20.01- 24.01.2021	Виконано
	Підготовка автореферату, Презентації роботи	25.01-28.01.2021	Виконано
	Передача на перевірку секретарю ЕК.	01.02.2021	Виконано
	Отримання рецензії.	06.02.2021	Виконано
	Підготовка документів до захисту.	07.02-10.02.2021	Виконано

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Глушковський В.С.  
(прізвище та ініціали)

Поржезінський Ю.Г.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ІНФОРМАЦІЙНИЙ БЛОК .....	5
АНОТАЦІЯ.....	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. Na – КАТІОНУВАННЯ.....	
1.1 Фізико-хімічні процеси при Na – катіонуванні води.....	10
1.2 Характеристика стічних вод при Na – катіонуванні.....	11
РОЗДІЛ 2. ОБРОБКА ВОДИ НА МЕХАНІЧНИХ ФІЛЬТРАХ ТА ПРОЯСНЮВАЧАХ	
2.1 Фізико-хімічні процеси при освітленні води і методів осадження.....	14
2.2 Характеристика стічних вод механічних фільтрів, прояснювачів і декантаторів, методи їх очистки.....	17
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНІ СХЕМИ КАТІОНІТНИХ ФІЛЬТРІВ З ПРОТИТОЧНОЮ РЕГЕНЕРАЦІЄЮ .....	39
РОЗДІЛ 4. ПРОЦЕСИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНИХ АПАРАТАХ.....	43
РОЗДІЛ 5. ОБРОБКА СТІЧНИХ ВОД МЕТОДОМ ВИПАРОВУВАННЯ.....	45.
РОЗДІЛ 6. ЗВОРТНІЙ ОСМОС.....	53
РОЗДІЛ 7. МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ СКИДНИХ ВОД	
7.1 Переробка скидів після технологічних процесів з поверненням і повторним використанням води і реагентів.....	60
7.2 Зміна технологічного процесу приготування води, удосконалення обладнання, що призводить до зменшення кількості стічних вод і економії реагентів.....	62
7.3. Зміна і удосконалення водного режиму котлів, технологія обробки води і утилізація відходів.....	64
РОЗДІЛ 8. ВИСНОВКИ.....	65.
РОЗДІЛ 9. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	66.
СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ.....	71.

# ІНФОРМАЦІЙНИЙ БЛОК

## **Актуальність дослідження**

Кваліфікаційна робота актуальна бо вивчає напрям зменшення викидів, зменшення стоків після водопідготовки у водний басейн України, зменшення кількості води на власні потреби і кількості регенераційних розчинів.

## **Зв'язок дослідження роботи з науковими програмами**

Кафедра ТЕХТ займається питаннями економії палива і водних ресурсів.

## **Мета дослідження**

Зменшити кількість скидів регенераційних вод після водопідготовки для парових котлів. Зменшити кількість води власних потреб і витрат реагентів на регенерацію фільтрів.

## **Завдання дослідження**

Зменшити кількість води на власні потреби ХВО, кількість реагентів та зменшити кількість скидів з водопідготовки.

## **Об'єкт дослідження**

Водопідготовка для підживлення водогрійних котлів і теплових мереж і На-катионування.

## **Предмет дослідження**

Водопідготовка в котельнях і на електростанціях.

## **Наукова новизна**

Пропонується безвідходна технологія Na-катионітної водопідготовки а також розробленні заходи по зменшенню реагентів для регенерації фільтрів та води власних потреб.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Отриманні результати пропонуються робітникам теплоенергетики для економії води власних потреб реагентів на регенерацію фільтрів та зменшення забруднення водного басейну.

### **Особистий внесок магістранта.**

Після огляду літературних джерел магістрант пропонує методи ефективної роботи водопідготовки.

### **Апробація результатів досліджень.**

Матеріали магістерської роботи обговорювались на науковому семінарі кафедри ТЕХТ НУХТ.

### **Структура магістерської роботи.**

Інформаційний блок, анотація, вступ, огляд літературних джерел по темі магістерської роботи пропозиції, висновки, література і техніка безпеки.

## АНОТАЦІЯ

**Глушковський В.С.** Дослідження роботи водопідготовки з метою зменшення кількості скидних вод і витрати реагентів для регенерації фільтрів.

Кваліфікаційна робота магістра .- НУХТ, 2021.

У проекті представлено:

- Фізико-хімічні процеси при Na – катіонуванні води, характеристику стічних вод при Na – катіонуванні;
- Фізико-хімічні процеси при освітленні води і методі осадження, характеристику стічних вод механічних фільтрів, прояснювачів і декантаторів, методи їх очистки;
- Методи зменшення скидних вод;

Кваліфікаційна робота містить:

- 9 розділів.
- 71 сторінку

Проект виконаний у відповідності з усіма діючими нормами та правилами.

*Ключові слова:* водопідготовка, стічні води, методи очищення, реагенти

## SUMMARY

**Glushkovsky VS** Study of water treatment to reduce the amount of wastewater and the consumption of reagents for regeneration of filters. Qualifying work of the master .- NUHT, 2021.

The project presents:

- Physico-chemical processes in Na - cationization of water, characteristics of wastewater in Na - cationization;
- Physico-chemical processes in water clarification and deposition method, characteristics of wastewater of mechanical filters, clarifiers and decanters, methods of their purification;
- Wastewater reduction methods;

Qualification work includes:

- 9 sections.
- 71 pages

The project is executed in accordance with all current norms and rules.

*Key words:* water treatment, wastewater, treatment methods, reagents



## ВСТУП

Проблема навколишнього середовища в наш час є однією з актуальніших тем сьогодення. Переважна кількість стічних вод забруднюючих природу приходиться на електричні станції і інші галузі народного господарства де використовується хім. очищена вода. В Україні цим питанням мало приділяється уваги, мало проведено дослідів і багато підприємств і електростанцій скидають стічні води після хім. водоочисток або в каналізацію або в водойми чи річки чим призводять до забруднення водного басейну України.

**Об'єкт дослідження** – водопідготовка для підживлення водогрійних котлів і теплових мереж і Na-катіонування.

**Предмет дослідження** – водопідготовка в котельнях і на електростанці

**Мета дослідження** – аналіз існуючих та визначення перспективних методів очищення стічних вод, з метою зменшення кількості застосованих реагентів, а також зменшення кількості скидних вод.

## 1 Na - КАТІОНУВАННЯ

### 1.1 Фізико-хімічні процеси при Na – катіонуванні води

Регенерацію іоніту в фільтрах можна проводити кількома способами, які відрізняються один від одного напрямками потоків оброблюваної води і регенераційних розчинів. При збігу напрямків цих потоків, що подаються зазвичай зверху вниз, регенерацію називають прямоочною, така регенерація викликає невигідні умови для процесу пом'якшення через розподіл іонів  $Ca^{2+}$  й іонів жорсткості в шарі відреагованого матеріалу. На виході з шару катіона зм'якшувана вода, в якій різко знижена концентрація іонів жорсткості, проходить через ділянки погано відрегенованого катіона і тому не може глибоко зм'якшуватись. Крім того, така обставина може призвести до переходу деякої частини іонів жорсткості з катіоніту в воду [1].

При протиточній регенерації регенераційний розчин подається в напрямку, протилежному потоку оброблюваної води, при цьому найбільш повно регенеруються вихідні (по воді) шари катіона. Це дозволяє не тільки зберегти постійне значення залишкової концентрації іонів в фільтрі, а й отримати фільтрат більш високої якості при знижених надлишках реагенту і, отже менших обсягах стічних вод. Ефективна протівоточна технологія дозволяє скоротити число ступенів очищення води за рахунок підвищення якості фільтрату.

До недоліку протиточної регенерації відносяться ускладнення конструкції фільтра, пов'язане з недопущенням перемішування шарів іоніту при подачі розчину або води в нижню частину фільтрату. Крім того, в сучасних конструкціях протиточних фільтрів, особливо при практично повній їх заповненості іонітом, більш складними шляхами реалізується видалення сорбованих шарів домішок і подрібнених частинок смоли.

## 1.2 Характеристика стічних вод при Na – катіонуванні

Цей процес застосовують для пом'якшення води шляхом її фільтрування через шар катіоніту в натрієвій формі. При цьому іони  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ , що зумовлюють жорсткість вихідної води (далі іони жорсткості) затримуються катіоном в обмін на еквівалентну кількість іонів  $Na^{+}$ .

Процес пом'якшення при Na - катіонування закінчується при настанні проскока жорсткості, після чого виснажений катіон в фільтрі треба регенерувати, тобто відновлювати його здатність до обміну іонами. Регенерацію виснаженого катіона проводять пропуском через нього 6-10% розчину NaCl. Внаслідок відносно великій концентрації іонів  $Na^{+}$  в регенераційному розчині відбувається заміна ними поглинених раніше катіонів  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ .

Для скорочення витрат реагентів з використанням прямої технології регенерації застосовують двоступеневу схему Na- катіонування, тобто послідовне включення двох фільтрів. Фільтр першого ступеня регенерується з відносно найбільшим надлишком NaCl ( $n = 1,8-2,4$ ), тому залишкова жорсткість фільтрату виходить високою (близько 0,1 мг-екв /дм<sup>3</sup>). Фільтр другого ступеня регенерується з 6,6-7,5 кратним надлишком солі, тому залишкова жорсткість води знижується від 100 до 5 мг-Екв /дм<sup>3</sup>.

Техніко-економічні розрахунки показують, що незважаючи на збільшення числа фільтрів в двоступеневій системі остання має переваги перед одноступеневою схемою за рахунок зниження витрат NaCl при рівноцінній якості пом'якшеної води.

За необхідності глибокого пом'якшення і декарбонізації водень-катіонування поєднують з натрій-катіонуванням. Використовуються різні варіанти H-катіонування в таких схемах [2].

Розглянемо варіант катіонування в «голодному» режимі регенерації. Для реалізації цієї технології у вітчизняній практиці використовували напівфункціональний катіоніт сульфуголь. Цей катіоніт володіє дуже

низькими технологічними та експлуатаційними властивостями, що обмежувало широке застосування технології, значно ускладнювало утилізацію стічних вод через їх підвищену кількість [3].

Останнім часом з'явилася велика кількість карбоксильних слабокислотних катіонітів з дуже високими технологічними показниками роботи, призначених для використання в закритих і відкритих системах гарячого водопостачання.

Було досліджено кілька варіантів використання карбоксильних катіонітів в схемах підготовки води.

Розглянемо два з них:

- Н - катіонування з «голодною» регенерацією катіоніту;
- Na - катіонування в окремому фільтрі.

Результати порівняння зведемо у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика основних показників використовуваних смол

Катіоніт	CNP-LF	МАК-3Н	S-100	КУ-2-8
Тип	Слабокислотний		Сильнокислотний	
Форма	$H^{+}$		$Na^{+}$	
Структура	Макропористий		Гелеподібний	
Щільність	1,19	1,18	1,29	-
Загальна ємність, г-екв/л	4,3	3,8	2,0	0,8
Зміна об'єму, %	7(H-Ca)	15(H-Ca)	10	42

Як слабокислотні наведено катіоніти марки CNP-LF (левате фірми «Байер», Німеччина) і МАК-3Н (фірма «ДАУ Кемікал», США). Як сильнокислотний - катіоніт КУ-2-8 і S-100 («Байер») [3].

При Нг-катіонуванні регенерація фільтра і обробка води здійснюється за прямоочною схемою - зверху вниз. Висота шару катіоніту складає від 0,8

до 2,6 м. При спільному Н-Na-катіонуванні в фільтр завантажується шар КУ-2-8 заввишки 1,4 м і шар CNP-LF висотою 0,56 м. Паралельний фільтр завантажено сумішшю смол S-100 (1,4 м) і МАК-3Н (0,78 м). Обсяги катіонітів вибираються виходячи зі співвідношення їх обмінних ємностей і якості оброблюваної води за умови одночасного виходу на регенерацію.

Можна зробити висновок, що при індивідуальному використанні слабоекислотних катіонітів у режимі «голодної» регенерації, забезпечується початкове зниження лужності до 0,2-0,3 мг-екв/л при одночасному еквівалентному зниженні жорсткості; спостерігається поступове збільшення лужності і жорсткості фільтрату. При середній лужності за фільтро-цикла 0,5 мг-екв/л обмінна ємність поглинання складає 2000-2500 г-екв/м<sup>3</sup>.

При використанні стабілізованих стічних вод для приготування регенераційного розчину оптимальна концентрація кислоти складає 0,5-0,6%.

## **2. ОБРОБКА ВОДИ НА МЕХАНІЧНИХ ФІЛЬТРАХ ТА ПРОЯСНЮВАЧАХ**

### **2.1 Фізико-хімічні процеси при освітленні води і методі осадження**

Прояснювачі (також відомі як відстійники) є невід'ємною частиною кожної очисної споруди. Ці очисні споруди використовуються для видалення твердих речовин зі стічних вод шляхом гравітаційного осідання в умовах спокою. Усі прояснювачі мають дві функціональні зони - зону прояснення, де відбувається процес гравітаційного осідання, і зону згущення, де осілі тверді речовини накопичуються, утворюючи щільний шар мулу (шламова ковдра).

Стік з прояснювача з низькою концентрацією твердих речовин збирається зверху зони прояснення над переливами в канали збору, які подають стоки до виходу з резервуара. Шлам, зібраний на дні відстійника, видаляється для подальшої очистки на установках для переробки твердих речовин стічних вод. Глибину зони прояснення зазвичай називають глибиною зони чистої води, тоді як глибину зони накопичення мулу називають глибиною ковзання мулу. Сума глибини цих глибин, як правило, визначається як глибина бічної води.

#### ***Види очисних споруд***

Залежно від їх функцій класифікуються на первинні та вторинні.

Первинні прояснювачі розташовані за потоком заводів очисних споруд, і їх основною метою є видалення зважених твердих речовин, що осідають, у вхідному середовищі установки. Зазвичай первинні прояснювачі також оснащені пристроями для видалення плавучих сполук (тобто накипу, олії та жиру) у стічних водах, які накопичуються на поверхні резервуарів під час процесу седиментації.

Вторинні резервуари розташовані нижче за течією біологічних (вторинних) очисних споруд (таких як басейни для аерації активного мулу або фільтри) і використовуються для відокремлення біомаси, що утворюється в процесі вторинної очистки, від стоків рослинного очищення.

Залежно від їх геометричної форми, як первинні, так і вторинні очисні споруди класифікуються на дві основні категорії: прямокутні та кругові. Форма прояснювача, найбільш доречна для даного застосування, залежить від ряду факторів і повинна бути обрана на основі аналізу витрат та ефективності.

### ***Прямокутні прояснювачі***

Прямокутні прояснювачі - це довгі бетонні конструкції, які складаються з окремих басейнів (блоків) із загальними внутрішніми стінками та вхідних та вихідних каналів (рис. 2.1). Кожен окремий басейн резервуара обладнаний окремим механізмом збору мулу, який транспортує тверді речовини, що осіли в резервуарі, у бункер для відбору або має механізм збирання мулу, який зчищає і видаляє тверді речовини, накопичені на дні резервуару.

Співвідношення довжини до ширини окремих басейнів резервуарів зазвичай становить 3: 1 до 15: 1 (рис. 2.1). Мінімальна довжина прояснювача від входу до виходу зазвичай становить 3 метри. Глибина найчастіше становить від 2 до 6 метрів. Ширина прямокутного резервуара зазвичай вибирається на основі доступних стандартних розмірів механізмів збору мулу і варіюється від 2 до 6 метрів

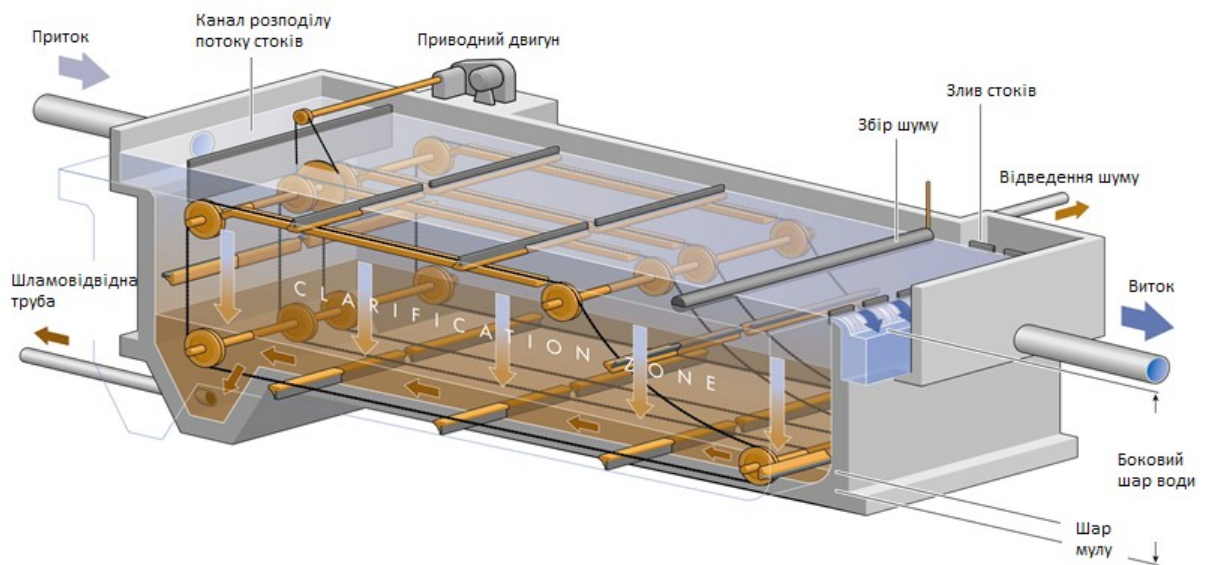


Рис.2.1 – Прямокутний прояснювач стічних вод

### ***Кругові прояснювачі***

Кругові прояснювачі - це круглі споруди, які складаються з вхідної конструкції, циліндричної зони прояснення, зони накопичення конічного мулу та стоків стоку (рис. 2.2). Стоки цих резервуарів розміщуються поблизу периметра установки, щоб створити радіально спрямовану схему потоку від центру резервуару до стін. Нахил нижньої конічної поверхні зазвичай становить 1:10 - 1:12 і залежить від типу механізму збору мулу. Діаметр резервуара коливається від 3 метрів до понад 100 метрів. Кругові прояснювачі, як правило, будуються парами по 2 або 4, щоб спростити розподіл вхідного потоку між окремими блоками. Глибина бічної води циркулярного резервуару коливається від 2,5 до 5 метрів.

Залежно від конфігурації вхідного отвору резервуару кругові відстійники класифікуються як центральна подача та периферійна подача. В даний час найбільш широко використовуваними циркулярними резервуарами є центральний тип подачі (рис.2.2). У ці резервуари вхідний потік потрапляє через подавальну трубу, розташовану в центрі резервуару, у подавальну камеру. Призначення подавальної ями - забезпечити рівномірний радіальний розподіл вхідного резервуару та розсіяти енергію потоку подачі до рівня,



достатнього для ефективного спокійного осідання та рівномірного розподілу радіального потоку.

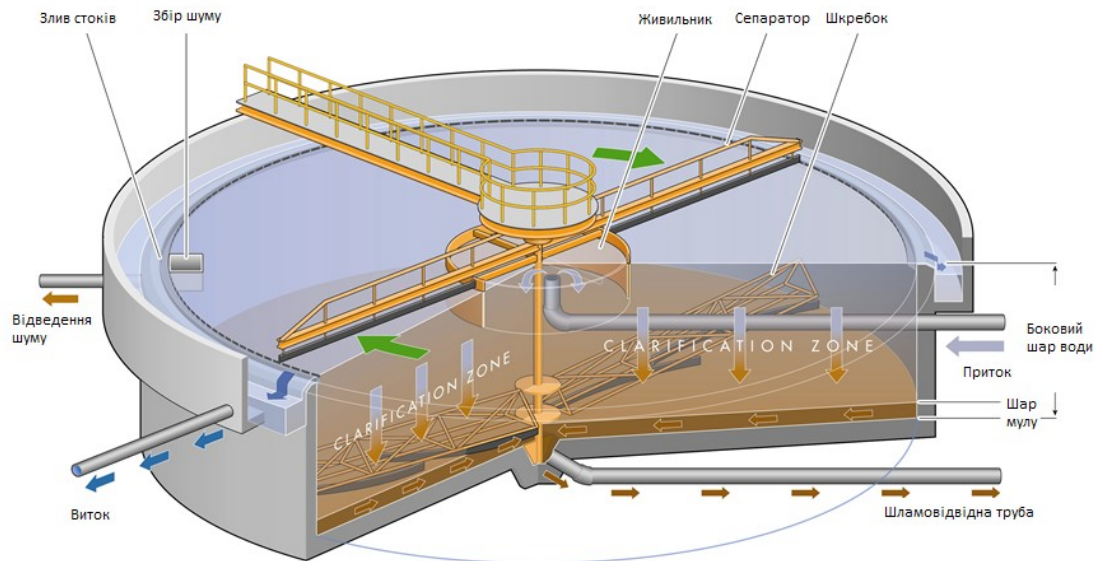


Рис. 2.2 – Круговий прояснювач стічних вод

Звичайні конструкції, що найбільш широко використовуються сьогодні, - це циліндричні металеві конструкції діаметром від 15 до 25% від діаметра резервуара, які сягають від 30 до 75% глибини бічної води резервуару. Зазвичай вони розраховані на середню швидкість потоку 10-13 мм / с і максимальну швидкість 25-30 мм / с.

## 2.2 Характеристика стічних вод механічних фільтрів, прояснювачів і декантаторів, методи їх очистки

Кількість твердих речовин, що утримуються в басейнах седиментації, можна ефективно контролювати, проводячи часті ручні або автоматизовані вимірювання глибини шару шламу відстійника та концентрації шламу, що видаляється з відстійників. Незважаючи на те, що відстеження шламового шару та змін потоків рослини, що вливаються, дозволяє отримати загальне розуміння роботи установки, також дуже вигідно контролювати осідання шламу. Фонд досліджень навколишнього середовища розробив протоколи для оцінки осілості мулу та аналізу характеристик вторинного відстійника

[4]. Ці протоколи підходять для оперативної оцінки існуючих вторинних очисних споруд та для планування нових об'єктів.

#### *Вплив засобів «скринінгу» на ефективність очищення*

Стічні води, в які потрапляють рослини, містять різноманітні великі суспендовані або плавучі матеріали, які необхідно видалити, щоб захистити цілісність конструкції та ефективність очищення очисних споруд. Тип і ефективність установ попередньої обробки скринінгу мають помітний вплив на продуктивність первинних відстійників та меншою мірою вторинних відстійників. Існує два різні типи сит: дрібні та грубі сита, які зазвичай використовуються для утримання та видалення великих твердих матеріалів із стічних вод, що потрапляють, та подрібнювачі, які лише зменшують розмір втікаючого сміття до більш дрібних осідаючих частинок для подальшого видалення в первинних відстійниках.

Найбільш широко використовувані екрани механічної очистки мають отвори між 6 і 38 мм. Кількість відсівів, видалених на механічно очищених ситах, становить, як правило, від 3,5 до 80 м<sup>3</sup> / млн м<sup>3</sup> очищених стічних вод і в середньому становить 20 м<sup>3</sup> / млн м<sup>3</sup> очищених стічних вод [4]. Відсіви зазвичай містять від 10 до 20% твердих речовин і вагою від 600 до 1100 кг / м<sup>3</sup>, і, як правило, в середньому 960 кг / м<sup>3</sup>.

Затворні пристрої іноді встановлюють у вхідному каналі заводу для екранування та подрібнення матеріалу до розмірів від 6 до 19 мм. Використання цих пристроїв призначене для зменшення запаху, мух та громіздких операцій, пов'язаних із видаленням відсівів, обробкою та утилізацією.

Якщо використовувати подрібнювачі, а подрібнені відсіви залишити у вхідному потоці рослини, вони могли б внести додаткові 3 мг / л до 77 мг / л (в середньому 20 мг / л) загальної кількості суспендованих твердих речовин до проектної концентрації речовин. Це, як правило, призводить до збільшення в середньому на 5-10% кількості первинного мулу. Цей відсоток може бути в кілька разів вищим під час вологої погоди. Крім того, пікові

добові обсяги скринінгу можуть значно відрізнятись від середніх умов (до 20: 1 на годину).

Збільшення осаду в результаті використання подрібнювачів є вимірюваним і повинно бути відображено в конструкції обладнання для збору та відбору мулу первинного відстійника. Це збільшення осаду також слід враховувати при проектуванні установки для переробки твердих речовин. Якщо залишити їх у вхідному потоці, більшість відсівів, що осідають, буде видалено в первинних відстійниках. Однак деякі відсиви можуть потрапляти в басейни аерації, де вони можуть агрегуватися і збільшуватися в розмірі через енергійну аерацію в басейнах, а згодом можуть засмічувати отвори збору мулу вторинного відстійника, якщо прояснювачі обладнані системами збору шламу для всмоктування.

Отже, якщо шліфувальні машини встановлені як засоби просіювання, не рекомендується застосовувати системи збору мулу відсмоктувачів. Якщо шліфувальні машини є єдиним життєздатним процесом скринінгу для даного застосування, конструкція системи відсмоктування мулу і вхідної шліфувальної системи повинна бути ретельно узгоджена, щоб уникнути засмічення отворів та труб всмоктувальної системи.

*Вплив типу та конструкції системи для видалення мінерального забруднення на продуктивність очисних споруд*

Основною задачею первинних відстійників є видалення здебільшого тонкодисперсних органічних зважених речовин, що осідають під дією сили тяжіння. Рослинний вміст складає відносно велику кількість грубих неорганічних твердих речовин, таких як пісок, шлаки та гравій, які називаються мінеральним забрудненням. Пісок повинен бути видалений перед первинними відстійниками у відповідних камерах для того, щоб захистити обладнання очисних споруд від надмірного зносу та стирання; запобігати загородженню каналів і труб важкими відкладеннями, що зменшують їх транспортну здатність; запобігати впливу цементування на дні

первинних відстійників та зброджувачів; зменшувати кількість інертних матеріалів в установках для переробки твердих речовин.

Кількість та якість піску є важливими факторами, які необхідно враховувати при розробці первинних очисних споруд. Кількість видаленого в піщаних камерах піску суттєво варіюється залежно від типу та стану системи збору стічних вод, близькості до моря / пляжних зон; та тип викидів промислових відходів. Кількість частинок зазвичай становить від 5 до 200 м<sup>3</sup>/млн м<sup>3</sup> очищених стічних вод і становить в середньому 30 м<sup>3</sup>/млн м<sup>3</sup> очищених стічних вод [5]. Доля цих частинок зазвичай складає від 35 до 80% твердих речовин і має питому вагу в діапазоні від 400 до 1800 кг/м<sup>3</sup>.

Якщо піщані камери не працюють належним чином, надмірна кількість піску, що залишається у первинному вливанні, може спричинити перевантаження обладнання для збору мулу прояснювача, може збільшити кількість первинного мулу та мати негативний вплив на обладнання та обладнання для обробки шламу. Цей надмірний перенос піску може збільшити кількість твердих речовин мулу на 10-30%. Якщо первинний мул містить таку велику кількість піску, знежирення первинного мулу перед його транспортуванням до установок для переробки твердих речовин є обов'язковим.

Гідроциклони та центрифуги відокремлюють пісок від органічних матеріалів у первинному мулі та забезпечують сприятливий вплив на пристрої для переробки твердих частинок. Забезпечення знежирення мулу зазвичай рекомендується як засіб поліпшення на існуючих заводах з піщаними камерами, що працюють не належним чином. На нових заводах конструкція піщаної камери повинна бути зосереджена на ефективному видаленні піску до того, як він потрапить до первинних відстійників, а не на забезпеченні обладнання для знежирення первинного мулу.

Аераційні камери позитивно впливають на процес первинного прояснення, оскільки зменшують потенціал септичності мулу первинного прояснювача. Неконтрольована септичність мулу зазвичай впливає на

загальну продуктивність очисної установки. Крім того, аерація рослин, що передує первинному проясненню, зменшує концентрацію сульфіту водню в неочищених стічних водах і тим самим зменшує швидкість корозії обладнання та структури прояснювача.

Як правило, аеровані піщані камери розраховані на гідравлічний час утримання від 2 до 5 хвилин. Однак, якщо аеровані камери використовуються для попередньої аерації / контролю септичності або для видалення дрібних піщинок, час їх утримання пропонується збільшити до 10-20 хвилин. Якщо рослинна частка містить значну кількість олії та жиру, аерування видалення піску зменшує кількість плавучих речовин, що надходять до первинних відстійників. Аераційні камери для також можуть бути використані для хімічного додавання, змішування та флокуляції перед первинними прояснювачами.

### ***Покращені прояснювачі***

Похилі пластини та баластована флокуляція використовуються переважно для підвищення ефективності первинних прямокутних прояснювачів. Типова система похилих пластин (ламелей) складається з пучків паралельних пластикових трубок або металевих пластин, нахилених на від 45 до 60°, які встановлені на поверхні прояснювача на вертикальну глибину приблизно 2 метри. Відстань між окремими пластинами становить від 40 до 120 мм.

Флакуляція, що баластується, поєднує додавання коагулянту та відстійного баласту (зазвичай дрібного піску або шламу) до резервуару, що вливається, із встановленням нахилених пластин у резервуарах. Частина осаду або відновленого баласту рециркулюється до первинного прояснювача, для розповсюдження вхідних мас. Додавання баласту збільшує щільність втікаючих частинок флоку агломерацією. Це покращення зазвичай дає в три-п'ять разів збільшення допустимої швидкості переповнення поверхні прояснювача. Зазвичай звичайні відстійники розраховані на коефіцієнт корисного викиду від 33 до 49 м<sup>3</sup> / м<sup>2</sup> на добу. Застосування

високошвидкісної технології розділення твердих частинок, що баластується, дозволяє збільшити проектну продуктивність прояснювача щонайменше до 160 м<sup>3</sup> / м<sup>2</sup> на добу.

#### *Вплив флокулюючого центру подачі на поліпшення седиментації*

Флокулюючі центральні живильні воронки використовуються для підвищення продуктивності вторинних відстійників, що використовуються для відстоювання активного мулу. У порівнянні зі звичайною центральною живильною камерою, радіус якої становить приблизно 10-13% від радіуса резервуара, радіус флокулюючої каналу подачі сягає 20-50% від радіуса резервуара, а розмір воронки розроблений для отримання часу затримання від 20 до 30 хвилин. Флокуляційна живильна яма зазвичай поширюється на 40-50% глибини резервуара. Деякі конструкції також включають установку механічних змішувачів у подавальну камеру для посилення процесу флокуляції. Покращення флокулюючої живильної ями спрямоване на створення оптимальних умов для коагуляції та флокуляції твердих речовин, що надходять, із зворотним активним мулом, що переробляється у відстійник.

У подачі, більшим розмірам перероблених частинок надається достатньо часу для залучення та флокуляції частинок активного мулу менших розмірів, що транспортуються з аераційних басейнів, створюючи тим самим міцніші та важчі частинки твердих речовин, які краще та швидше осідають.

#### *Основні критерії проектування первинних прояснювачів*

На ефективність роботи первинних відстійників впливають споруди для збору та очищення стічних вод, що знаходяться вище за течією, та мають значний вплив на біологічну очистку та переробку твердих речовин. Ефективність первинного прояснювача зазвичай вимірюється загальним вмістом твердих речовин у резервуарі, біологічною потребою кисню та ефективністю видалення домішок, а також станом первинного мулу (септичність мулу, концентрація та об'єм). Адекватно спроектовані та

експлуатовані звичайні первинні відстійники для очищення комунальних стічних вод, як правило, видаляють від 50 до 65% вхідного ТСС; 25 - 35% вхідного БПК та 5 - 10% вхідного азоту та фосфору.

Основними проектними критеріями, які використовуються для проектування первинних відстійників, є швидкість переливу поверхні та час затримки в гідравліці. Як правило, резервуари для первинного відстою розраховані на швидкість завантаження стоку менше 190 м<sup>3</sup> / добу на метр довжини стоку.

Правильний збір, видалення та відбір мулу первинного прояснювача має ключове значення для підтримки стабільно високої якості первинних стоків та ефективного та економічного поводження з твердими речовинами. Якщо мул первинного прояснювача надмірно довго утримується в резервуарах, осад може легко перетворитися на септик.

Септичність осаду супроводжується виділенням шкідливих газів, які можуть порушити нормальний процес седиментації, коли вони рухаються від дна резервуара до поверхні. Септичний мул також є більш агресивним, його важче перекачувати та зневоднювати. Окрім створення умов для септичності шламу, підтримання відносно глибокого шару мулу в первинних відстійниках може також ускладнюватись збір та відбір мулу в екстремальних умовах.

Загальновізною практикою запобігання первинної септичності осаду та його негативного впливу на характеристики прояснювача є не перенесення мулової ковдри, що досягається шляхом постійного або дуже частого видалення мулу з дна відстійника. Якщо їх не контролюють належним чином, безперервне видалення мулу часто призводить до перекачування великої кількості розведеного мулу або стічних вод до приміщень для переробки твердих частинок, що негативно впливає на їх ефективність. Для того, щоб уникнути надмірного перекачування розведеного мулу в заливки для переробки твердих частинок і запобігти негативним наслідкам надмірно глибокого шару мулу та пов'язаної з цим септичності мулу, шар мулу та

концентрація первинного прояснювача повинні підтримуватися на оптимальних рівнях. Оптимальна концентрація первинного мулу зазвичай становить від 3 до 5%, а найбільш ефективна глибина шару зазвичай становить від 30 до 100 см. Оптимальна глибина шару мулу буде змінюватися сезонно і змінюватиметься під час сухої та вологої погоди.

### ***Ключові критерії проектування вторинних прояснювачів***

Ефективність вторинних прояснювачів має значний вплив на якість стічних вод заводу, на експлуатаційну ефективність системи біологічного очищення та на обладнання для переробки твердих речовин. Вторинні відстійники виконують дві ключові функції: очищення біологічно очищених стічних вод; згущення та зберігання мулу в процесі біологічного очищення.

Основними факторами, що впливають на роботу вторинного прояснювача, є: кількість твердих речовин, що утримуються в резервуарах, що визначається на основі концентрації твердих речовин, вилучених з цих резервуарів (повернення активного мулу / концентрація активного мулу відходів) та глибину шару мулу; кількість твердих речовин у басейнах аерації, яка встановлюється шляхом вимірювання їх концентрації; відстоювання активного мулу; рослинна складова вхідного потоку та завантаження відходів, значні коливання яких можуть призвести до переміщення твердих речовин між відстійником та басейном аерації та, зрештою, до втрати твердих речовин із стоками вторинного прояснювача.

Максимально допустимий розмір прояснювача для активного мулу може бути визначений за допомогою аналізу потоку твердих речовин. Цей метод заснований на тому, що для активного мулу заданої осаджуваності існує максимальна кількість твердих речовин, які можуть бути перероблені через відстійник (обмежуючий потік твердих речовин), вище якого прояснювач не зможе працювати в стаціонарному стані з точки зору висоти мулового шару та якості стічних вод.



Однією з головних переваг концепції аналізу твердих речовин є те, що вона дозволяє пов'язати конструкцію та роботу вторинного прояснювача та басейну аерації та оптимізувати їх роботу як єдину систему.

Кількість твердих речовин, що утримуються в басейнах седиментації, можна ефективно контролювати, проводячи часті ручні або автоматизовані вимірювання глибини шару мулу відстійника та концентрації мулу, що видалається з відстійників.

Незважаючи на те, що відстеження мулового шару та змін потоків рослинних часток, що вливаються, дозволяє отримати загальне розуміння роботи прояснювача, також дуже вигідно додатково контролювати осідання мулу. Існують протоколи для оцінки осілості мулу та аналізу характеристик вторинного прояснювача. Ці протоколи підходять для оперативної оцінки існуючих вторинних прояснювачів та для планування нових об'єктів.

Первинні та вторинні відстійники невід'ємні частина кожної звичайної очисної споруди. На ефективність їх роботи впливають споруди для збору та очищення стічних вод, що знаходяться вище за течією, та мають значний вплив на установки біологічного очищення і переробки твердих речовин.

#### *Вплив типу системи збору стічних вод на конструкцію прояснювача*

Тип системи збору стічних вод має виражений вплив на конструкцію очисних споруд. Комбіновані каналізаційні системи зазнають більших коливань потоку в порівнянні з окремими санітарними каналізаціями. Завдяки комбінованій каналізаційній системі витрати при вологих погодних умовах можуть досягати в кілька разів більше середніх витрат потоку, ніж за сухих погодніх умов, з урахуванням вмісту рослинних домішок.

Застосування більш суворих правил, що обмежують комбіновані переливи каналізації (ПОП) та підвищені вимоги до очищення зливових вод, в кінцевому підсумку призведе до збільшення рослинних потоків, що вливаються, та більшого потенціалу негативного впливу на роботу прояснювача.

Останні розробки нормативних актів щодо ПОП спонукали до більш широкого використання накопичувачів стічних вод під час вологих погодних умов та контролю ПОП у режимі реального часу, щоб максимізувати використання місткості каналізаційних сховищ та мінімізувати перелив.

За вологих погодних умов збільшений і розбавлений вхідний потік рослин, як правило, порушує шар мулу прояснювача та посилює перехідні потоки в відстійниках. Це впливає як на якість стічних вод прояснювача, так і на щільність та якість мулу прояснювача. Перехідні потоки негативно впливають як на первинні, так і на вторинні прояснювачі, а також на загальний процес вторинної очистки. Холодніші зливові води погіршують характеристики осідання активного мулу та загальні гідравлічні характеристики відстійників. Тривалі вологі погодні явища можуть також призвести до значного вимивання часток з каналізації та піщаних камер до первинних відстійників та до зниження показника обсягу мулу у вторинних відстійниках до дуже низьких рівнів.

#### *Зменшення інфільтрації та притоку стічних вод*

Ще однією загальногалузевою тенденцією, яка має помітний вплив на потужність станції та продуктивність прояснювачів, є впровадження комплексної програми зменшення інфільтрації та притоку стічних вод.

Інфільтрація та приплив можуть суттєво сприяти зростанню якості та кількості рослинних домішок, особливо в районах із високопроникними ґрунтами, високим рівнем підземних вод та старими системами збору стічних вод. Оскільки впроваджується ефективна програма інфільтрації та зменшення припливу, витрата вхідної рослинної складової, як правило, зменшується між 5 і 25%, що в цілому матиме позитивний вплив на продуктивність прояснювачів. Однак густина стічних вод, до яких потрапляють рослини, також, ймовірно, значно зросте, що призведе до збільшення виробництва мулу та глибини шару мулу в первинному та вторинному відстійниках.

Характеристиками гідравлічної конструкції очисних споруд, що використовуються для відображення впливу типу санітарної каналізації на конструкцію відстійника, є: середньодобова витрата; максимальна добова витрата; піковий погодинний потік і піковий миттєвий потік. Кожен із цих проектних потоків важливий з різних причин.

Піковий миттєвий потік використовується для проектування вхідної насосної потужності установки та для визначення проектних положень прояснювача, необхідних для усунення стрибків потоку каналізаційної системи під час вологих погодних умов. Піковий миттєвий потік також враховується при виборі стратегії контролю глибини шару мулу у вторинних відстійниках під час перехідних потоків. Середні та пікові добові витрати використовуються для визначення середньої та максимальної добової швидкості навантаження гідравліки та твердих речовин та для вибору типу, розмір та конфігурація систем збору та відбору мулу прояснювача. Піковий погодинний потік використовується для оцінки максимальної глибини відстійника мулу прояснювача. Пікові щоденні та погодинні потоки також використовуються для розміщення басейну вирівнювання рослин та / або іншого обладнання для зберігання стічних вод на місці або за його межами.

Традиційно пікові добові витрати оцінюється шляхом застосування коефіцієнта піку до середньодобового потоку. Однак, коли вони доступні, фактичні потоки забезпечують більш точне відображення факторів піку рослинної складової і повинні використовуватися для визначення пікових проектних потоків.

Комп'ютерні моделі, засновані на фактичних даних системи збору стічних вод та існуючих схемах потоку, рекомендується використовувати для великих складних каналізаційних систем для встановлення ключових проектних потоків станцій. Ці моделі, як правило, включають основні характеристики каналізаційної системи, такі як: припливна площа, тривалість та інтенсивність опадів та час концентрацій, розташування та обсяг басейнів утримання каналізаційної системи (якщо такі є) та існуючі ПОП, які

дозволяють точно визначити піковий миттєвий потік та його вплив на конструкцію прояснювача.

*Вирівнювання впливу перехідних потоків за рахунок зменшення загального запасу твердих речовин*

Перехідні потоки часто призводять до тимчасового перенесення значної кількості твердих речовин активного мулу з басейнів аерації у вторинні відстійники. Цей перенос твердих речовин може швидко створити покрив мулу, досить високий, щоб привести до перенесення твердих речовин та погіршення якості стічної води прояснювача.

Альтернативою забезпеченню глибших прояснювачів для роботи з накопиченням шару твердих речовин під час перехідних потоків є зменшення накопичення глибини товщі шламу в відстійниках шляхом зменшення загальної кількості твердих речовин у системі аераційного басейну - активований мул (загальний запас твердих речовин). На практиці це означає проектування та експлуатацію аераційних басейнів при меншій концентрації твердих речовин у суспендованих твердих розчинах.

Якщо система активного мулу працює при 2500 мг / л, а в умовах вологої погоди генерується перехідний шар мулу 1,8 метра, зменшення концентрації домішок в басейні аерації до 1500 мг / л і загальної кількості запасу твердих речовин системи активованого мулу на 40%, як правило, призводить до зменшення перехідного покриву мулу приблизно до 1,1 метра за аналогічних умов експлуатації та осілості мулу. У відстійнику глибиною від 2,5 до 3,0 м шар з перехідними твердими речовинами розміром 1,8 метра, ймовірно, призведе до погіршення якості стічних вод, тоді як шар з твердими речовинами, що досягає 1,1 м не впливає суттєво на якість стічних вод прояснювача.

Наведений вище приклад ілюструє компроміс між глибиною прояснювача та запасом зменшених твердих речовин як два альтернативні підходи для управління перехідними потоками.

Проектування систем активного мулу для роботи на запасах з низьким вмістом твердих речовин дозволяє використовувати менші вторинні відстійники для досягнення якості стоків, порівнянної з якістю систем запасів з високим вмістом твердих речовин з глибшими відстійниками при перехідних потоках.

Експлуатація на запасах з низьким вмістом твердих речовин часто є основною причиною того, чому неглибокі відстійники виробляють якість стоків, порівнянну з глибшими відстійниками при подібних або іноді більш високих швидкостях завантаження поверхні.

Отже, при порівнянні впливу глибини бічної води та швидкості поверхневого навантаження на якість стічної води вторинного прояснювача контроль твердих речовин активного мулу є одним із ключових параметрів, який необхідно враховувати при порівнянні.

В іншому випадку, показники неглибоких прояснювачів можуть здаватися кращими або іноді перевершувати ефективність більш глибоких очисників, що може призвести до оманливого загального висновку, що більша глибина бічних вод забезпечує незначну або взагалі не приносить користі для поліпшення характеристик прояснювача при перехідних навантаженнях.

Іншою перевагою експлуатації системи активованого мулу при менших запасах твердих речовин) є потенційне покращення загальних характеристик прояснювача. Більш високі концентрації твердих домішок, як правило, сприяють утворенню потоків щільності в відстійниках і зазвичай призводять до нижчих швидкостей осідання змішаного розчину.

Пом'якшення негативного впливу перехідних потоків на продуктивність прояснювача за рахунок зменшення запасів твердих речовин активного мулу є дуже корисним при модернізації існуючих установок з неглибокими відстійниками та при наявності достатньої потужності аераційного басейну для досягнення цілей вторинної очистки станцій.

Однак цей підхід може мати обмежене застосування для біологічного видалення поживних речовин, орієнтованого на високий рівень видалення азоту, де для забезпечення стабільної нітрифікації та стабільної якості води, що стікає, необхідно підтримувати високий запас твердих речовин в системі активного мулу.

#### *Вирівнювання перехідних потоків тимчасовим відключенням аерації*

Захід, який може бути використаний як крайній засіб для контролю глибини шару прояснювача та запобігання переносу твердих речовин із кінцевим стоком, полягає у відключенні аерації, внутрішньої рециркуляції та змішувальному обладнанні в басейнах з активним мулом. Це негайно запобігатиме надходженню додаткових твердих речовин до прояснювачів і дозволить повернути біомасу, що надходить у відстійники, назад в аераційні басейни. Однак цей захід, як правило, застосовується лише до аераційних басейнів, обладнаних механічними аераторами або грубопухирчастими дифузорами.

Установки, що використовують тонкопухирчасті дифузійні системи для аерації резервуару з активним мулом, можуть застосовувати цей підхід для зменшення перехідних потоків лише протягом дуже короткого періоду часу (зазвичай не більше 30 хвилин), не піддаючи аераційні дифузори значним забрудненням. Якщо тип системи аерації не є обмеженням, цей режим роботи можна використовувати протягом 3 - 4 годин без суттєвого негативного впливу на якість рослинних стоків.

Гідродинамічне моделювання дозволяє врахувати вплив широких коливань якості води та кількості води під час вологих погодних явищ та визначити найбільш ефективне та економічно вигідне поєднання конструктивних та контрольних заходів для обробки за вологих погодних умов і забезпечити потік цільової якості води.

## ***Прояснювачі та засоби попередньої обробки***

### *Вплив конструкції насосної станції на ефективність прояснювача*

Розмір насоса, що вливається в установку, конфігурація та тип керування двигуном мають значний вплив на роботу прояснювача. Широкі та раптові зміни витрати рослинного потоку, як правило, створюють гідравлічні перехідні процеси, які погіршують якість стоків прояснювача та загальну продуктивність. Тому слід уникати частих і різких пусків і зупинок великих вливних насосів, а також прямого закачування в установки прояснювачів.

Встановлення приводів зі змінною швидкістю насосів, що впускають воду, дозволить пом'якшити різкі зміни витрати прояснювача та гідравлічного навантаження. Застосування гвинтових насосів рекомендується, якщо це можливо, оскільки конфігурація впуску та режим роботи цих насосів дозволяє зменшити коливання потоку в установці.

### *Вплив типу та конструкції системи для видалення часток на продуктивність прояснювача*

Основною метою первинних відстійників є видалення здебільшого тонкодисперсних органічних зважених речовин, що осідають під дією сили тяжіння. Рослинний вміст містить відносно велику кількість грубих неорганічних твердих речовин, таких як пісок, шлаки та гравій, які називаються піском. Пісок повинен бути видалений перед первинними відстійниками в камерах для піску, щоб захистити обладнання очисних споруд від надмірного зносу та стирання; запобігати загородженню каналів і труб важкими відкладеннями, що зменшують їх транспортну здатність; запобігати впливу цементування на дні первинних відстійників та зброджувачів; і зменшити кількість інертних матеріалів в установках для переробки твердих речовин. Піщані камери, як правило, призначені для видалення частинок питомої ваги значенням - 2,5.

Кількість та якість піску є важливими факторами, які необхідно враховувати при розробці первинних прояснювачів. Кількість видаленого в піщаних камерах піску суттєво варіюється залежно від типу та стану системи збору стічних вод, близькості до моря / пляжних зон; тип викидів промислових відходів. Кількість часток зазвичай становить від 5 до 200 м<sup>3</sup> / млн м<sup>3</sup> очищених стічних вод і становить в середньому 30 м<sup>3</sup> / млн м<sup>3</sup> очищених стічних вод. Пісок зазвичай містить від 35 до 80% твердих речовин і має питому вагу в діапазоні від 400 до 1800 кг / м<sup>3</sup>.

Якщо піщані камери не працюють належним чином, надмірна кількість піску, що залишається у первинному вливанні, може спричинити перевантаження обладнання для збору мулу прояснювача, може збільшити кількість первинного мулу та мати негативний вплив на обладнання та обладнання для обробки шламу. Цей надмірний перенос піску може збільшити кількість твердих речовин мулу на 10-30%. Якщо первинний мул містить таку велику кількість піску, знежирення мулу до транспортування первинного мулу до установок для переробки твердих речовин є обов'язковим.

Такі пристрої як гідроциклони та центрифуги відокремлюють пісок від органічних матеріалів у первинному мулі та забезпечують сприятливий вплив на пристрої для переробки твердих частинок. Забезпечення знежирення мулу зазвичай рекомендується як засіб поліпшення на існуючих заводах з піщаними камерами, що працюють неналежним чином. На нових заводах конструкція піщаної камери повинна бути зосереджена на ефективному видаленні піску до того, як він потрапить до первинних відстійників, а не на забезпеченні обладнання для знежирення первинного мулу.

Газовані камери позитивно впливають на процес первинного освітлення, оскільки зменшують потенціал септичності мулу первинного прояснювача. Неконтрольована септичність мулу зазвичай впливає на загальну продуктивність прояснювача.



Крім того, припливна аерація, що передує первинному освітленню, зменшує концентрацію сульфіту водню в неочищених стічних водах і тим самим зменшує швидкість корозії обладнання та конструкції прояснювача.

Як правило, аеровані піщані камери розраховані на гідравлічний час утримання від 2 до 5 хвилин. Однак, якщо аеровані камери використовуються для попередньої аерації / контролю септичності або для видалення дрібних піщинок, час їх утримання пропонується збільшити до 10-20 хвилин. Крім того, рекомендується встановити систему аерації в каналах, що з'єднують піщані камери та прояснювачі.

Всі аеровані канали повинні бути покриті та провітрювані для контролю запаху та корозії. Якщо рослинна складова, містить значну кількість олії та жиру, аерування видалення піску зменшує кількість плаваючих речовин, що надходять до первинних відстійників. Газовані камери для зерна також можуть бути використані для хімічного додавання, змішування та флокуляції напередодні первинних прояснювачів.

### ***Прояснювачі та біологічна очистка стічних вод***

*Вплив первинного освітлення на видалення поживних речовин в системах активного мулу*

Співвідношення органічного субстрату до поживних речовин рослинної складової є основним фактором, що впливає на ефективність біологічних систем очищення стічних вод. Зазвичай це співвідношення вимірюється як біологічне відношення потреби кисню до азоту та фосфору.

Первинне освітлення зменшує співвідношення органічного субстрату до фосфору, тим самим зменшуючи кількість фосфору та азоту, які потенційно можуть бути видалені в процесі звичайного біологічного очищення. Як правило, первинні прояснювачі видаляють більший відсоток вмісту органічних матеріалів, ніж поживні речовини (азот і фосфор).

На промислових підприємствах, де співвідношення вмісту азоту і фосфору може бути незбалансованим, первинне очищення може додатково негативно вплинути на ефективність видалення домішок системи активного мулу через недостатню кількість поживних речовин у стічних водах. За таких умов, можливо, доведеться застосувати додаткові джерела розчинного азоту та фосфору до первинних стоків, щоб компенсувати зменшення субстрату до поживних речовин у первинних відстійниках.

Цей ефект первинних прояснювачів на співвідношення органічного субстрату до поживних речовин слід враховувати при розробці систем активного мулу.

Завдяки значно вищому виробництву вторинного мулу (від 50 до 70%) без первинного освітлення басейни аерації систем мають бути збільшені в розмірах. Усунення первинних прояснювачів також утворює осад, який в цілому складніше в обробці. Отже, первинне освітлення є рекомендованим процесом обробки перед системами біологічного виведення поживних речовин.

#### *Використання первинних прояснювачів для хімічного видалення фосфору*

Видалення фосфору додаванням хімічних речовин до первинного прояснювача є досить простим в реалізації. Хімічні речовини (як правило, солі заліза або алюмінію) додають перед відстійником в місцях, що забезпечують умови для хорошого змішування з рослинним середовищем. Доданий фосфор вступає в реакцію з металевим солеутворюючим фосфатним осадам, який видаляється у вигляді шламу в первинних відстійниках.

Хімічне додавання у первинні відстійники дозволяє видалити до 90% твердих частинок фосфору. Хімічні процеси освітлення, такі як контактні прояснювачі та прояснювачі шламових шарів, успішно застосовуються для хімічного видалення фосфору. Ключовим недоліком хімічних осадів фосфору є те, що цей процес обробки утворює значну кількість мулу, що призводить до збільшення витрат на утилізацію та видалення твердих речовин.

Зазвичай на 1 мг алюмінію виробляється 2,9 мг твердих речовин, якщо використовується залізо - 1,9 мг твердих речовин утворюється на 1 мг заліза. Однак алюміній є більш ефективним, ніж залізо, з точки зору кількості металу, необхідного для видалення одного кг фосфору. Теоретично для осадження одного мг фосфору потрібно 1,8 мг заліза і лише 0,87 мг алюмінію. Отже, загальна кількість твердих речовин, що утворюються при видаленні одного мг фосфору із застосуванням солей алюмінію, лише трохи (на 10-15%) перевищує кількість, вироблену осадженням солі заліза.

Крім того, хімічний процес осадження фосфору споживає значну кількість лужності рослин (5,8 мг у вигляді  $\text{CaCO}_3$  / мг Al та 2,7 мг у вигляді  $\text{CaCO}_3$  / мг Fe). Застосування лужності рослин вище за течією системи біологічного видалення поживних речовин, як правило, негативно впливає на ефективність видалення азоту системою, оскільки для нітрифікації стічних вод необхідна значна кількість лужності.

Зазвичай, якщо загальний рівень фосфору знижується нижче 2 мг / л у первинних відстійниках, кількість фосфору в первинних стоках може бути недостатньою для забезпечення поживних речовин, необхідних для адекватного росту біомаси в системі активного мулу. Дослідження з видалення азоту, де солі заліза додавали до основних та вторинних процесів очищення для посиленого видалення фосфору, вказує на те, що посилене видалення фосфору первинним прояснювачем може призвести до неадекватних концентрацій розчинного фосфору, доступних для денітрифікуючих мікроорганізмів. Цей дефіцит на очисних спорудах призвів до зменшення біологічного видалення азоту, нестабільних показників денітрифікації, збільшення виходу осаду та неефективного використання метанолу. Тип хімічного коагулянта, що використовується для осадження фосфору, повинен бути ретельно підібраний, оскільки він може мати значний вплив на деякі очисні споруди, розташовані нижче за течією.

Наприклад, сполуки заліза, на відміну від сполук, що містять алюміній і кальцій, також можуть ефективно контролювати септичні запахи. Однак, якщо на очисній установці є система УФ-дезінфекції, передозування солей заліза може забруднити елементи УФ - системи та помітно знизити ефективність їх дезінфекції. Залишкове залізо також заважає процесу дезінфекції, оскільки залізо поглинає УФ-частину спектра.

Солі алюмінію утворюють осади, які не розчиняються в анаеробних умовах, як фосфати заліза. Це є ключовим фактором на очисних спорудах з анаеробними зброджувачами. Використання солей алюмінію, хоча і виробляє дещо більшу кількість твердих речовин, як правило, мінімізує виділення фосфатів в анаеробних зброджувачах та пов'язаних з ними твердих речовинах, що обробляють побічні потоки.

Використання хімічно посиленого первинного освітлення може також вплинути на якість кінцевого мулу та способи його утилізації. Поряд з фосфором, коагулянти також осаджують важкі метали з рослинного потоку, збільшуючи тим самим вміст металів у рослинному мулі.

Солі алюмінію та заліза, що використовуються для осаду, також сприятимуть підвищеному вмісту важких металів у шламі, оскільки ці комерційні продукти зазвичай містять незначну кількість металевих домішок.

Якщо шлам з високою рослинною складавою планується використовувати в корисних цілях, тоді вплив хімічних осадів на кінцеву якість мулу слід ретельно оцінити на відповідність чинним нормативним вимогам.

*Використання первинних прояснювачів для попереднього бродіння твердих речовин*

Леткі жирні кислоти (ЛЖК) відіграють ключову роль у метаболізмі бактерій, таких як *Acinetobacter*, здатних посилено виводити фосфор у біологічних системах виведення поживних речовин.

Накопичення ЛЖК дає організмам, що видаляють фосфор, конкурентні переваги для росту та виживання в системі активного мулу.

Як правило, ЛЖК утворюються під час природного процесу бродіння, що відбувається в системі збору стічних вод перед очисними спорудами. Це явище спостерігалось, зокрема, на кількох заводах і характерне для заводів стічних вод у припливних районах, де каналізація довга, а ухили невеликі. Однак виділення ЛЖК в каналізації змінюється залежно від температури і може бути досить низьким взимку.

Отже, для забезпечення оптимальних умов для посиленого біологічного видалення фосфору в нижчих за течією анаеробних зонах, інтенсивніше утворення ЛЖК може бути досягнуто шляхом попереднього бродіння в первинних відстійниках. Первинні відстійники можуть бути використані для бродіння органічного вуглецю, що міститься в рослинній складовій для утворення коротколанцюгових ЛЖК.

В ідеалі, кисле бродіння забезпечить достатню кількість ЛЖК для біологічного видалення фосфатів до рівня нижче 0,1 мг / л у вигляді фосфору, якщо проводиться третинна фільтрація. Частота повного видалення шару мулу з прояснювача залежить від місця та від сезону.

При використанні двох первинних прояснювачів, існує низка можливих сценаріїв експлуатації переробки мулу. Осад може бути поданий окремо назад до стоку кожного резервуара, насоси для відбору мулу підключаються безпосередньо до підтоку кожного резервуара, а шламопроводи з'єднані між собою за допомогою двосторонніх клапанів. Забезпечуючи експлуатаційну гнучкість підтік з одного з резервуарів може перекачуватися до іншого, тоді як підтік другого резервуара перекачується до зброджувачів. Ця конфігурація дозволяє підтримувати безперервний процес бродіння в відстійниках, одночасно повністю видаляючи мул з одного з них.

Ключовим недоліком використання первинних прояснювачів як основних є те, що перероблений первинний мул збільшує навантаження первинних відстійників органічними речовинами та твердими речовинами і тим самим зменшує доступну потужність прояснювачів.

Однією з проблем, з якою стикаються первинні прояснювачі, що використовуються як переважні, є додаткове навантаження на шкребковий механізм через високий рівень шламового шару, необхідний для цього процесу.

Отже, на існуючих заводах необхідно ретельно оцінити розмір та потужність механізмів збору мулу, щоб встановити, чи є працездатною модифікація первинного прояснювача на основний. У нових прояснювачах механізми збору мулу повинні бути ретельно підібрані, щоб забезпечити підтримку висоти шламового шару до 0,6 – 1 м.

### 3 КОНСТРУКТИВНІ СХЕМИ КАТІОНІТНИХ ФІЛЬТРІВ З ПРОТИТОЧНОЮ РЕГЕНЕРАЦІЄЮ.

Протиточна технологія іонування (двоходова технологія очищення води) (Рис.3.1) є одним з найбільш прогресивних способів очищення води на сьогоднішній день, яка все частіше знаходить застосування на промислових підприємствах, теплових і атомних електростанціях, ГРЕС і на об'єктах комунального господарства

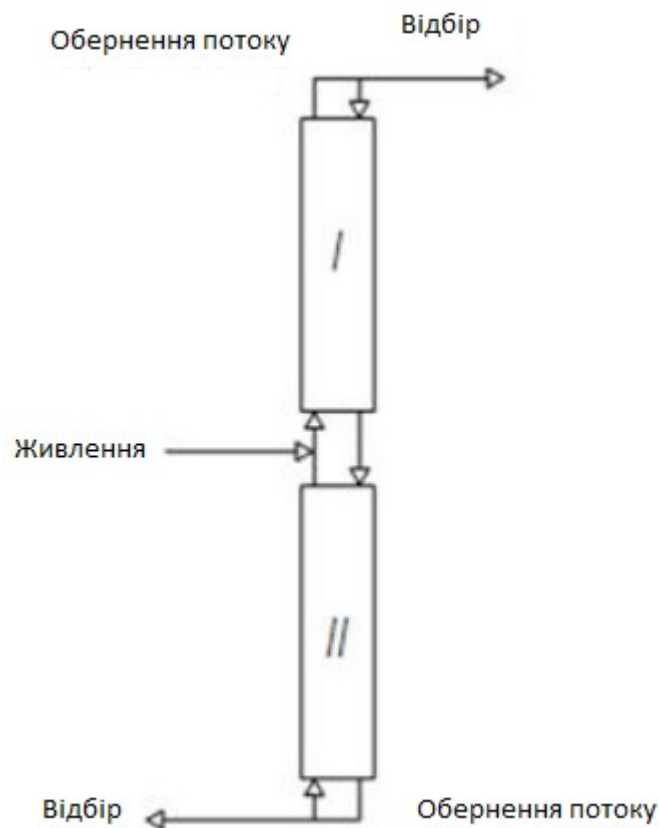


Рис.3.1 – Принципова схема протиточної фільтрації води

Переваги протиточного фільтрування були відомі давно, але промислове застосування воно знайшло лише з появою спеціальних конструкцій фільтрів і розвитку виробництва різноманітних високоефективних іонітів [6].

Сутність протиточної технології іонування полягає в протилежному напрямку подачі води на фільтрацію і регенераційних розчинів (Рис.3.2). Причому існують варіанти подачі оброблюваної води як низхідним потоком, так і висхідним. Кожен з варіантів має свої переваги і недоліки, і вибір проводиться в залежності від конкретних умов і завдань водопідготовки.

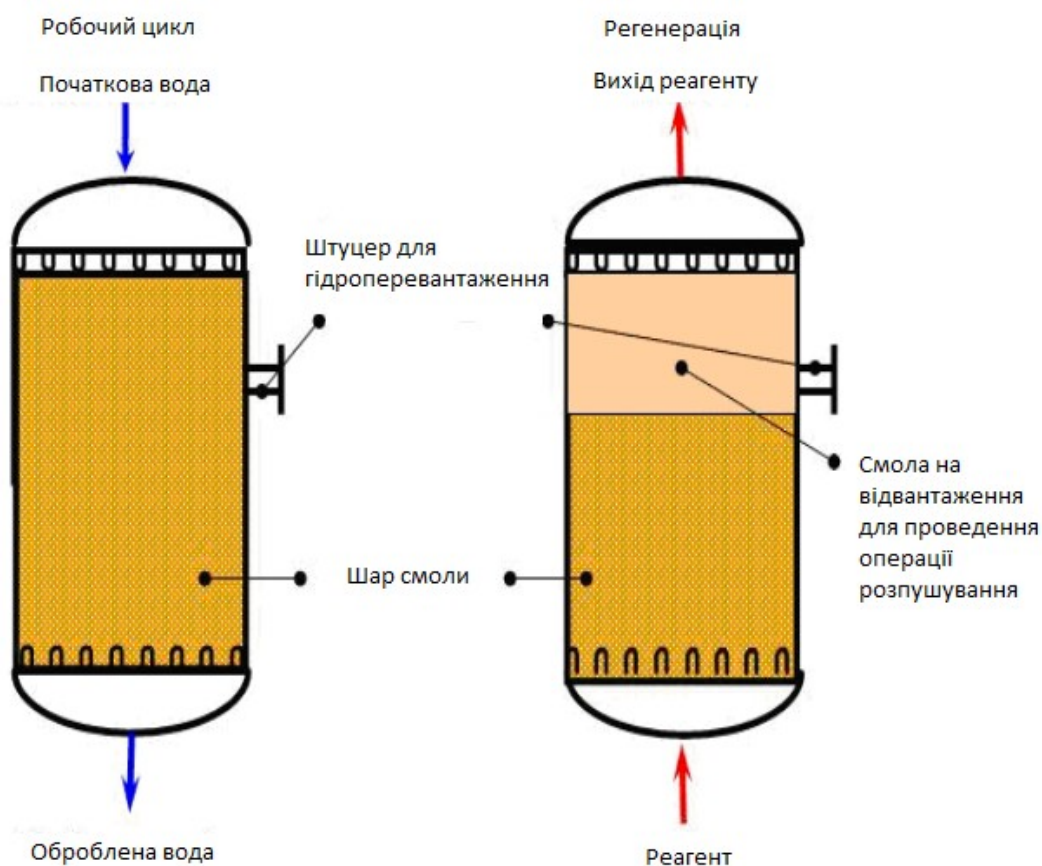


Рис.3.2 – Схема протиточної фільтрації води за технологією «UFD»

Ефект поліпшення якості фільтра і зниження витрати реагентів при «протитоку» досягається за рахунок того, що в першу чергу свіжим розчином регенеруються найменш забруднені вихідні шари смоли. При цьому надлишок реагентів в цих шарах, що забезпечує глибину очищення води, перевищує розрахункові значення в кілька разів. Крім того, у міру просування регенераційних розчинів в більш виснажені шари створюється рівновага між концентрацією десорбованих іонів в розчині і шарі іоніту, що виключає небажані повторні процеси сорбції - десорбції, характерні для «паралельного потоку».



*Протиточні технології фільтрації забезпечують наступні переваги в порівнянні з традиційною паралельноточною системою:*

- підвищення якості очищеної води;
- зменшення кількості встановленого обладнання (фільтри, насоси, баки), арматури, трубопроводів в 2 - 3 рази;
- зниження витрати хімічних реагентів (кислота, сіль) на потреби водопідготовчої установки в 1,5 - 3 рази;
- збільшення робочої обмінної ємності фільтра за рахунок властивостей іонітів і можливості майже повністю заповнювати фільтр іонітом;
- зменшення кількості води, використовуваної на власні потреби водопідготовки, і, відповідно обсягу стічних вод в 2 - 6 разів.

Для реалізації переваг протиточного іонування необхідно забезпечити нерухомість шару іоніту під час робочого циклу і регенерації, одночасно дозволяючи йому розширюватися в період розпушування.

Порушення розподілу шарів (рис.3.3) смоли слугує причиною серйозного погіршення якості фільтрату і нівелювання ефекту протиточної технології. Тому для протиточних технологій іонування застосовуються спеціально розроблені для кожної конкретної схеми фільтри.

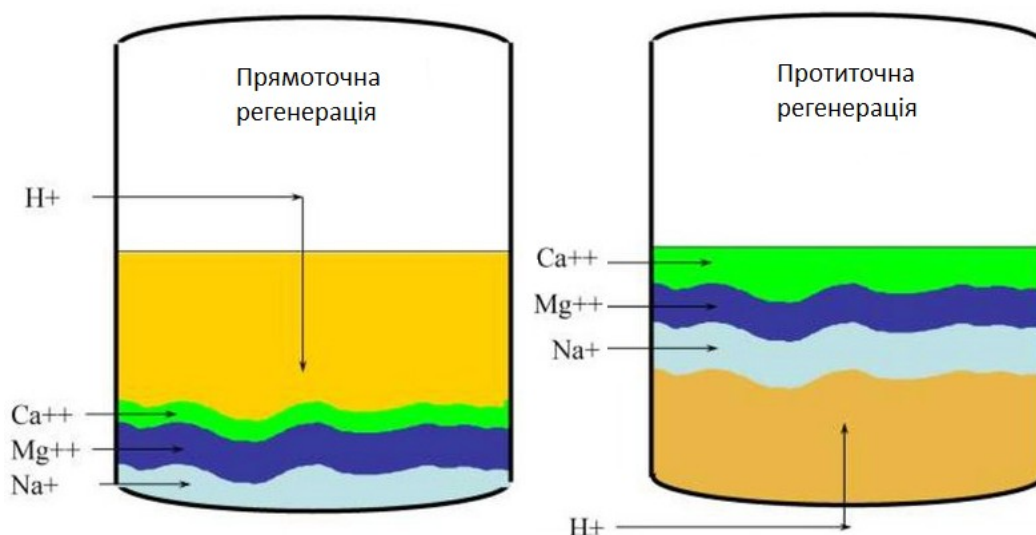


Рис.3.3 – Порівняння просторового розташування активних елементів схем очищення води під час прямоточної, та протиочної - регенерації

*Ефект від застосування протиточної технології досягається при дотриманні необхідних умов, які забезпечують переваги протиточної регенерації і повинні враховуватися при проектуванні і експлуатації установок:*

- використання знесолоної води (на знесолювальних установках) або пом'якшеної води (за схемою протиточного  $\text{Na}^+$  - катіонування) для приготування регенераційних розчинів і відмивання іоніту;
- недопущення виснаження вихідних шарів іонітів в протиточному фільтрі, відключення його на регенерацію при перших ознаках прояву проскоків іонів, а краще за показником «обсягу зворотної води», що гарантує відсутність проскоків.

*Принципові недоліки, властиві даної технології:*

- шар іоніту дуже чутливий до зміни витрати оброблюваної води і перерв у роботі. У цих випадках спостерігається внутрішньосхарове перемішування, що зменшує ефект протиточного іонування (потрібна посилена регенерація);
- необхідно регулярно проводити розпушування промивання, так як дрібні гранули і забруднення, що скупчуються у верхній частині шару, можуть бути віднесені під час робочого циклу в наступний фільтр або споживачеві, якщо попередньо розпушити і не відмити шар іоніту. Розпушування необхідно проводити в спеціальній ємності [7].

#### 4 ПРОЦЕСИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНИХ АПАРАТАХ

За  $f_i$  – катіонного очищення води, процес можна умовно розділити на три послідовні етапи:

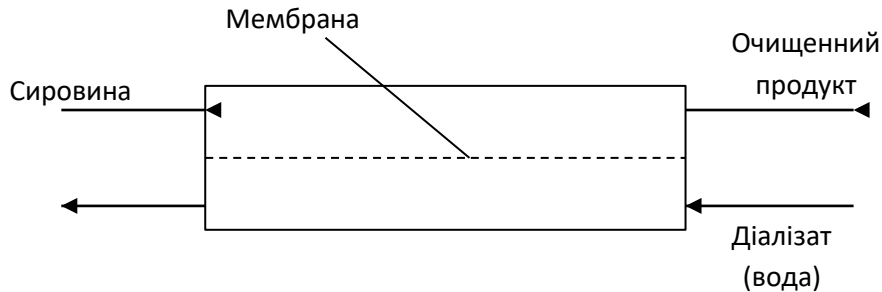
- 1) обробка живлячого потоку вище за течією;
- 2) видалення солі (опріснення);
- 3) обробка води, що перебуває у потоці [8,10] .

У рослинах фільтрах, щоб провести опріснення, вода піддається тиску вище осмотичного, а потім  $f_i$  проникає через мембрану фільтра, яка перешкоджає транспортуванню солей. В цьому процесі живильна вода проникає через відкритий канал між аніоном і катіонообмінною мембраною, і до системи подається відповідний спрямований іонний струм, видаляючи аніони і катіони (розчинені солі) з води [11]. Для подібного очищення необхідні кілька етапів, за яких перевищується струм  $f_i$  - катіонної система для запобігання забрудненню мембран, в т.ч.  $f_i$  - фільтрація для видалення мулу (забруднення мембрани) та регулювання рН приточної води.

Подальші процеси включають дезінфекцію знесоленої води за допомогою хімічних добавок, таких як хлор [13]. Подібні установки зазвичай потребують приблизно 4 кВт-год / м<sup>3</sup> енергії для очищення морської води до питної води, але майже третина цієї загальної енергії припадає на процеси вищої та нижчої течії, а не саме опріснення [9]. У деяких випадках може також бути економічно виправданою гібридна фільтрація [14].

## Діаліз

У цьому мембранному процесі мембрана розділяє розчин якої-небудь речовини й розчинник (мал.4.1 ).



*Рис.4.1. Схема процесу діалізу*

Обидва потоки прокачуються уздовж мембрани протитечією, хоча є спосіб здійснення діалізу, коли вихідний розчин нерухливий (мішечний діаліз).

Якщо у вихідному розчині втримується кілька компонентів, то перенесення їх через мембрану визначається їхніми молекулярними масами. Крім того, хімічна спорідненість матеріалу мембрани й проникаючого компонента також впливає на масоперенесення.

Для опису процесу справедливо основне дифузійне рівняння . Тут лише необхідно враховувати, що в цій схемі може активно проявлятися осмотичне перенесення, якщо різниця  $\Delta\pi$  буде значимою. У цьому випадку потоки розчиненого речовини й розчинника сполучаються, взаємно впливають один на одного. Перенос речовини знижує  $\Delta c$ , відповідно,  $\Delta\pi$ , падає осмотичне перенесення розчинника.

Основне застосування діалізу – очищення крові від низькомолекулярних токсинів – сечовини, фосфатів, креатину й ін. Процес називається гемодіаліз, або штучна брунька. Зрозуміло, що найважливішою обставиною є сумісність крові й матеріалу мембрани. Крім того, необхідно загальмувати осмотичне перенесення, для чого в діалізат вводять ті ж солі, які перебувають у крові, одержуючи так званий фізіологічний розчин.

## 5 ОБРОБКА СТІЧНИХ ВОД МЕТОДОМ ВИПАРОВУВАННЯ

Вперше випаровування води використовувалося фінікійцями, римлянами і китайцями для отримання солі з морської води. Великі ємності були заповнені морською водою, і природне випаровування від сонця випарувало воду і залишило після себе суху сіль.

Перші випарники з киплячою водою в США сягають індіанцям з Сіракуз, штат Нью-Йорк, в 1654 році. Сіракузи досі називають «соляним містом». Онондага використовували залізні горщики, щоб довести місцевий розсіл до стану сухої солі. Не усвідомлюючи цього, вони також виявили корозію резервуарів і випарника - проблему, яка до сих пір переслідує традиційні реактори з киплячою водою.

Комбінація води, солі і заліза погано поєднується. Випарники окропу не сильно змінилися за останні 350 років. У деяких випарниках промислових стічних вод використовується технологія кип'ятіння води, і вони все ще мають проблеми з корозією.

Багато підприємств, що використовують випарники, припускають і планують термін служби менше одного року. Очікуються і враховуються корозія і розплавлення.

### *Ефективність*

Ефективність випаровування киплячої води заснована на деяких основних законах фізики:

- для випаровування одного літра води потрібно 2,25 МДж;
- теплотворна здатність природного газу становить 0,03 МДж на кубічний метр;
- орієнтовна вартість природного газу складає 7,2 гривні за кубічний метр.

Виходячи з вище наведеного, випаровування одного літра води в ідеальних умовах має коштувати близько 0,15 гривні.

### *Традиційні методи випаровування стічних вод*

Ставки з природним випаровуванням використовують поєднання сонячного тепла і вітру для природного випаровування води. Цей метод вимагає великої площі, повільний і залежить від погоди.

#### *Недоліки:*

- процес є досить повільним;
- займає багато місця;
- потребує великої земельної ділянки і облицювання;
- проблеми з запахом.

У випарниках з примусовою подачею повітря (Рис.5.1) використовуються повітродувки, які нагнітають повітря протитечією до струменя води, що нагнітається в верхню частину колони і вільно падаючої вниз. Швидкість випаровування багато в чому залежить від температури води і точки роси.



Рис.5.1 - Випарник з примусовою подачею повітря

Цей метод є рентабельним і високоефективним, коли випарований потік стоків попередньо нагрівається іншим процесом, а стічні води не містять летких сполук, які легко переносяться в повітря і тим самим створюють забруднення повітря. Не рекомендується використовувати воду з високим вмістом розчинених або зважених твердих частинок, оскільки вони

будуть осідати на внутрішніх елементах і блокувати потік повітря для води. У цій конструкції немає методу видалення засохлих твердих частинок. Кошторис витрат залежить від температури потоку стоків.

*Недоліки:*

- воду слід попередньо підігрівати за рахунок технологічних відходів;
- ефективність залежить від відносної вологості і температури води;
- може знадобитися дозвіл на використання повітря;
- леткі елементи можуть викликати забруднення повітря.

Видувні випарники можуть випаровувати великі обсяги (8-16 літрів на хвилину) при низьких витратах і ефективні для попередньо оброблених потоків стоків. Це не метод збору або видалення зважених твердих частинок.

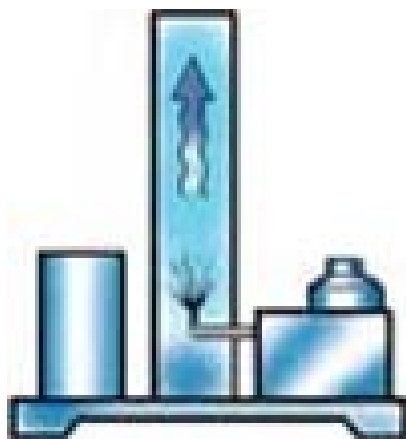


Рис. 5.2 - Видувний випарник

Велика частина розчинених твердих частинок випаровується в парі при температурі 100 °С і викидається в атмосферу. Леткі речовини будуть випаровуватися, що призведе до забруднення повітря. Тому всі леткі органічні сполуки і тверді частинки повинні бути вилучені з цієї системи. ККД системи становить 70% - 85%.

*Недоліки:*

- немає методу збору твердих частинок, винесення крапель;
- леткі сполуки будуть випаровуватися і створювати забруднення повітря;
- не підходить для дистиляції або повторного використання води.

Стандартні випарні резервуари з киплячою водою (Рис.5.3) в основному нагрівають воду до точки кипіння 100 °С і випускають пару через вихлопну трубу. Цей метод не дозволяє видалити висушені тверді частинки, крім спікання вмісту резервуара до шару, який ізолює тепло і утримує його, викликаючи передчасний вихід резервуара з ладу.

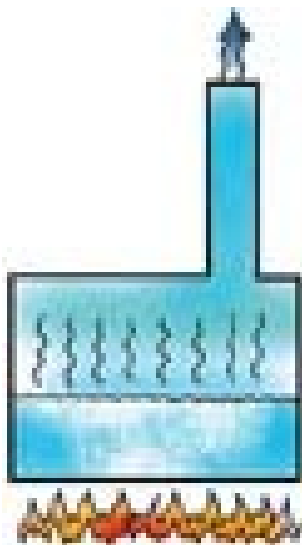


Рис. 5.3 - Випарник з кип'ячою водою

ККД системи зазвичай становить 65% - 75% в залежності від конструкції. З додаванням конденсатора, є можливість дистилювати воду для повторного використання.

*Недоліки:*

- леткі сполуки випаровуються в атмосферу, що забруднює повітря;
- кислоти і солі пошкоджують сталеві елементи конструкції;
- більші витрати енергії для нагріву всього резервуара стічної води до температури 100 °С;
- більші затрати додаткової енергії для доведення води до кипіння з високим вмістом солі;



- розчинені і зважені тверді частинки періодично зливаються в суспензійний розчин, і ці висококонцентровані рідкі відходи необхідно утилізувати;
- присутні додаткові витрати енергії для подолання ізоляції, викликані скупченням суспендованих твердих частинок на дні ємності;
- є ймовірність того, що система працюватиме «В суху», що призведе до розплавлення баку.

Парова трубка з відведенням води (Рис.6.4). Випарник окропу в основному аналогічний випарнику окропу, однак гарячі вихлопні газы барботують через стічні води для підвищення ефективності теплопередачі. Леткі органічні сполуки будуть випаровуватися, що призведе до забруднення повітря.

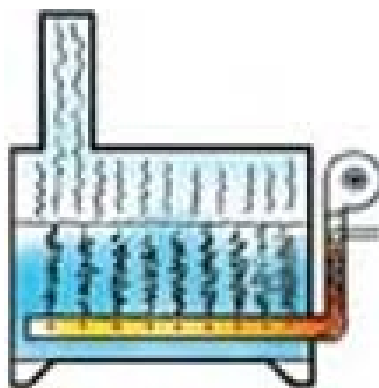


Рис.5.4 - Парова трубка з відводом води

Розчинені і зважені тверді частинки періодично видаляються шляхом зливу суспензії. ККД системи становить 75% - 85%.

*Недоліки:*

- леткі органічні сполуки будуть викинуті, забруднюючи повітря;
- кислоти і солі руйнують сталеві елементи конструкції, скорочуючи термін служби ємності і парової труби;
- підвищені затрати енергії для доведення до кипіння води з високим вмістом солі;
- розчинені і зважені тверді частинки періодично зливаються в суспензійний розчин, і ці висококонцентровані рідкі відходи необхідно утилізувати;

- підвищені затрати енергії для доведення всього резервуара стічних вод до температури понад 100 °С;
- додаткові витрати енергії для подолання ізоляції, викликані скупченням суспендованих твердих частинок на дні ємності;
- можливий режим роботи установки «В суху», що призведе до пошкодження обладнання.

Теплообмінник з киплячою водою (Рис.5.5). Випарники нагрівають змішувик, заповнений високотемпературним маслом, яке перекачується в інший змішувик всередині резервуара, що містить стоки.

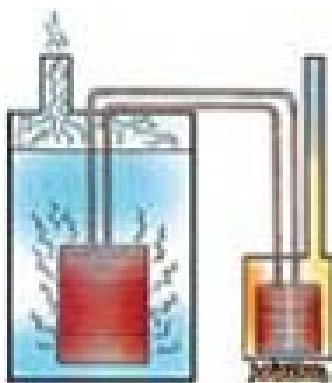


Рис.5.5 -Теплообмінник з киплячою водою

Перевага цієї системи полягає в тому, що резервуар може бути виготовлений з неагресивного поліпропілену без прямого контакту з полум'ям. Пар можна переганяти. ККД системи становить 70% - 80%.

*Недоліки:*

- леткі органічні сполуки будуть викинуті, забруднюючи повітря;
- ймовірний вихід з ладу змішувика через корозію;
- кислоти і солі руйнують сталь, скорочуючи термін служби змішувика;
- додаткові затрати енергії для доведення до кипіння води з високим вмістом солі;
- розчинені і зважені тверді частинки періодично зливаються в суспензійний розчин, і ці висококонцентровані рідкі відходи необхідно утилізувати;
- додаткова енергія на доведення всього резервуара стічної води до температури вище 100 °С.

У випарниках окропу з парової трубкою (Рис.5.6) в якості джерела тепла використовується гаряча труба. Полум'я направляється усередину сталевій труби, тим самим захищаючи резервуар від впливу полум'я і передчасного виходу з ладу. Трубка вийде з ладу. Однак вона легко замінюється і є значно дешевшою, ніж бак. ККД системи становить 70% - 80%. Вода нагрівається до 100 °С. Пар можна переганяти і використовувати повторно.

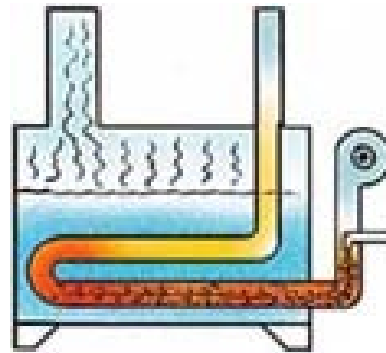


Рис. 5.6 - Випарник киплячої води з паровою трубкою

*Недоліки:*

- легкі органічні сполуки будуть випаровуватися, що призведе до забруднення повітря;
- кислоти і солі пошкоджують сталеві елементи конструкції;
- низький термін служби труби;
- додаткові затрати енергії для доведення до кипіння води з високим вмістом солі;
- додаткова енергія для нагріву всього резервуара стічної води до температури більш 100 °С;
- розчинені і зважені тверді частинки періодично зливаються в суспензійний розчин, і ці висококонцентровані рідкі відходи необхідно утилізувати;
- додаткові витрати енергії на подолання ізоляції, викликані скупченням суспендованих твердих частинок на дні ємності;
- присутній ризик того, що система працюватиме «В суху», що призведе до пошкодження конструкції.

Перспективна система (Рис.5.7) позбавлена ряду недоліків, та має наступні характеристики:

- відсутній сталевий резервуар;
- відсутній котел з киплячою водою;
- не накопичується концентрат суспензії, який потрібно утилізувати;
- відсутні процеси корозії та прогорання баку.

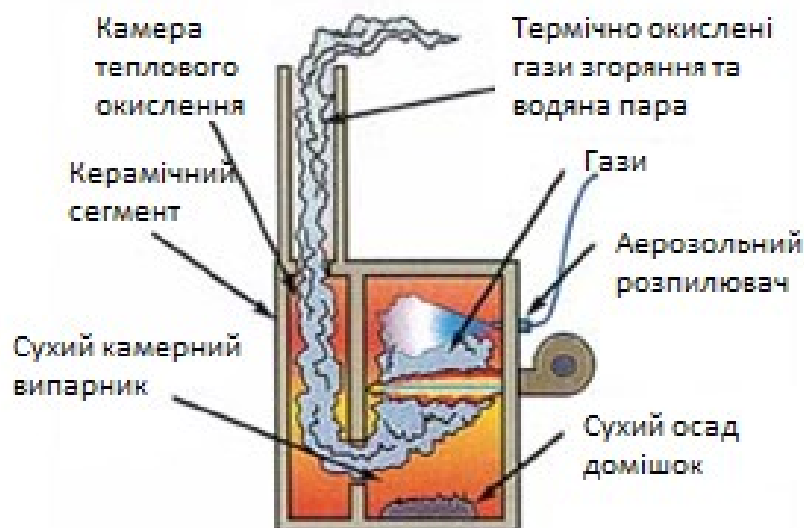


Рис. 5.7 - Сухий камерний випарник (термічний окислювач)

#### *Перспективна технологія випарювання*

У термічному окислювачі використовується керамічна камера для миттєвого випаровування розпилених стічних вод в сухий камері. Розпилені стічні води нагріваються в камері гарячих газів до 430 – 760 °С, що призводить до повного миттєвого випаровування води, залишаючи після себе всі забруднення у вигляді сухої золи. Всі леткі речовини в стічних водах спалюються і фактично збільшують інтенсивність виділення енергії. Джерелом тепла може бути масло, газ, дизельне паливо або відпрацьоване масло. Вторинна камера термічно окисляє димові газу для усунення будь-якого забруднення повітря.

## 6. ЗВОРОТНІЙ ОСМОС

Рушійною силою баромембранних процесів є тиск. Продемонструвати принцип здійснення цих процесів простіше всього за допомогою малюнка 1.3. Якщо в камері 1 за допомогою поршня 5 поступово підвищувати тиск, то в якийсь момент почнеться перенесення розчинника через мембрану в камеру 2. Оскільки ми домовилися, що мембрана має абсолютну напівпроникність, у камері 1 буде рости концентрація розчиненого речовини, а за рахунок руху поршня 4 об'єм камери 2 буде збільшуватися.[ ]

Процес цей називається зворотний осмос, і проводять його в обладнаннях, схематично зображених на малюнку 6.1.

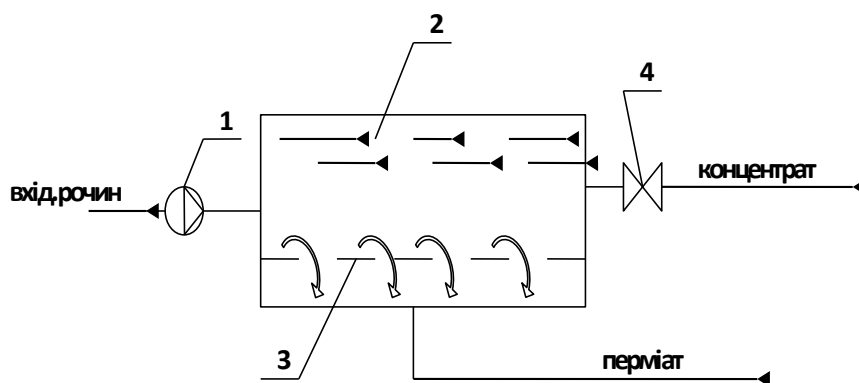


Рис.6.1. Схема здійснення процесу зворотного осмосу:

1 – нагнітальний насос; 2 – мембранний апарат;

3 – напівпроникна мембрана; 4 – дросель.

За допомогою насоса 1 підвищують тиск у розчині вище його осмотичного тиску, тоді через мембрану 3, розміщену в мембранному апараті 2, відбувається рух розчинника, і в міру просування розчину уздовж мембрани концентрація його підвищується. З кінцевою концентрацією розчин постійно виводиться з апарату у вигляді одного продукту – концентрату, а перміат,

який проник через мембрану виводиться у вигляді другого продукту. Питома продуктивність мембрани в процесі зворотного осмосу залежить від величини прикладеного тиску:

$$G = K_G (P - \Delta\pi) \quad (6.1)$$

Коефіцієнт питомої продуктивності  $K_G$  є константою для даної мембрани й залежить від її параметричних характеристик і фізико-хімічних властивостей матеріалу мембрани.

Мембрана, будучи зануреної у воду, взаємодіє з нею, як і будь-яка інша речовина. Насамперед, нас цікавить адсорбція води на поверхні, причина якої – у міжмолекулярній взаємодії води й часток матеріалу мембрани. Гідратація поверхні приводить до формування на ній шару зв'язаної води (рис. 6.2).

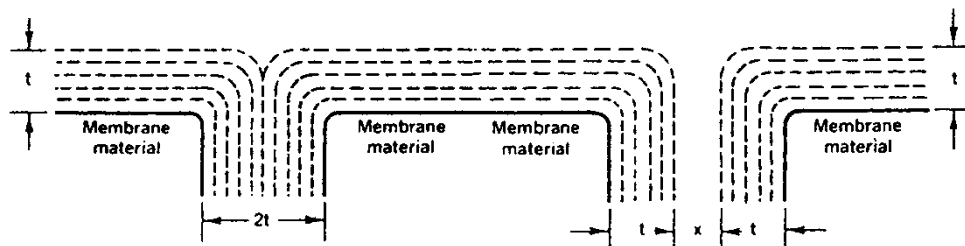


Рис. 6.2. Схема, що представляє стан води на поверхні пористого тіла з гідрофільного матеріалу, що має пори різного розміру

Товщина шару зв'язаної води розраховується з теорії його формування за рахунок адсорбції, поверхневого натягу, діелектричної проникності й інших параметрів.

Головний наслідок цієї теорії – втрата зв'язаною водою здатності розчиняти в собі електроліти. Тоді при додатку до розчину тиску, що перевищує осмотичний, через пори мембрани, що мають діаметр  $\leq 2t$ , буде проникати тільки чиста вода.

До цього часу ми розглядали закономірності зворотного осмосу виходячи з представлення про ідеальну мембрану, тобто про таку мембрану, у якої діаметр усіх пор  $d_p \leq 2t$ . У реальних мембранах пори мають досить широкий розкид по розміру, тобто ми не можемо виключити наявності пор з

$d_p > 2t$ . З мал. 2.3 видно, що по осі таких пор через мембрану буде проходити вихідний розчин (назвемо його «об'ємний розчин»).

Тепер згадаємо, що за рахунок електролітичної дисоціації іони в розчині існують у вигляді гідратів. На малюнку 6.3 представлена схема проникності через мембрану, ускладнена наявністю гідратованих іонів.

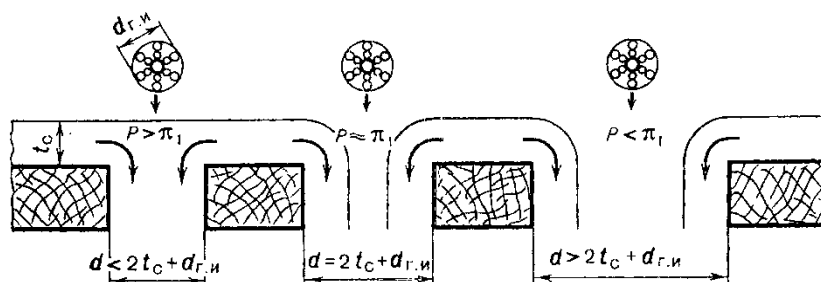


Рис. 6.3. До пояснення механізму затримуючої здатності мембрани

Тепер ми можемо точніше визначити, що якщо діаметр пори  $d_p \leq 2t + d_{г.и.}$ , то через неї розчинена речовина не пройде через мембрану. Якщо ж  $d_p > 2t + d_{г.и.}$ , через пору буде протікати вихідний розчин, що має вихідну концентрацію розчиненої речовини. Перші пори називають селективними, другі – неселективними. Співвідношення їх кількості в конкретній мембрані обумовить концентрацію розчиненої речовини в перміаті.

Технологів насамперед цікавить макрохарактеристика конкретної мембрани, і її визначають величиною, яку називають «затримуюча здатність», «солевміст», «селективність»:

$$R(\varphi) = \frac{C}{C_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \cdot 100\% \quad (6.2)$$

Величина  $R$  завжди абсолютно конкретна – для певної мембрани й певної концентрації речовини. Через те, що  $d_{г.и.}$  визначається природою електроліту, а  $t$  – природою матеріалу мембрани, необхідно формулювати так – «селективність мембрани  $N$  по компоненту  $n$ ». Фізичний зміст величини  $R$  – частка затриманого мембраною речовини.

Процес зворотного осмосу завжди пов'язаний з концентруванням розчинів, тому розглянемо, як міняються основні характеристики мембрани – питома продуктивність ( $G$ ) і затримуюча здатність ( $R$ ) з ростом  $C_1$ .

У міру росту концентрації в системі «вода – розчинена речовина – мембрана» відбуваються наступні зміни:

1 – уся вільна вода переходить спочатку у вторинні гідратні оболонки (ГДГ), а потім – у первинні (ГПГ). Розмір гідратованого іона зменшується;

2 – осмотичний тиск розчину росте пропорційно  $C_1$ , що знижує рушійну силу масопереносення при постійному робочому тиску;

3 – товщина шару зв'язаної води зменшується через конкуренцію за воду між іонами й полярними групами матеріалу мембрани на користь іонів. Такий якісний опис приводить до припущення, що й питома продуктивність, що й затримуюча здатність повинні знижуватися в міру росту концентрації, що й спостерігається в експерименті (див. мал. 6.4).

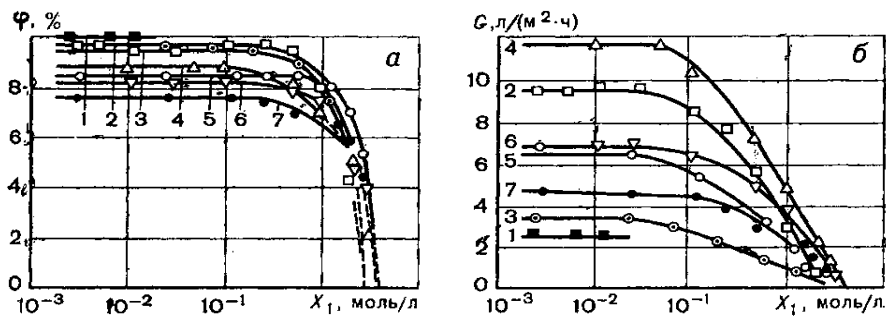


Рис. 6.4. Залежність затримуючої здатності й питомої продуктивності ацетатцелюлозної мембрани від концентрації солі у вихідному розчині:

1 –  $CaSO_4$ ; 2 –  $CaCl_2$ ; 3 –  $CaCl_2$ ; 4 –  $NaCl$ ; 5 –  $KCl$ ; 6 –  $NaNO_3$ ; 7 –  $KNO_3$

При цих експериментах видно, що зниження  $G$  і  $R$  починається, коли в розчині вичерпується вільна вода (ГДГ), а в нуль  $G$  і  $R$  приходять у зоні, близької до ГПГ.



## УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЯ

У тих випадках, коли ми маємо справу з розчинами високомолекулярних сполук і поліелектролітів, виникає дві обставини, що помітно змінюють умови проведення баромембранного процесу:

1 – осмотичний тиск таких розчинів дуже малий ;

2 – розмір молекул таких речовин у розчині значно більше величин  $d_{г.і.}$  для неорганічних іонів.

Ясно, що для таких систем можна використовувати мембрани з більшими порами й у цих випадках товщина шару зв'язаної води не буде відіграти скільки-небудь важливої ролі в ефективності процесу поділу. Набагато більш важливим стає взаємодія матеріалу мембрани з розчиненою речовиною, що проявляється, насамперед, в адгезії (адсорбції) речовини на мембрані.

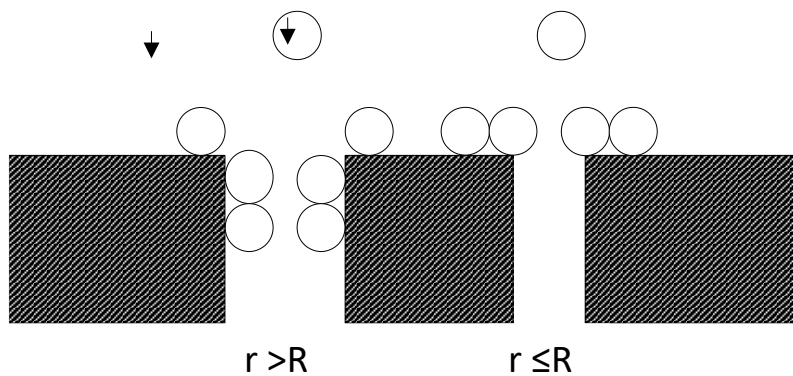
По-друге, для досягнення величин проникності того ж порядку, що й у зворотному осмосі, не потрібно високих тисків.[ ]

Отже, питома продуктивність мембрани задовільно описується рівнянням Пуазейля:

$$G = \frac{\varepsilon \cdot r^2}{8 \cdot \eta \cdot \tau \cdot l} \cdot \Delta P = K_G \cdot \Delta P \quad (6.3)$$

При цьому припускається, що адсорбція й блокування поверхні мембрани розчиненою речовиною не відбувається.

Затримуюча здатність мембрани визначається співвідношенням  $R/r$ , де  $R$  – розмір частки,  $r$  – розмір пори, тобто механізм поділу – звичайне просівання (сито). Якщо відбувається адсорбція розчиненого речовини на поверхні й у порах мембрани, це приводить до звуження більших неселективних пор і перекладу їх у селективні ( тобто до збільшення затримуючої здатності), а також до блокування (мостичному перекриванню) селективних пор ( тобто до зниження проникності мембрани) (мал.6.5).



*Рис.6.5 Схематичне представлення впливу адсорбції розчиненої речовини на параметри ультрафільтрації*

### Мікрофільтрація

Якщо ще більше ускладнити завдання поділу, тобто перейти від водяних розчинів до водних колоїдних систем (стійкі золи, емульсії, мікробні суспензії), то для цього використовують мікрофільтрацію. Звичайною фільтрацією такі системи не розділяються, тому мікрофільтрація відноситься до мембранних процесів.

Затримані мембраною субстанції перебувають у гетерогенному щодо води стані, тобто вони мають поверхню розділу. Охарактеризувати ці частки можна тільки їх геометричним розміром, поняття осмотического тиску до них не застосовується. Взаємодія з матеріалом мембрани не описується в термінах адсорбції, хоча ефекти прилипання за рахунок гідрофільно-гідрофобної взаємодії спостерігаються.

Питома продуктивність і затримуюча здатність мембран описуються тими ж рівняннями, що й у випадку ультрафільтрації. При неправильному доборі мембран і робочого тиску можливе забивання пор і падіння проникності аж до нуля.

## НАНОФИЛЬТРАЦІЯ

Порівнюючи зворотний осмос і ультрафільтрацію, ми відзначаємо, що висока затримуюча здатність мембран для зворотного осмосу сполучено з необхідністю застосовувати високі робочі тиски для досягнення прийнятної продуктивності мембран. І навпаки, висока питома продуктивність мембран для ультрафільтрації супроводжується повною відсутністю затримуючої здатності по неорганічних іонах.

Спроба сполучити корисні властивості мембран обох типів привела до того, що на стику діапазонів існування двох процесів виділився проміжний діапазон, що характеризується наступними властивостями:

- 1 – висока затримуюча здатність по багатозарядних іонах;
- 2 – низький робочий тиск за рахунок великого розміру пор.

Цей проміжний процес назвали нанофільтрацією. Ефект поділу досягається за рахунок того, що на мембрані створюється постійний електричний заряд, що відштовхує від поверхні частки й іони, що несуть заряд того ж знака.

Зрозуміло, що чим більше величина заряду в частки, тем з більшою силою вона відштовхується мембраною. Ця обставина широка використовується для фракціонування сумішей. Наприклад, можна затримати над мембраною двозарядні іони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , але пропустити іони  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  (ефект зм'якшення води).

## **7 МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ СКИДНИХ ВОД**

Вплив перехідних навантажень на продуктивність очисної установки можна зменшити за допомогою ряду заходів щодо зменшення пікових витрат каналізаційної системи, таких як: впровадження комплексної програми зменшення потоку; частіші очищення та ремонт каналізаційних систем, спрямовані на відновлення пропускної здатності системи зберігання збору та усунення перешкод потоку, що зменшують обсяг утримання каналізації; мінімізація пікових потоків скидання промислових стічних вод шляхом забезпечення реалізації заходів щодо вирівнювання потоку та вирівнювання навантаження; збільшення ключових вузьких ділянок системи збору стічних вод; забезпечення резервуарів для утримання каналізаційної системи.

### **7.1 ПЕРЕРОБКА СКИДІВ ПІСЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ПОВЕРНЕННЯМ І ПОВТОРНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ВОДИ І РЕАГЕНТІВ.**

Відпрацьовані регенераційні води іонітних фільтрів, як правило скидаються у водойми чи в каналізацію. Так, солевміст регенераційних розчинів при Na – катіонуванні 30-80г/л, при допустимій нормі на скидах у водойми 1г/л, а вміст хлоридів до 50г/л при нормі 0,35г/л. Кількість тих вод складає 5-15% від кількості хімічно очищеної води. Na - катіонітна установка для пом'якшення води продуктивністю 1000м<sup>3</sup> при жорсткості вхідної води всього 1,5мг екв/л (після прояснювання) витрачає за рік 1700т кухонної солі.

Переробка відпрацьованого регенераційного розчину після Na – катіонітних фільтрів разом з першою частиною відмивочної води яка не використовується для вспушення можлива із застосуванням електродіалізних апаратів. Регенераційні розчини мають хлориди натрію, кальцію і магнію. Всі вказані солі добро розчинні у воді, тому знесолення і концентрація цих

розчинів на електродіалізних апаратах не викликають перешкод, пов'язаних з утворенням осаду в розсільних камерах.

Основні елементи схеми переробки:

1. Бак прояснювач
2. Фільт-прес
3. Електродіалізний апарат

Після осадження солей жорсткості в прояснювачі содою і прояснення на фільт-пресах регенераційні стоки розділяються на два об'єми концентрування і поступають на електродіалізний апарат. Катіони натрія і аніони хлора переносяться із камери знесолення в камери концентрування до зниження солевмісту в камерах знесолення до 800-1000 мг/л і відповідно підвищення концентрації розсолу до 6-8%. Вода після електродіалізного апарату змішується вхідною водою і направляється на пом'якшення на Na катіонування фільтри, а розсол використовується для їх регенерації. Затрати електроенергії на електродіаліз менше за 0,07 кВт/год на г/екв солі (на 58г). Основний показник економічності запропонованої схеми це виключення скидів солей у водойми, значне зменшення поварної солі і повторне використання води на власні потреби.

Таким чином, при безточному методі пом'якшення залишками при обробці води буде тільки шлам.

Експерименти показали можливість проводити процес содо-вапнування вхідної води і стоків після відмивки катіонітних фільтрів в одному прояснювачу, для цього достатньо збирати відпрацьовану воду в ємкість і дозувати її на протязі цикла в прояснювач-деконтатор вхідної води. Забруднені води прояснювачів-деконтаторів і механічних фільтрів збираються в шламові резервуари де після відстоя 1-2 годин вони рівномірно переходять в прояснювач. Після прояснювання у відстійнику отримуємо

шлам і воду з залишковою жорсткістю 1,5-2мг-екв/л, яка направляється на подальше пом'якшення або знесолення.

На ТЕЦ установлені прояснювачі-деконтатори для попередньої очистки вхідної води, тому використання запропонованої схеми очистки стічних вод, не викликає значних труднощів.

## **7.2. ЗМІНА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ ВОДИ, УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ, ЩО ПРИЗВОДИТЬ ДО ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ СТІЧНИХ ВОД І ЕКОНОМІЇ РЕАГЕНТІВ.**

Для удосконалення технологічного процесу з метою зменшення регенераційного розчину і води власних потреб, другу частину відмивочної води після Na – катіонування фільтрів направляти в бак для впуснення цих фільтрів. Ця вода має менше солей жорсткості і більше хлористого натрія.

Інший шлях економії солі і води це регенерація катіонітових фільтрів протитоком – знизу доверху. При такій регенерації пом'якшена вода на виході із фільтра проходить через найбільш регенований шар катіоніту і її жорсткість при Na – катіонуванні знижується до 5-10мкг-екв/л, що дає можливість відмовитись від фільтрів другого ступеня Na – катіонування.

Протиточна регенерація більш ефективна при застосуванні сильнокислотних катіонітів, наприклад, КУ2-8. При цьому, впуснення можливо робити після 20-30 циклів роботи.

Для переведення прямотечійних фільтрів в протитечійний режим, треба встановити верхню дренажну систему і занурити її на глибину 150-300мм з метою виключення забивання щілин дренажної системи дрібними частинками катіоніту і розширення катіонітного шару при впусненні.

Значна економія від 25 до 40 % на реагенти отримується при використанні фільтрів безперервного іоннообмінного процесу за рахунок їх

мінімальних концентрацій і малих витрат. Такі фільтри успішно використовуються у США, Франції, Японії, а в Україні не використовуються.

Використання двоходових фільтрів, що випускаються для промислової теплоенергетики на Монастирищенському машинобудівному заводі, збільшує висоту фільтруючого шару і одночасно знижує товщину захисного шару, тобто задовольняє одночасно двом важливим шляхам підвищення ефективності і використання об'ємної ємності катіоніту. Жорсткість на виході із такого фільтра нижча за 5 мкг-екв/л, знижується витрата солі на регенерацію і відповідно зменшується об'єми стічних вод.

На електростанціях, де багато фільтрів, застосовується схема східчато-протиточного іонування, при якій оброблена вода проходить перший апарат згори до низу зі швидкістю 15-25м/год (прямоток), а апарат другої ступені знизу до гори зі швидкістю 40-60м/год. При цьому, об'єм катіоніту другої ступені повинен бути в 2 рази менший ніж перший. Розчин реагента спочатку проходить другу ступінь – згори до низу протитоком, а потім першу ступінь прямотоком. При такій схемі, вода на заключній стадії контактує найбільш відрегенованому шару іоніта.

При цьому, витрата солі при Na – катіонуванні знижується до рівня стехіометричної кількості. При обмінній ємності катіоніта КУ2 1000г-екв/м<sup>3</sup>.

Застосування катіонітів з високою обмінною ємністю, наприклад КУ2-8, замість сульфовугілля при інших рівних умовах зменшує витрату стічних вод приблизно у два рази і витрату солі на 10-15%. Застосування для регенерації Na – катіонітних фільтрів сульфата натрія замість хлористого натрія пов'язане з економією повареної солі.

### **7.3. ЗМІНА І УДОСКОНАЛЕННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ КОТЛІВ, ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ВОДИ І УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ.**

Проведення нейтрально-кисневого водного режиму на енергоблоках електростанції має значні переваги перед традиційними гідразійно-аміачними водними режимами.

При нейтрально-кисневому водному режиму рН котлової води 7 і у воду дозується кисень в кількості 200мкг/кг. Такий режим не викликає корозію, а навпаки забезпечує на поверхні нагріву щільні окисні плівки із магнетиту  $Fe_2O_4$  і гематиту  $Fe_2O_3$ , припиняється зростання шару внутрішніх відкладень у перехідній зоні прямоотечійних котлів і на турбіні. Необхідність експлуатаційних кислотних промивках зникає.

Припиняється дозування аміака і гідразійна у котлову воду, що призводить до збільшення фільтроциклу блічних знесолюваних установок (регенерації фільтрива БЗУ знижуються в 3 – 6 разів). Все це призводить до зменшення скидів у водойми регенераційних вод з кислотами, лугами, солями та сульфідом амонію.

Використання мембранної технології очистки води (зворотній осмос та електродіаліз) значно зменшує кількість стоків і витрату реагентів на регенераційну мембрану.

Висока дисперсність шламу і стабільний гравітаційний спад після відстійників-деконтаторів дозволяє його використовувати в якості пластифікаційної добавки у виробництві силікатної цегли і виготовлення вапняно-цементних розчинів. Перед використанням вологість шламу необхідно зменшити на 40-60% шляхом віджиму на фільтпресах.

Вода після фільтпресів подається прояснювачу.



## 8 ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерського проекту, можемо підвести такі підсумки:

При Na – катіонуванні води можливо організувати безстічну схему очистки стоків із застосуванням прояснювачів-деконтаторів електродіалізних апаратів та утилізації шламу.

Для економії реагентів і води власних потреб треба вспушувати катіоніти відмивочною водою після регенерації Na – катіонітових фільтрів, застосовувати протиточні фільтри, двуходові фільтри, сітчасто-протиточні іонування іоніти з високою обмінною ємністю.

Перехід енергоблоків та нейтрально-кисневий водний режим, використання, мембранних технологій очищення води від домішок, зменшує кількість забруднених стоків і реагентів та регенерацію.

## 9 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі визначені основні потенційні шкідливі і небезпечні виробничі фактори пов'язані з використанням засобів для лінії водопідготовки води. Тема диплому «Дослідження роботи водопідготовки з метою зменшення кількості скидних вод і витрати реагентів для регенерації фільтрів». Провівши аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів і чинників були розроблені заходи зі створення здорових і безпечних умов для персоналу, який обслуговує цех підготовки води площею 1200 м<sup>2</sup> і V – 5760м<sup>3</sup>.

Розглянувши технологічну схему можна прийти до висновку, що можуть існувати деякі небезпечні виробничі фактори, такі як: електроенергія, шум та вібрації, повітря робочої зони. Плюсом даної виробничої зони є майже повна відсутність небезпеки вибуху або спалаху.

З метою зменшення впливу цих факторів та процесів, були виконані деякі технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.

### Повітря робочої зони

Для нормалізації мікроклімату, згідно з ДСН 3.3.6.042–99. «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях», приміщення з ЗОТ обладнане системою опалення, а також системою кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається, у відповідності до СНиП 2.04.05–91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». На робочому місці роботи виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Таким чином їх можна віднести до категорії Іб, що охоплює види діяльності з витратами енергії до 150 ккал/год.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» параметри мікроклімату, що нормуються: температура ( $t$ , °C) і відносна вологість ( $W$ ,%) повітря, швидкість руху повітря ( $V$ , м/с).

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт та період року) наведені в табл. 9.1.

*Параметри мікроклімату*

Таблиця 9.1

Період року	Оптимальні			Існуючі		
	$t, \text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, \text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	22–24	40–60	0,2	22	55	0,2
Холодний	21–23	40–60	0,1	21	53	0,1

Для захисту від перегрівання в теплий період року та радіаційного охолодження — в зимовий, приміщення обладнане кондиціонером, жалюзі і екранами. Фактичні параметри мікроклімату в робочій зоні відповідають приведеним вище нормам ДСН 3.3.6.042–99.

Вимоги до освітлення робочих місць користувачів

Вагомий внесок для підтримання тривалої працездатності, підвищення продуктивності праці є забезпечення параметрів освітленості на робочому місці. Приміщення в лабораторії або цеху водопідготовки повинні мати природне і штучне освітлення. Природне світло проникає через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості приблизно 1,5 %.

Розрахунки коефіцієнта природної освітленості проводяться враховуючи світловий потік який поступає від лампи, а також кількість ламп.

Приміщення має бічне природне та штучне освітлення. У приміщенні три вікна розміром 2х2,2 м. Штучне освітлення забезпечує чотири галогенні лампи, розміщених у ряд.

#### Захист від виробничого шуму

В робочій зоні приміщення існують декілька приладів які виробляють небезпечний шум і вібрацію. Джерелами шуму в умовах робочого приміщення, що розглядається в приміщенні є насосна станція і змішувач.

Очікувані рівні звукового тиску і рівень звуку відповідно до шумових характеристик цих джерел:

- рівень шуму, створений насосною станцією дорівнює 60-95 дБ;
- рівень шуму який виробляє змішувач дорівнює 25-30 дБ.

Допустимі рівні звукового тиску коливаються від 73 дБ до 97дБ.

Для зниження вібрацій і шуму машин, який супроводжується їх роботою використовується кріплення деталей що вібрують та вузлів, врівноваження рухомих і обертових деталей механізмів; застосування динамічних віброгасників.

Також використовують спеціальні кожухи, установлені на насосах і змішувачах, матеріал яких алюміній, а порожнини які резонують заповнені гумою або азбестом. Як засоби індивідуального захисту, в наявності є шумозахисні навушники. Для контролю шуму використовується шумоміри, для контролю вібрації вібраторомір ВШВ 003.

Оскільки визначений рівень звуку потенційних джерел шуму в межах норми які визначені ДСН 3.3.6.037-99, а також існування додаткових засобів від шуму та вібрації, як персональних так і загальних, то можна прийти до висновку, що умови робочого приміщення повністю відповідають існуючим санітарним вимогам.

## Електробезпека

Згідно ПУЕ науково–дослідницька лабораторія відноситься до приміщень без підвищеного ризику. Електроустаткування живиться від мережі напругою до 1000 В. Пристрої, що використовується, належать до класів 0І (вимірювальна техніка), І (апарати для водопідготовки, такі як вихровий змішувач) та ІІ (насосна станція) за електрозахистом (ГОСТ 12.2.007.0–75). Живлення електроустановок здійснюється від трьохфазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

До основних причин електротравматизму обслуговуючого персоналу в цеху належить виникнення напруги на металевих частинах електрообладнання внаслідок поганої ізоляції (браку наприклад), або пошкодження її, відсутність або несправність захисного відключення; виникнення напруги на відключених струмових частинах внаслідок помилки при включення установки або замикання між вимкненим та струмоведучими частинами, які перебувають під напругою.

В процесі експлуатації апарату людина може доторкнутися до частин електроустаткування, які перебувають під напругою. Оцінка небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини. У загальному випадку допустима величина струму, що протікає через тіло людини, залежить від схеми підключення електроустаткування до електромережі, роду й величини напруги живлення, схеми включення.

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії більше ніж 1 с нижчі за пороговий невідпускаючий струм, тому при таких значеннях людина, доторкнувшись до струмопровідних частин установки, здатна самотійно звільнитися від дії електричного струму.

Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт є: надійна ізоляція, захисне заземлення, занулення, захисне відключення, засоби

індивідуального захисту. У системі трифазних мереж із глухо заземленою нейтраллю, яка використовується у науково-дослідницькій лабораторії, найкращими засобами захисту є: надійна ізоляція струмоведучих частин електроустаткування і занулення відповідно до ПУЕ (з'єднання елементів, що перебувають під напругою, із глухо-заземленою нейтраллю). Крім того, для заземлення переносних частин обладнання застосовують спеціальне з'єднання.

Для забезпечення захисту від зарядів статичного струму прийняті такі заходи:

- Послаблення генерації зарядів на твердих тілах і в рідинах (завдяки зменшенню швидкості матеріалів, що заряджаються)
- Запобігання накопичення зарядів на металевому устаткуванні (занулення металевих частин, на яких можуть виникнути заряди).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Запольський А.К. Водопостачання, вдовідведення та якість води. - К.:Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд.2-е, перераб. и доп.//М.: Энергия. 1976. 288 с.
3. Шищенко В.В., Сидорова С.В., Моисейцев Ю.В., Хазиахметова Д.Р., Федоров К.А. Водород- арий-катионирование в схемах подготовки воды для подпитки теплосети // Материалы научно-практической международной конференции «Экология энергетики-2000». - М.: 2000. С. 153-155.
4. Wahlberg, E. J. (2001) WERF/CRTC Protocols for Evaluating Secondary Clarifier Performance, Water Environment Research, Project 00-CTS-1.
5. Quisim, S. R. (1985) Wastewater Treatment Plants. Planning, Design and Operation. CBS College Publishing. Holt, Reinhart and Winston.
6. А.К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін, М. Т. Брик, П. і. Гвоздяк, Т. В, Князькові. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. - К.: Лібра, 2000. - 552 с.
7. Водоотведение на промышленных предприятиях / А.И. Мацнев.,- Львов: Выща шк.: изд-во при Львов. Ун-те, 1986.- 198 с.
8. B. Sauvet-Goichon, Ashkelon desalination plant — a successful challenge, Desalination 203 (2007) 75–81.
9. M. Elimelech, W.A. Phillip, The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment, Science 333 (2011) 712–717.
10. R. Semiat, Energy issues in desalination processes, Environ. Sci. Technol. 42 (2008) 8193–8201.
11. R. Probstein, Physicochemical Hydrodynamics, Wiley Online Library, 1994.
12. V. Nikonenko, N. Pismenskaya, E. Belova, P. Sistat, P. Huguet, G. Pourcelly, C. Larchet, Intensive current transfer in membrane systems: modeling,

mechanisms and application in electro dialysis, Adv. Colloid Interface Sci. 160 (2010) 101–123.

13. Поржезінський, Ю. Г. Сучасна водопідготовка ТЕЦ цукрового заводу / Ю. Г. Поржезінський // Цукор України. - 2014. - № 9 (105). – С. 35–37.

14. Вихрев В.Ф. Водоподготовка учебник для вузов под ред. М.С. Шкроба Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1973.

15. А.А.Громогласов, А.С.Копылов, А.П.Пильщиков Водоподготовка: процессы и аппараты Для студентов ВУЗов. Москва, 1990г. 272 стр с ил.

16. Фейзиев Г.К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды Производственное издание. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 192 с.: .