

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Хіміко-технологічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

в.о завідувача кафедри
_____ Н.М Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 8.05130101, хімічні технології неорганічних речовин
(код і назва)

на тему: Удосконалення технології механічного очищення побутових стічних вод

Виконав: студент 2 курсу, групи ХН-31 м
(шифр групи)

Петрус Василь Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник проф., д.т.н., Астрелін І.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант Охорона праці доцент, к.т.н. Полукаров Ю.О.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2015 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Хіміко-технологічний факультет
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 8.05130101 Хімічні технології неорганічних речовин
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

в.о завідувача кафедри

_____ Н.М. Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Петрус Василь Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Удосконалення технології механічної очистки побутових стічних вод

_____,
науковий керівник дисертації Астрелін Ігорь Михайлович, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 5 червня 2015 року.

3. Об'єкт дослідження фільтруюча система Salsnes на побутовій стічній воді водоочисної станції Nordofollo (Норвегія).

4. Предмет дослідження інтенсифікація роботи фільтруючої системи Salsnes за допомогою використання хімічних реагентів (флокулянтів, коагулянтів)

5. Перелік завдань, які потрібно розробити закономірності роботи фільтруючої системи Salsnes без додавання хімічних реагентів, з флокулянтами та парою «коагулянт-флокулянт», розробка математичної моделі процесу флокуляції.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу презентація: предмет і об'єкт дослідження, основні методики, результати експерименту та їх математична обробка, висновки. _____

7. Орієнтовний перелік публікацій дві тези доповіді, дві статті в міжнародних журналах _____

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., доц. Полукаров Ю.О.		

9. Дата видачі завдання 01 лютого 2015 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання, розробка плану роботи		
2	Проведення літературного огляду в напрямку досліджень		
3	Складання плану лабораторних досліджень		
4	Вибір оптимального полімеру		
5	Оптимізація умов процесу флокуляції		
6	Вибір оптимальної пари «коагулянт-флокулянт»		
7	Проведення Salsnes-фільтрації без додавання реагентів, з флокулянтом, коагулянтом, з парою «коагулянт-флокулянт».		
8	Розробка математичного опису процесу.		
9	Оформлення та підготовка магістерської дисертації для захисту.		
10	Підготовка доповіді та презентації		

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

Реферат

Пояснювальна записка 92 стор.; 26 рис.; 24 табл., 25 посилання.

Об'єкт дослідження – фільтруюча система Salsnes на побутовій стічній воді водоочисної станції Nordofollo (Норвегія).

Предмет дослідження – інтенсифікація роботи фільтруючої системи Salsnes за допомогою використання хімічних реагентів (флокулянтів, коагулянтів)

Метод дослідження – експериментальний, включає дослідження ефективності видалення зважених речовин різними флокулянтами, оптимізацію умов проведення флокуляції, дослідження видалення методом коагуляції та інтенсифікацію даного процесу додаванням флокулянтів. Перевірка роботи фільтруючої системи Salsnes з флокулянтами, коагулянтами та коагулянт-флокулянтом.

Мета роботи – визначити залежність ефективності функціонування фільтруючої системи Salsnes (ступінь видалення зважених речовин, гідравлічна продуктивність фільтра тощо) від вхідних характеристик забрудненої води та корегуючих процес впливів (додавання різноманітних реагентів)

Новизна роботи – вперше досліджено спосіб інтенсифікації фільтруючої системи Salsnes шляхом додавання до води корегуючи процес хімічних реагентів. Проведення порівняння ефективності видалення зважених речовин з даними, що пропонує компанія Salsnes. Визначені умови та реагенти, які в сукупності забезпечують досягнення максимально можливого ступеня видалення зважених речовин при мінімальних затратах для реального водоочисного об'єкту NordoFollo.

ФІЛЬТРУЮЧА СИСТЕМА SALSNES FILTER, NORDOFOLLO,
ПЕРВИННА ОЧИСТКА, ВІДСТІЙНИК, ГІДРАВЛІЧНА
ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЗВАЖЕНІ РЕЧОВИНИ, ФЛОКУЛЯНТ, КОАГУЛЯНТ.

Abstract

Explanatory note: 92 p., 26 fig., 14 tab., 25 references

The object of study is working of Salsnes filtering system with real wastewater of Norway's water treatment plant - Nordofollo.

Purpose of the study - the intensification of filtering systems Salsnes through the use of chemicals (flocculants, coagulants)

The method of research - experimental, study involves removal of suspended solids as different flocculants, optimizing the conditions of flocculation, research quality by removing coagulation and intensification of the process of adding flocculants. Check working of Salsnes filter with flocculants, coagulants and coagulant-flocculant.

Purpose—to determinate relationship between effectiveness of working Salsnes filter (the degree of removal of suspended solids and hydraulic performance of the filter)input characteristics of contaminated water and process for corrective actions (adding various reagents).

The novelty of the work is the first to investigate intensification filtering system Salsnes through the adding various reagents. Check the quality of removing suspended solids from those offered by Salsnes. During the work determined the conditions and reagents that provide the best degree of removal of suspended solids at a minimum cost for water purification real object NordoFollo.

SALSNES FILTER, NORDOFOLLO, PRIMERY TREATMENT, SEDEMENTATOR, FILTER, HYDROLIC CAPACITY, SUSPENDED SOLIDS, FLOCCULANT, COAGULANT.

Зміст

	Стор.
Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Вибір напрямку дослідження	10
1.1. Сучасний стан проблеми первинної очистки стічної води	10
1.2 Теоретичні основи прояснення вод від завислих речовин	15
1.3 Чотири механізми флокуляції та коагуляції частинок.....	24
1.4 Фільтруючі системи технології Salsnes	31
2 Об'єкти, методи та методики дослідження	38
2.1 Об'єкти дослідження	38
2.2 Методи дослідження.....	42
2.3 Основні завдання та методики дослідження	43
2.3.1 Вибір оптимального полімеру	46
2.3.2 Оптимізація умов флокуляції	48
2.3.3Перевірка роботи коагулянту PAX 18 та вибір оптимальної пари коагулянт-флокулянт.....	49
2.3.4 Проведення SF без додавання реагентів та з флокулянтом, коагулянтом, коагулянтом-флокулянтом	51
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	52
5.1 Охорона праці.....	52
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	79
Висновки	87
Список використаної літератури	90

Перелік скорочень

WW.	Стічна вода
TSS.	Загальний вміст зважених часток
G.	Показник турбулентності
SF.	SalsnesFilter
RapidMixing.	Швидке перемішування
Slowmixing.	Повільне перемішування
PAX 18.	Поліалюміній хлорид

Вступ

При інтенсивному розвитку всіх галузей економіки – промисловості, енергетики, сільського і комунального господарства, а, отже, при значному збільшенні водоспоживання і в умовах зростаючих вимог до якості води великого значення набуває виробництво технічної й питної води, що, в свою чергу, спричиняє збільшенню кількості стічних вод. Це призводить до необхідності будівництва нових систем і споруд водопостачання та водовідведення, розширення та реконструкції наявних. Земельні ресурси, які були відведені під будівництво очисних станцій, обмежені і вже не можуть в повній мірі забезпечити виникаючі потреби в них. Зростаюча гострота цієї проблеми стимулює пошук раціональних шляхів її вирішення.

В цьому плані наявний досвід створення невеликих за розміром об'єктів водоочищення, наприклад, системи очищення стічних вод на морських та річкових судах. Простір на судах обмежений, що примушує створювати компактні системи очищення, які не потребують великих площ, але мають велику продуктивність.

Обмеження території особливо впливає на первинне очищення стічних вод, які в класичному варіанті виражені відстійниками та освітлювачами. Даний тип обладнання потребує значних площ поверхні. Тому дослідження зі знаходження альтернативних технологій заміни відстійників на обладнання, яке потребує меншої площі, є актуальними як для території України, так і для інших країн світу, особливо для країн з обмеженими територіальними ресурсами (Китай, Бангладеш, Індія, Японія, країни Європи).

Об'єктом дослідження даної роботи є фільтруюча система Salsnes норвезького виробництва. Фільтруючі системи Salsnes потребують менше 10 % площі від тої, що використовується зазвичай під будівництво традиційних відстійників. Шляхом заміни класичної первинної очистки на Salsnes - технології можна досягти значного збільшення продуктивності, використовуючи ті ж земельні ресурси.

Фільтруючі системи Salsnes здатні видалити до 50 % зважених речовин та 20 % мікроорганізмів. Завдання даної роботи – інтенсифікування процесу фільтрації за допомогою використання хімічних реагентів (флокулянтів, коагулянтів).

Мета роботи – визначити параметри функціонування Salsnes-фільтру з хімічними реагентами, вибрати оптимальні реагенти та оптимізувати умови проведення процесу фільтрації, при яких досягаються максимально можливий ступінь видалення зважених речовин та мінімальні затрати на реагенти.

Ідея роботи фільтруючих систем Salsnes здатна вирішити багато актуальних проблем, які зв'язані, в першу чергу, з відсутністю земельних ресурсів, а, в другу, – з методами інтенсифікації механічного очищення з використанням хімічних реагентів, а також з отриманням більш зневодненого шламу та з можливістю розподілення вмісту фосфорних сполук в шламі.

1 Вибір напрямку дослідження

1.1. Сучасний стан проблеми первинної очистки стічної води

Процес очищення стічних вод, як правило, включає декілька стадій, на кожній з яких можливе застосування різних методів очищення та відповідного технологічного обладнання. Проте більшість методів, особливо тонкого очищення стічних вод, неможливо використовувати, якщо в останніх присутні завислі речовини та емульсії. Отже, виникає необхідність попередньої обробки стоків перед застосуванням основних методів очищення. Застосування стадійного очищення стічних вод обумовлено також тим, що комбінуванням декількох типів процесів обробки можливо досягти необхідного ступеня очищення за мінімальних витрат.

На різних очисних станціях використовується різна кількість стадій очищення води. Це залежить від організації очисних споруд, методів очищення і складу стоків. Для розробки інформаційної системи, процеси очищення стоків слід розглядати на основі більш узагальненого підходу.

Найбільш раціональним, очевидно, буде поділ процесу очищення стоків на чотири етапи, відповідно до поділу забруднюючих речовин на основі їх агрегатного стану за класифікацією академіка Л.А.Кульського.

На першій стадії очищення стічних вод необхідно видалити великі частки зважених речовин і грубодисперсних домішок. Якщо дані забруднення в стічних водах відсутні, слід почати очищення стічних вод з другої стадії, на якій відбувається вилучення практично всіх механічних домішок, а також проводиться підготовка стоків до подальшої очищення, а саме: зниження агресивності стічних вод, зниження неприйнятних концентрацій окремих забруднюючих речовин. Третя стадія – біологічна очистка з метою видалення фосфатів та азотовмісних сполук.

Застосування конкретних способів очищення стічних вод або їх комбінування на кожному етапі обробки визначається хімічним складом і фізичними властивостями стічних вод. Залежно від наявності або відсутності

певних класів забруднюючих речовин в стоці можливо виключати деякі стадії водоочищення. Не важко виявити, що друга і третя стадії очищення є невід'ємною частиною будь-якої технологічної схеми очищення стічних вод. Дані стадії очищення - перша і друга стадії обробки стічних вод – це основа будь-якого технологічного процесу очищення.

Грубодисперсні завислі речовини, що містяться в стічних водах, є гетерогенною системою з двох і більшої кількості фаз і, згідно з класифікацією домішок Л.А. Кульського, за фазово-дисперсним станом належать до першого класу. Залежно від розмірів твердих часточок суспензії поділяють на грубі (понад 100 мкм), тонкі (0,5-100 мкм) і каламуті (0,1-0,5 мкм). Великий інтерес представляють саме тонкі та каламутні дисперсні системи, тому що часточки з розміром менше 5 мкм створюють стабільні системи, які важко розділяються методом відстоювання та фільтрації. Саме частинки з таким розміром викликають особливу увагу при їх відділенні з водної фази, тому що частинки володіють агрегативною та седиментаційною стійкістю. Вони викликають мутність води, яка не зникає протягом довгого часу, а також легко проходять через фільтруючий матеріал.

Перша стадія є попередньою обробкою і, в основному, складається зі стадії осадження у вигляді відстійника. Для подальшого видалення завислих речовин, які представлені у вигляді колоїдних систем, необхідно інтенсифікувати процес осадження – додаванням коагулянтів та флокулянтів, з подальшим відстоюванням.

Відстійниками називають споруди для видалення з води основної маси суспензії гравітаційним осадженням частинок, що мають густину більшу, ніж густина води.

У нерухомій воді під дією сили тяжіння частки суспензії осідають вертикально вниз. Швидкість руху суспензії залежить від розмірів і форми її частинок, їх густини і коефіцієнта опору води руху частинки.

Швидкість v вільного падіння у воді кулястої частини діаметром d під дією сили тяжіння дорівнює [4]:

$$v = \frac{4}{3} g \frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}}}{C_{\text{ш}}} d, \quad (1.1)$$

де g – прискорення сили тяжіння; $\rho_{\text{ч}}, \rho_{\text{в}}$ – густини відповідно частинки і води; $C_{\text{ш}}$ – коефіцієнт опору, залежний від числа Рейнольдса, падаючої кулястої частинки ($Re = \frac{vd\rho_{\text{в}}}{\mu}$); μ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини.

Коефіцієнт опору $C_{\text{ш}}$ є функцією числа Re . При значеннях $Re < 2$ (малі частинки, мала швидкість осадження):

$$C_{\text{ш}} = \frac{24}{Re}. \quad (1.2)$$

Звідки в залежності від критерію Рейнольдса рівняння набуває різного вигляду.

При відсутності втрат рідини у відстійнику, повинна дотримуватися рівність:

$$V_0 = V_1 + V_2, \quad (1.3)$$

де V_0 – кількість рідини в суспензії, V_1 – кількість освітленої рідини, V_2 – кількість рідини в осаді, ($\text{м}^3/\text{год}$).

Якщо освітлена рідина розміщується шаром висотою h (рис.1.1), то продуктивність відстійника (в м^3 освітленої рідини) можна виразити рівнянням:

$$V_1 = \frac{F_0 h}{\tau}, \quad (1.4)$$

де F_0 – площа перерізу відстійника, м^2 .

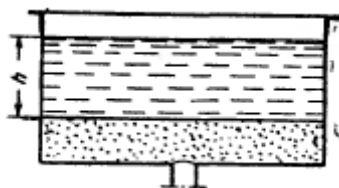


Рисунок 1.1 – Типовий вигляд відстійника[4]

Час відстоювання τ залежить від швидкості осадження v при заданій висоті шару рідини[4]:

$$\tau = \frac{h}{3600 \cdot v}. \quad (1.5)$$

Підставив значення τ в попереднє рівняння, отримаємо [4]:

$$V_1 = \frac{F_0 h}{\frac{h}{3600 \cdot v}} = 3600 \cdot v \cdot F_0. \quad (1.6)$$

Рівняння (1.6) показує, що всі відстійники мають головний недолік: їх продуктивність залежить від їх розмірів, а саме – від площі. Тому станції, які були сконструйовані в минулому віці, займають величезні території, проте за довгий період їх існування кількість людей збільшилася, як і кількість стічної води. Для інтенсифікування даного процесу в промисловості застосовують різноманітної будови відстійники: горизонтальні, вертикальні, тонкошарові, з рециркуляцією осаду, зі зваженим шаром осаду та інші.

Деякі очисні станції намагаються замінити процес відстоювання (2 стадію) на процес фільтрації.

Фільтрація – процес розділення, при якому суміш рідини та твердої речовини пропускають через пористе середовище (фільтруючий матеріал, або загрузку), яке затримує частинки твердої речовини та пропускає рідку фазу.

В процесі фільтрації, по-стадійно, діють три наступних основних механізми: затримки, фіксування і відділення. Значимість кожного з них залежить від характеристик часток, що затримуються, і від фільтруючого матеріалу, що використовується.

Існують два основних типи **механізму затримування**:

- Механічне проціджування: в даному випадку мова піде про затримування часток, крупніших, ніж отвори фільтра, або проходями, утвореними уже затриманими фільтром часток. Даний механізм стає

переважаючим при використанні тонкої фільтраційної основи типу сита, фільтруючого патрону [1].

- Осад на фільтруючому матеріалі: зважені частинки рухаються згідно потоку води, їх розміри по відношенню до розмірів пор можуть дозволити їм не затримуватись, але багаторазові контакти між частинкою та фільтруючим матеріалом забезпечують їх затримування. Даний тип механізму переважає при фільтруванні в глибину шару.

Механізм фіксування

Фіксуванню часток на поверхні фільтруючого матеріалу сприяє невисока швидкість руху води. Цей процес обумовлюється силами, які мають чисто фізичну природу (заклинювання, зціплення і т.п.) або силами сорбції, в першу чергу, Ван-дер-вальсовими [1].

Механізми відділення

Під дією перерахованих механізмів відбувається зменшення вільного простору між гранулами загрузки, покритими вже відділеними частинками. Раніше затриманий осад може частково зриватися більш швидшим потоком і потряпяти в фільтрат або переміщуватися в глибину фільтруючого матеріалу.

В процесі фільтрації рушійною силою є різниця тисків перед та після фільтру. В результаті фільтрування частина пор забивається осадом, внаслідок чого падає сила напору. Також це справедливо у випадку, коли чим менше отвори в фільтруючому матеріалі, тим менша гідравлічна продуктивність:

$$\Delta P = \Delta P_0 \cdot (1 - a \cdot \sigma),$$

де ΔP – гідравлічна продуктивність, σ – питомий об'єм затриманого осаду на одиниці поверхні фільтру, a – емпіричний коефіцієнт [1].

Отже, для нормального процесу фільтрування необхідно або збільшувати тиск, який подається на фільтруючий шар, або проводити заходи з видалення осаду з поверхні фільтру (“backwash” і т.п.).

1.2 Теоретичні основи прояснення вод від завислих речовин

Поведінка часток в воді, в основному, залежить від їх електрокінетичного заряду. Кожна колоїдна частинка набуває негативного заряду внаслідок:

- дисоціації поверхневих груп (наприклад, поверхневих груп OH^- важкорозчинних гідроксидів);
- адсорбції потенціал-визначальних іонів (іонів, що входять до кристалічних ґраток, наприклад, утворення заряду іонних кристалів йодиду аргентуму внаслідок адсорбції йонів Ag або I);
- адсорбції іоногенних поверхнево-активних речовин;
- ізоморфного заміщення (наприклад, за рахунок заміщення іонів Si^{4+} на іони Al^{3+} , Ca^{2+} з виникненням дефіциту позитивного заряду на часточці).

Цей заряд кожної частинки обумовлює агрегативну стійкість частинок, внаслідок чого вони не можуть зливатися в більші агрегати та вільно осідати.

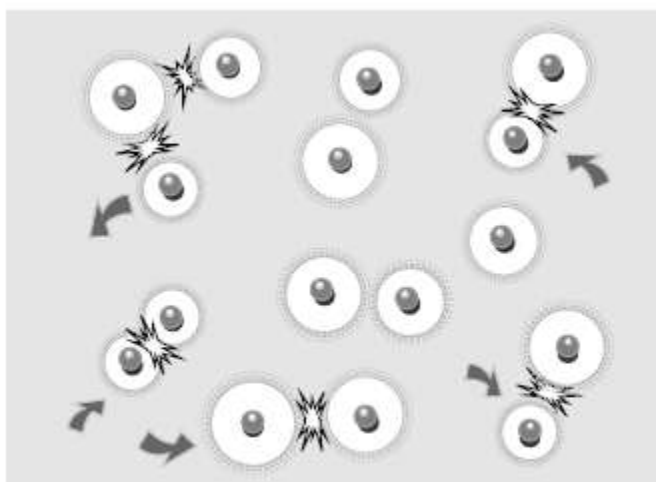


Рисунок 1.2 – Поведінка заряджених часток у воді[8]

У дисперсній системі на межі поділу фаз виникає подвійний електричний шар (ПЕШ). У разі зближення колоїдних часток та внаслідок взаємодії ПЕШ виникають електростатичні сили відштовхування. Величина цих сил залежить від параметрів шару: розподілу зарядів і потенціалів та їх змін у разі додавання електролітів, ПАВ та полімерів.

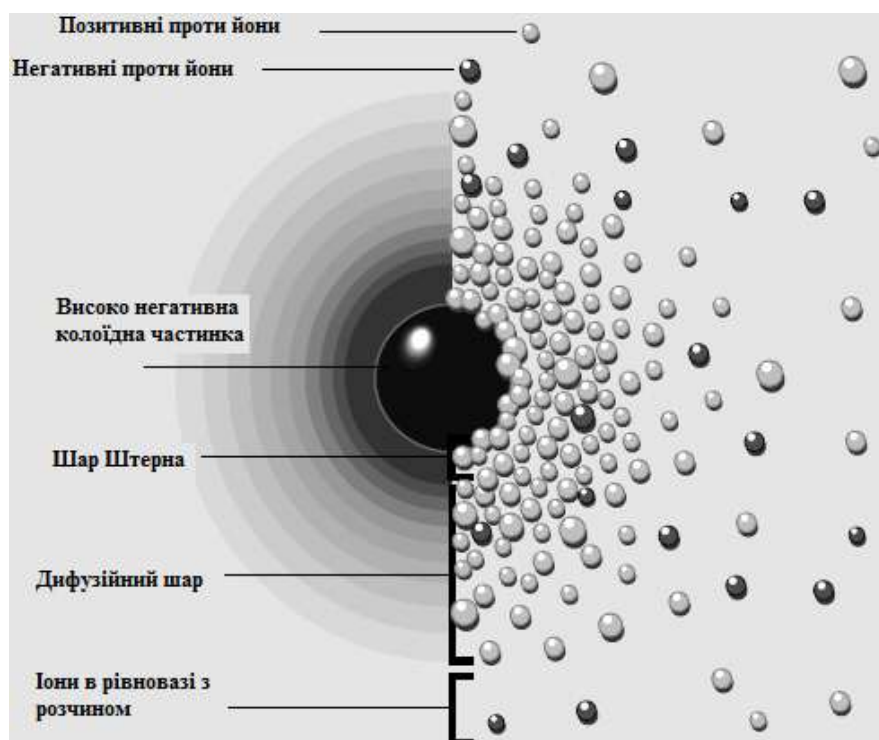


Рисунок 1.3 – Зображення ПЕШ в двох видах. Ліворуч – зміна густини заряду навколо колоїдної частинки. Праворуч – розподілення позитивних та негативних іонів навколо колоїдної частинки [8]

Густина поверхневого заряду, що дорівнює числу елементарних зарядів на одиниці поверхні, визначають за формулою[9]:

$$\sigma_0 = F(\Gamma_{H^+} - \Gamma_{OH^-}),$$

де F число Фарадея; $\Gamma_{H^+}, \Gamma_{OH^-}$ - кількості йонів, адсорбованих на 1 см^2 поверхні (різницю між $\Gamma_{H^+}, \Gamma_{OH^-}$ можна визначити за даними потенціометричного титрування).

Шари локалізованих на поверхні іонів, що створюють заряд, формують внутрішню обкладинку ПЕШ. Ці іони компенсуються такою самою кількістю протилежно заряджених іонів, які становлять зовнішню обкладинку цього шару. Відповідно до загальноприйнятої моделі Гуї-Штерна, зовнішню обкладинку ПЕШ умовно поділяють на дві зони: щільну частину з моно шару протиіонів, що прилягає безпосередню до поверхні, і дифузну частину, в якій розподіл іонів зумовлюється конкуренцією між електричним полем сусідньої фази, яке притягує протилежно заряджені та відштовхує однойменно заряджені іони при ще й дії

теплового руху, який прагне рівномірно розподілити іони в просторі. У дифузній частині протиіони утримуються біля поверхні електростатичними силами, а в повній (штернівський) – до них долучається специфічні адсорбційні сили. Отже, заряд поверхні компенсується сумою зарядів, локалізованих у щільній ($\sigma_{\text{ст}}$) та дифузній ($\sigma_{\text{диф}}$) частинах ПЕШ [9]:

$$\sigma_0 = \sigma_{\text{ст}} + \sigma_{\text{диф}}.$$

Для опису структури ПЕШ потрібно знати три параметри: потенціал поверхні ψ_0 , потенціал шару Штерна ψ_1 та електрокінетичний потенціал ζ .

Сьогодні для характеристики ПЕШ, в основному, використовують здебільшого ζ – потенціал, за величиною якого оцінюють стійкість дисперсної системи.

Структура ПЕШ змінюється при добавлянні до дисперсних систем електролітів або ПАВ. Із підвищенням концентрації електроліту, що не містить потенціал-визначальних іонів, відбувається зменшення товщини ПЕШ. Це стискання супроводжується зниженням ψ_1 та ζ потенціалів за незмінного поверхневого потенціалу.

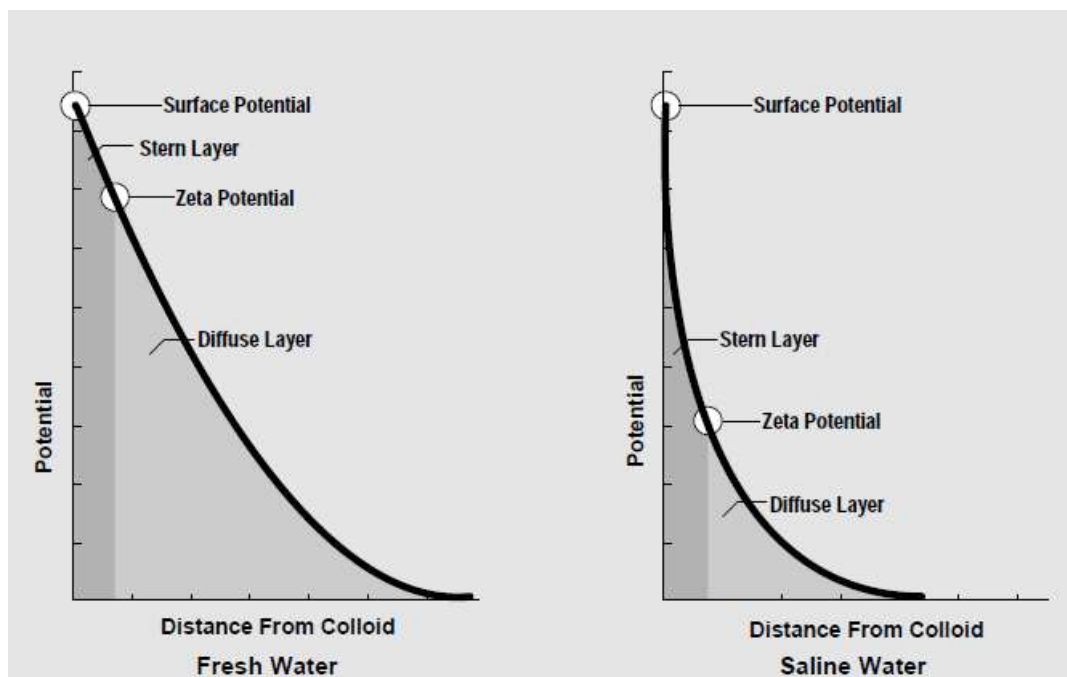


Рисунок 1.4 – Зміна величини потенціалів в залежності від сольового складу води[8]

Тонкодисперсні протиіони феруму чи алюмінію або складні органічні іони (ПАР) внаслідок сил Ван-дер-Ваальса можуть адсорбуватися надеквівалентно, накопичуючись у штернівському шарі. В результаті цього може змінюватись не лише величина, а й знак електрокінетичного потенціалу. Залежність електрокінетичного потенціалу від концентрації проходить через ізо-електричну точку, коли система стає нестабільною та втрачає агрегативну стійкість.

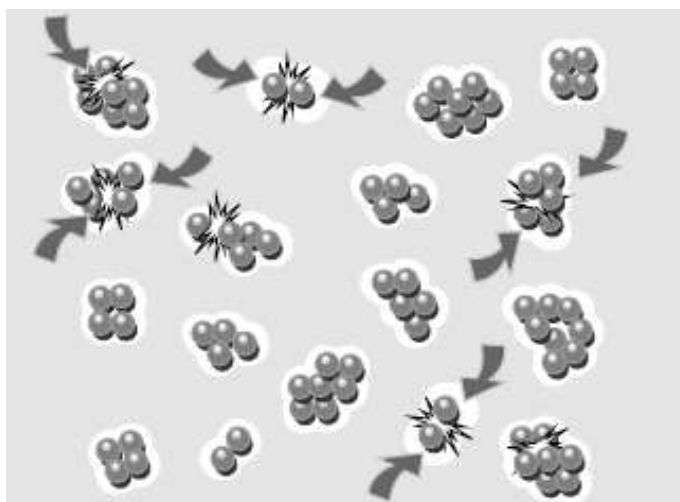


Рисунок 1.5 – Поведінка часток, коли електрокінетичний потенціал рівний або більший 0[8]

Баланс опозиційних сил

За теорією ДЛФО, поведінка часток в воді описується як баланс між двома опозиційними силами – електростатичного відштовхування та Ван-дер-Ваальсовими силами притягання, саме ця теорія пояснює, чому деякі частинки алгомеруються та осідають, а інші – ні.

Сили відштовхування

Електростатичне відштовхування стає значним, коли дві частинки наближаються одна до одної і їх ПЕШ починають перекриватися. Енергія відштовхування – це енергія, яка потрібна на подолання сил відштовхування, щоб змусити агломерацію часток. Рівень енергії, необхідний на подолання сил відштовхування, зростає в міру зменшення відстані між частками. Крива електростатичного, відштовхування використовується для визначення енергії, яка необхідна на подолання сил відштовхування в міру зближення частинок.

Максимум даної кривої співвідноситься до заряду частинки. Дана крива зображується в додатній частині [9].



Рисунок 1.6 – Крива електростатичного відштовхування[8]

Сили притягання

Ван-дер-Ваальсові сили притягання між двома частинками, в основному, — це результуюча сил притягання між індивідуальними молекулами кожної частинки. Ефект є адитивним, це значить, що одна молекула першої частинки притягаються до кожної молекули другої частинки. Це повторюється для кожної молекули першої частинки і в загальному — це сума всіх сил притягання між молекулами. Крива сил притягання використовується для того, щоб показати залежність Ван-дер-Вальсових сил від відстані між частинками. Дана крива зображується в від’ємній частині [8].



Рисунок 1.7 – Крива енергії притягання[8]

Енергетичний бар'єр

Теорія ДЛФО поєднує криву електростатичного відштовхування та Ван-дер-Ваальсового притягання для того, щоб пояснити тенденцію здатності частинок до флокуляції або залишання в дискретному стані. Поєднання даних кривих називається чистою енергією взаємодії. На кожній дистанції додаються сили відштовхування та притягання, щоб отримати чисту енергію взаємодії. Значення чистої енергії взаємодії знаходиться між залежностями кривих відштовхування та притягання. Крива чистої енергії взаємодії проходить від зони притягання через зону відштовхування і знову повертається до зони притягання з збільшенням відстані між частинками. На малих і великих відстанях переважають сили притягання, на середніх — відштовхування. Стійкість дисперсної системи визначається висотою потенціального бар'єру і глибиною двох мінімумів [9].



Рисунок 1.8 – Залежність кривої енергії чистої взаємодії від відстані між частинками[8]

Отже, стан системи можна охарактеризувати трьома випадками. Перший – система агресивно стійка, коли висота бар'єру досить велика, а глибина вторинного мінімуму мала. Часточки не можуть подолати бар'єр і розходяться без взаємодії. Другий – взаємодія в первинному мінімумі, коли висота бар'єру і вторинний мінімум невеликі. Часточки в цьому випадку коагулюють в ближньому мінімумі (енергетична пастка) в результаті броунівського руху, агрегація необоротна. Третій – коли вторинний мінімум достатньо глибокий, незалежно від висоти енергетичного бар'єру часточки будуть коагулювати у вторинному мінімумі. Це так звана дальня агрегація. У разі достатньої глибини вторинного мінімуму, агреговані часточки не можуть наблизитись одна до одної на малу відстань, оскільки цьому заважає потенціальний бар'єр. Однак при цьому вони не можуть і віддалитися, оскільки їх енергії недостатньо, для того щоб вибратися з глибокого вторинного мінімуму. Такі агрегати будуть здійснювати спільний

броунівський рух. У вторинному мінімумі можуть коагулювати лише великі часточки від (0,1 – 10 мкм).

Отже, коагуляції часток можна досягти і за відсутності глибокого вторинного мінімуму, а за рахунок зниження висоти енергетичного бар'єру до значень, сумірних з енергією броунівського руху часточок. Це можна досягти за допомогою збільшенням концентрації електроліту (рис 1.9), що, в свою чергу, призведе до стискання ПЕШ, а саме: до зменшення висоти енергетичного бар'єру та до зменшення потенціалу дисперсних часток (ψ_1). Обидва ці ефекти будуть зменшувати енергію відштовхування.

Флокуляцію часток, викликану стисненням ПЕШ, також називається “salting out the colloid” [8] (висолюванням колоїдів). Додавання великої кількості солі є не практичним в технології водоочищення, проте дану концепцію слід взяти до уваги при очищенні солоних стічних вод.



Рисунок 1.9 – Вплив збільшення концентрації електроліту на кордони сил електростатичного відштовхування[8]

Зниження поверхневого заряду часток

В технологіях очищення води зниження енергетичного бар'єру здійснюють за допомогою додавання коагулянтів або флокулянтів, внаслідок чого нейтралізується поверхневий заряд часток, а саме, відбувається пониження електрокінетичного потенціалу ζ (рис.1.10). В практиці не можливо виміряти нейтралізацію поверхневого заряду часток, тому використовують вимірювання ζ -потенціалу як контроль нейтралізації заряду. Необхідно пам'ятати, що не є необхідністю понижати електрокінетичний потенціал до 0, тому що основна ціль – знизити енергетичний бар'єр до точки, де швидкість частинки після переміщення дозволяє здолати його. Вищенаведена концепція допомагає пояснити, чому більші частинки агрегуються, в той час як менші залишаються агрегативно стійкими. При однаковій швидкості, але за різних мас, більші частки набувають більших значень енергії, яка дозволяє подолати енергетичний бар'єр.

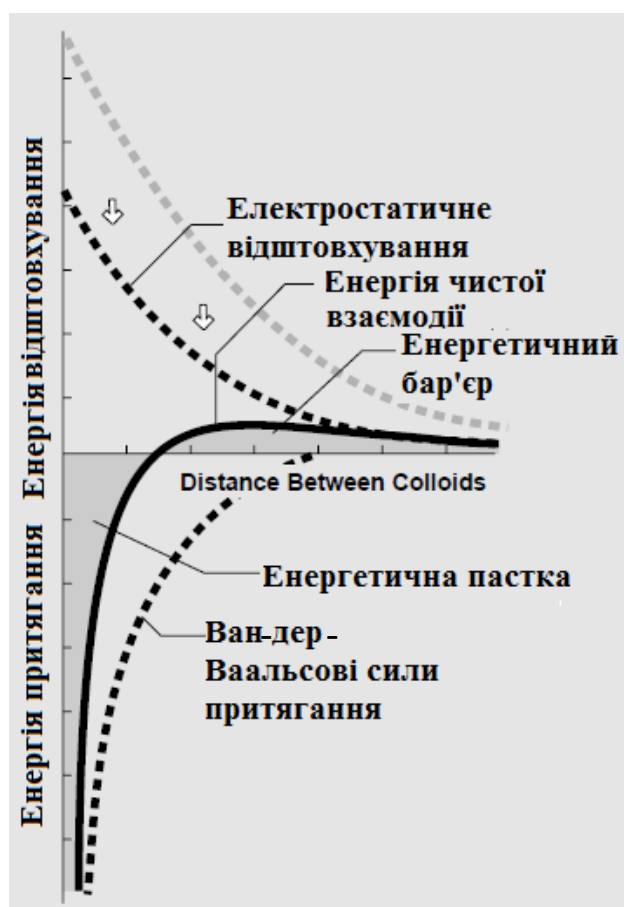


Рисунок 1.10 – Вплив додавання коагулянтів та флокулянтів на кордони сил електростатичного відштовхування[8]

Гетерокоагуляція та взаємна коагуляція

Концепції й теоретичні уявлення, розглянуті вище, стосуються гомокоагуляції, тобто взаємодії тотожних за природою і зарядом поверхонь часток. Проте на практиці очищення стічних вод найчастіше трапляються дисперсні системи, що містять різнорідні частки з неоднаковою фізичною та хімічною природою (знак і величина поверхневого заряду та ін.). Основна ідея теорії, яку створив Б.В. Дерягін, полягає в врахуванні балансу сил притягання та відштовхування, але якщо розглядати різнойменно заряджені частинки, то сили відштовхування змінюють знак та додаються до Ван-дер-Ваальсових сил притягання. Тобто на всіх відстанях між різнойменно зарядженими часточками діють сили притягання, що зумовлюють швидку коагуляцію за будь-яких концентраціях електроліту. Також, якщо розглядати дві частинки з однаковим знаком заряду, але різними потенціалами, то вони будуть притягатись на малих відстанях, причому висота енергетичного бар'єру на шляху притягання часток залежить від значення потенціалу лише тої частинки, яка заряджена до нижчого потенціалу [9].

1.3 Чотири механізми флокуляції та коагуляції частинок

В попередніх розділах описано теоретичні основи прояснення вод від завислих речовин, а також наведено способи руйнування стійкості дисперсних систем [8]:

1. Збільшенням концентрації електролітів, для зниження висоти енергетичного бар'єру до значень, сумірних з енергією броунівського руху.
2. Зниженням поверхневого заряду частинок за допомогою введення коагулянтів та флокулянтів.

Розглянемо вплив коагулянтів та флокулянтів на стійкість дисперсної системи.

В технології очищення води терміни «коагуляція і флокуляція» інколи використовуються взаємозамінними, але краще розділяти дані терміни і їх функції.

Коагуляція частинок відбувається, коли енергетичний бар'єр усунений, тобто коли дисперсна система дестабілізується.

Флокуляція має місце, коли система дестабілізована і частинки рухаються назустріч одна одній під дією сил перемішування. Внаслідок цього декілька частинок агломеруються і формують мікро-флоки, які з часом поєднуються в видимі пластівці.

В дійсності ці два процеси перебігають одночасно. Лінія між коагуляцією та флокуляцією в реальному процесі дещо розмита, тому що коагуляцію потрібно представляти як процес руйнування енергетичного бар'єру, внаслідок чого сили відштовхування зникають та частинки можуть рухатись назустріч одна одній – процес флокуляції. Більшість коагулянтів та полімерів (флокулянтів) можуть поєднувати ці два процеси в одному. Обидва виконують роботу нейтралізації заряду, а також сорбують на своїй поверхні більш ніж один колоїд, утворюють містки між ними та сприяють процесу флокуляції.

Процес коагуляції і флокуляції відбуваються по одному із наступних механізмів:

- стиснення подвійного електричного шару;
- нейтралізації поверхневого заряду;
- містковий механізм;
- сорбція частинок.

Для повного розуміння процесу відділення твердої фази з водного середовища необхідно розглянути кожний з цих механізмів окремо. Отже, щоб вирішити проблему розділення твердої та рідкої фази, необхідно використовувати декілька з цих механізмів.

Стиснення подвійного електричного шару

Причиною стиснення ПЕШ, в основному, є додавання великої кількості електролітів, тип та хімічна будова не має значення, тобто індиферентність електроліту відносить то того факту, що іони не сорбуються на частинки, а лише оточують її та стискають ПЕШ в шарі Штерна.

Теорія ДЛФО визначає таку дію іонів як пониження або зникнення енергетичного бар'єру. Дуже важливо зрозуміти, що даний механізм лише стискує ПЕШ, але не нейтралізує заряд частинки.

В основному, стискання ПЕШ не є практичним в технологіях водопідготовки, але дана візуалізація механізму дає зрозуміти вплив заряду електроліту на стискання ПЕШ, тобто тривалентні солі при менших кількостях мають ідентичний вплив на ПЕШ, як однозаряджені. Ось чому бажано отримувати коагулянти з більшою валентністю.

Флокулянти не впливають на стиснення ПЕШ. Для більшого розуміння механізму необхідно порівнювати рисунок 1.2 та 1.10. Подібна візуалізація процесу представлена на зміні величини потенціалів шарів Штерна та дифузійного на рисунку 1.11.

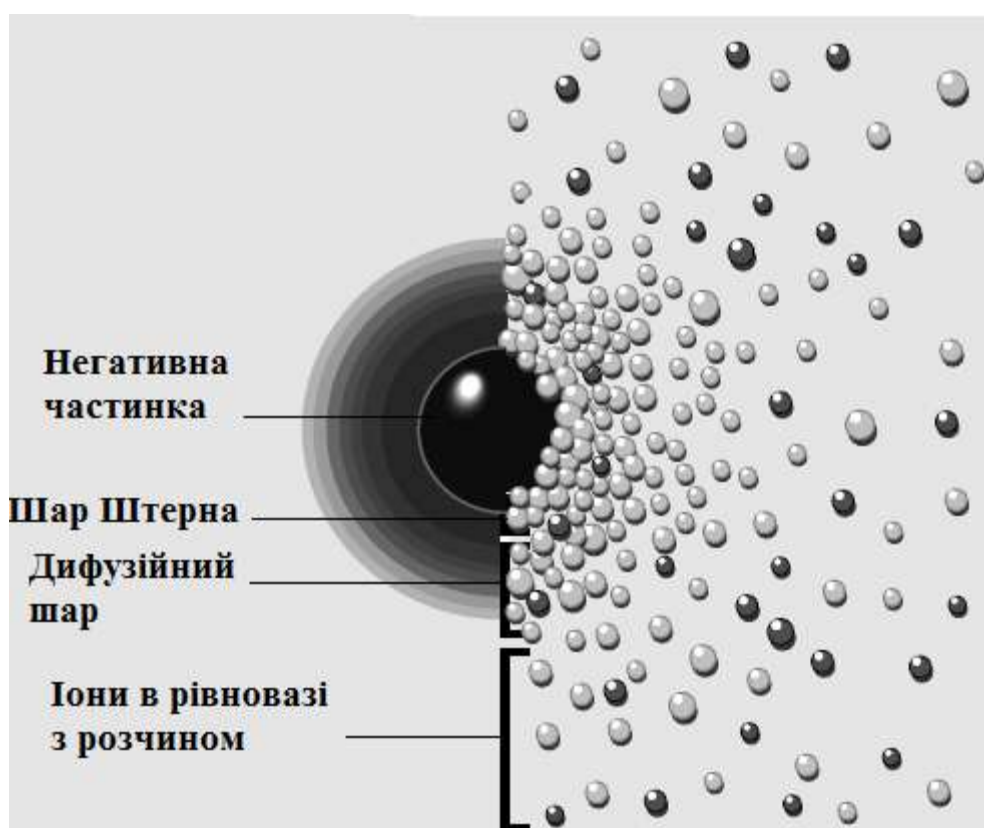


Рисунок 1.11 – Стиснення подвійного електричного шару [8]

Нейтралізація заряду

Неорганічні коагулянти (на основі феруму та алюмінію) і катіонні полімери, в основному, працюють по даному механізму. Це практичний шлях пониження

енергетичного бар'єру, а також формування стабільних пластівців. Нейтралізація заряду передбачає адсорбцію позитивно заряджених коагулянтів на поверхні колоїду. Внаслідок чого відбувається нейтралізація негативно зарядженої частинки і заряд стає рівним 0. Нейтралізація заряду є ключем для оптимізації дії відстійників та фільтрувальних систем або повітряної флотації.

Нейтралізація заряду не передбачає утворення макро-пластівців (ті, які можна побачити неозброєним оком), але це можливо досягти, якщо мова йде про катіонні полімери з молекулярною масою 50 000- 200 000. Мікро-пластівці (які є надто малими, щоб їх побачити) формуються, але не здатні швидко утворювати видимі макрочастинки.

Процес нейтралізації заряду дуже легко відстежується та контролюється за допомогою вимірювання електрокінетичного потенціалу. Це дуже важливо, тому що велика кількість коагулянту може сорбуватися на поверхні негативно зарядженої частинки та утворити позитивно заряджений колоїд, який, в результаті, ще важче розділити. Негативну дію можуть також спричинити катіонні полімери з малою молекулярною масою, тому що вони не ефективні в містковому механізмі.

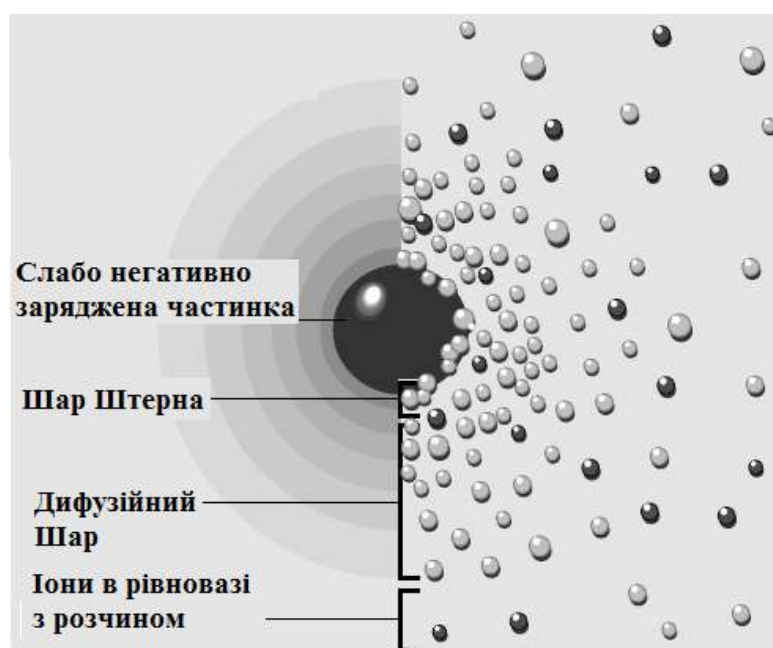


Рисунок 1.12 – Вплив процесу нейтралізації заряду на негативно заряджену частинку[8]

Отже, розглянувши два механізми стиснення ПЕШ та нейтралізації поверхневого заряду, можна сміливо стверджувати, що саме ці механізми призводять до коагуляції часток за рахунок пониження енергетичного бар'єру та виведення дисперсної системи зі стану рівноваги. На практиці механізм коагуляції реальних вод відбувається за змішаним (залежно від умов) концентраційним або нейтралізаційним ефектом [9]. Залишається незрозумілим лише те, чому електроліти 1-1 типу натрій хлорид не можуть сорбуватися на поверхні негативного заряду, а електроліти 3+ на основі заліза та алюмінію сорбуються та нейтралізують заряд частинки.

Створення мостів

Містковий механізм має місце, коли коагулянт формує нитки та волокна, які зв'язують декілька колоїдів. Основні неорганічні коагулянти та органічні полімери мають здатність створювати містки. Полімери з великою молекулярною масою мають більш ефективний містковий механізм.

Містковий механізм, в основному, лише допомагає поєднувати мікропластівці та створювати мости з мікропластівців. Це означає, що формування макропластівців може і не відбуватись, а лише йде приєднування мікропластівців на доволі великих відстанях, що, в свою чергу, буде сприяти швидшому осіданню та легкості відділення на фільтруючих системах. В основному, за даним механізмом не можна захопити колоїдні частки, але можна захопити видимі частинки розміром більші 10 мкм (мікро-пластівці), що, в свою чергу, стають опорами для продовження містка (рис 1.13.)

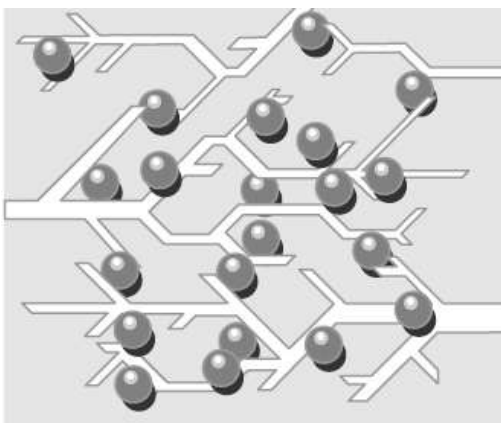


Рисунок 1.13 – Візуалізація місткового механізму[8]

Сорбція частинок

При додаванні до дисперсної системи великої дози коагулянтів та правильному регулюванні pH можна досягти утворення гідроксидів та оксидів металів з великою поверхнею та великою щільністю пластівців коагулянту. В середньому пластівці гідроксидів алюмінію на феруму мають щільність 1,01 – 1,03 кг/дм³. Тобто, щоб утворювались щільні пластівці, необхідно додавати набагато більшу кількість коагулянту, ніж ту, що передбачається для нейтралізації заряду частинок.

При використанні більшої кількості коагулянту лише для частини колоїдів спрацює нейтралізація заряду, основна їх кількість адсорбується «заплутується» на пластівцях коагулянту та осяде під дією тяжіння.

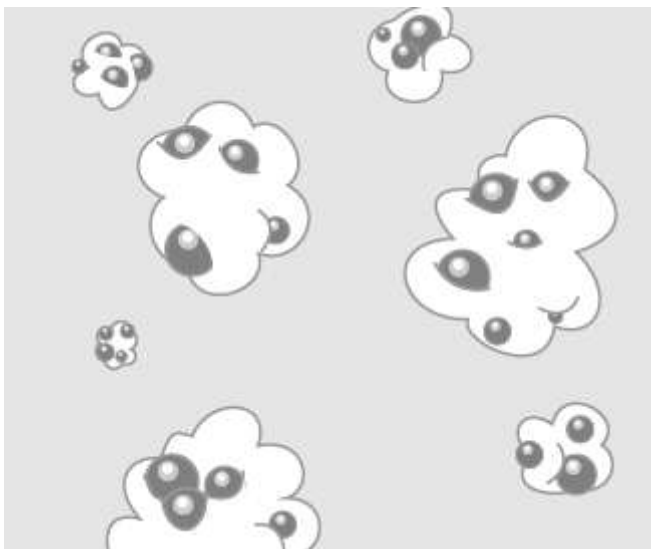


Рисунок 1.14 – Візуалізація механізму «sweepfloc»[8]

Відповідно до вище розглянутих механізмів може зробити певні підсумки. Процес коагуляції та флокуляції частинок в практиці перебігає паралельно в залежності від умов. В основному для дестабілізації дисперсної системи можна застосувати перші два механізми:

- стискання ПЕШ;
- нейтралзація заряду.

Коагулянти та катіонні полімери обидва мають дію нейтралізації заряду за рахунок їх певного заряду: чим більший заряд, тим менше полімеру необхідно

сорбуватися на частинці для її нейтралізації. Дія коагулянтів обумовлена двома механізмами з перевагою одного або іншого [9].

Після того, як система стала нестабільною під дією броунівського руху та сили перемішування, частинки можуть злипатися одна з іншою (тобто проходить процес флокуляції). Подальшу різницю дії полімерів та коагулянтів обумовлюють наступні два механізми, які не впливають на стабільність системи, а саме:

- містковий механізм;
- sweep floc.

За літературними даними [8], кращим містковим механізмом володіють полімери з великою молекулярною масою, а механізмом «Sweep floc» володіють лише коагулянти.

Проводячи аналіз чотирьох механізмів, можна сміливо казати про перевагу коагулянтів над флокулянтами, тому що вони діють по I, II, IV механізмах. А на практиці флокулянти використовують як допомогу для коагулянтів по III механізму, для більш швидшого осідання пластівців.

Проте, використання чисто полімерів в практиці, також можливе, причому вони будуть здійснювати нейтралізацію поверхневого заряду, що, в свою чергу, призведе до дестабілізації системи. За рахунок броунівського руху почнуть утворюватись мікро-пластівці та за рахунок сили перемішування та місткового механізму почнуть формуватись мости та макро-пластівці. Якщо використовувати полімери при очищенні стічних вод, в яких наявні частинки різного розміру та маси, а саме частинки більші 10 мкм, які не мають агрегативної стійкості можна інтенсифікувати цей процес, а саме використовувати полімери як опори та обтяжуви для макро-пластівців.

Без сумніву, при правильному використанні коагулянтів (оптимальна доза, pH , швидкість перемішування та інше) можна досягти 100%-го видалення зважених частинок, але з економічної точки зору використання полімерів значно вигідніше, тим паче, що на даний час синтезують полімери зі здатністю утворювати пластівці, схожі на гідроксиди металів, отже не виключається повне витіснення використання коагулянтів.

1.4 Фільтруючі системи технології Salsnes

Компанія Salsnes заснована в Норвегії в 1991 році. Вона займається вдосконаленням технології відділення твердих часток шляхом розробки і вдосконалення об'єктів очищення води, тестування та реалізації ініціатив зі збільшення якості очищення води. Даний підхід дозволив створити високоефективний фільтр, який забезпечує максимальне видалення твердих часток при кардинальному зменшенні капіталовкладень, експлуатаційних витрат, затрат на технічне обслуговування при залученнях малих площ під встановлення фільтру [2].

У фільтруючій системі Salsnes відділення твердих частин, згущення і зневоднення осаду виконуються в одному компактному блоці, при цьому видаляється > 50% завислих речовин, > 20% БПК і виробляється більш сухий осад (20-30% сухої речовини). Фільтруюча система Salsnes може повністю замінити традиційну первинну очистку, розташовуючись лише на невеликій частині її площі, при капітальних витратах на 30 - 60% нижчих і при значному зниженні витрат за повний термін експлуатації обладнання. Крім того, витрати на вантажно-розвантажувальні операції, транспортування та утилізацію осаду істотно зменшуються. На даний час фільтруючі системи Salsnes працюють в різних країнах світу і за різноманітними застосуваннями – як на станціях очищення муніципальних стоків, так і в складних умовах очищення промислових стічних вод [2]

Технологію Salsnes-фільтрів можливо використовувати для вирішення різноманітних завдань [3]:

- Збільшення ефективності первинної очистки стічної води.
- Відділення твердих речовин перед біореакторами, мембранними технологіями.
- Згущення осаду первинних відстійників.
- Збільшення потужності станції в умовах обмеженої території для їх будівництва.

- Очистки промислових стічних вод (целюлозної, харчової та інших галузей).

Будова Salsnes фільтрів [3].

1. **Сітчастий фільтр і зубчасте колесо.** Сітчастий фільтр виготовлений з поліуретану і відрізняється високою зносостійкістю. Спосіб кріплення і натягу сітки на зубчастому колесі запатентований – він підвищує пропускну спроможність фільтра і дозволяє йому справлятися з більш інтенсивним потоком, збільшуючи продуктивність очисних споруд при меншій площі, займаної системою.
2. **Ніж.** Сталева тонка пластина розміщується між бункером обезводнювання та сітчастим фільтром, яка зрізує осад з фільтру.
3. **Повітряний ніж.** Система очищення сітки фільтра за допомогою повітряного ножа запускається автоматично, як тільки сітка починає обертатися. Для очищення застосовується стиснене повітря, що має ряд переваг у порівнянні зі шкребками, щітками або системами промивання водою. Повітря надає більше щадний вплив на сітку (продовжуючи, таким чином, термін її служби) та на частки (вони не розпадаються на більш дрібні фрагменти). Очищення повітрям також дозволяє отримати менш вологий осад, що підвищує ефективність зневоднення.
4. **Вбудований або автономний блок зневоднення.** Для економії часу і фінансів в замкнених системах SF передбачені вбудовані процеси згущення осаду і зневоднення. Зневоднення, як правило, досягає 20-30%-го вмісту сухої речовини. Для більш потужних систем існує автономний зневоднюючий блок для зневоднення осаду від декількох фільтрів. Даний блок може використовувати більш високий тиск для виробництва ще більш сухого осаду (зазвичай, 20-40% сухої речовини).
5. **Панель управління (CPR).** Панель управління містить програмований логічний контролер (ПЛК), який робить цю повністю автоматизовану систему ідеальною для станцій з дистанційним керуванням або працюючих без обслуговуючого персоналу. Датчик тиску води сигналізує системі про

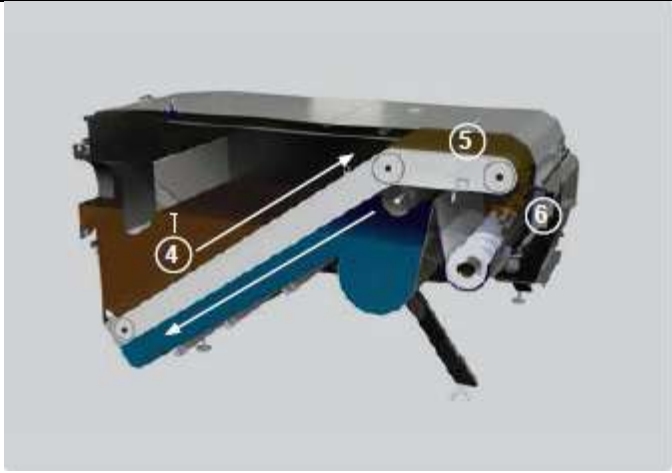
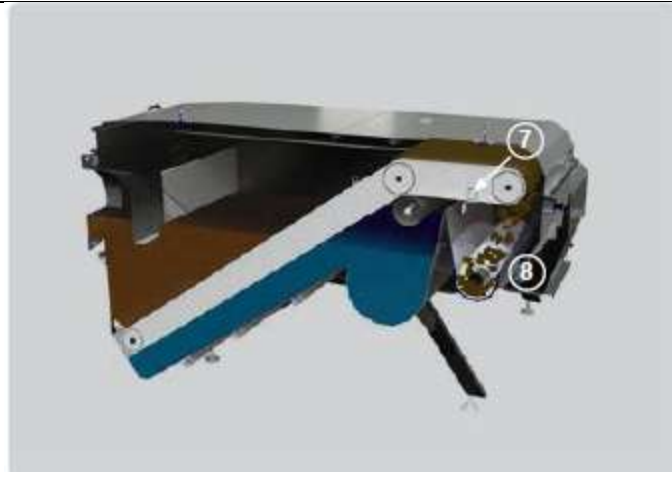
необхідність повороту сітки, що фільтрує (і швидкості її обертання), а ПЛК одночасно включає Повітряний Ніж і гвинтовий прес.



Рисунок 1.15 – Візуальне зображення сітчастого фільтру до та після повітряного ножу[3]

Таблиця 1.1 – Технологія роботи SF [3]

	1. Стічна вода поступає в прийомну камеру. 2. Тверді частинки над фільтруючою сіткою створюють "фільтруючий мат", який покращує фільтраційні характеристики сітки, оскільки скупчення частинок на сітці створює все більш дрібні отвори, які затримують ще більш дрібні частинки. 3. Вода, профільтрована через сітку, відводиться через випускний патрубок.
--	--

	4. Коли рівень стічної води, яка поступає на фільтрацію, сягає певного значення (відслідковується датчиком), сітка фільтру починає рухатись, переміщуючи осад і забезпечує його згущення. 5. Сила тяжіння ущільнює осад до 3-8 % сухої речовини. 6. Осад потрапляє в зону збору.
	7. Використовуючи повітря, автоматична система очищення «Повітряний ніж» видаляє осад, який залишився на фільтруючій сітці в зону збору. 8. Гвинтовий прес додатково обезводнює осад до вмісту 20-30% сухої речовини перед його виходом з установки.

Переваги SF

По відношенню до традиційної первинної очистки води, фільтруюча система Salsnes здатна забезпечити [3]:

- Зниження витрат на 30 - 60%(Див. Рис. 1.16).
- Зменшення займаної площі до 1/10 від звичайної (Див. Рис. 1.17).
- Інтеграцію процесів згущення і зневоднення осаду.
- Значне зниження витрат у розрахунку на термін експлуатації обладнання.
- Менший обсяг більш сухого осаду, що знижує витрати на утилізацію (Див. Рис. 1.18).
- Загально-будівельні роботи меншого обсягу (не вимагається спорудження бетонних резервуарів).

- Більш повне видалення завислих речовин ($> 50\%$) і БПК ($> 20\%$) і можливість проектувати системи з видаленням завислих речовин до 80% .
- Процеси вторинної/біологічного очищення меншого масштабу (потребують меншої аерації та / або площі).
- Первинний осад з більш високою енергетичною цінністю.
- Повністю автоматизоване обладнання.
- Швидке і зручне технічне обслуговування.

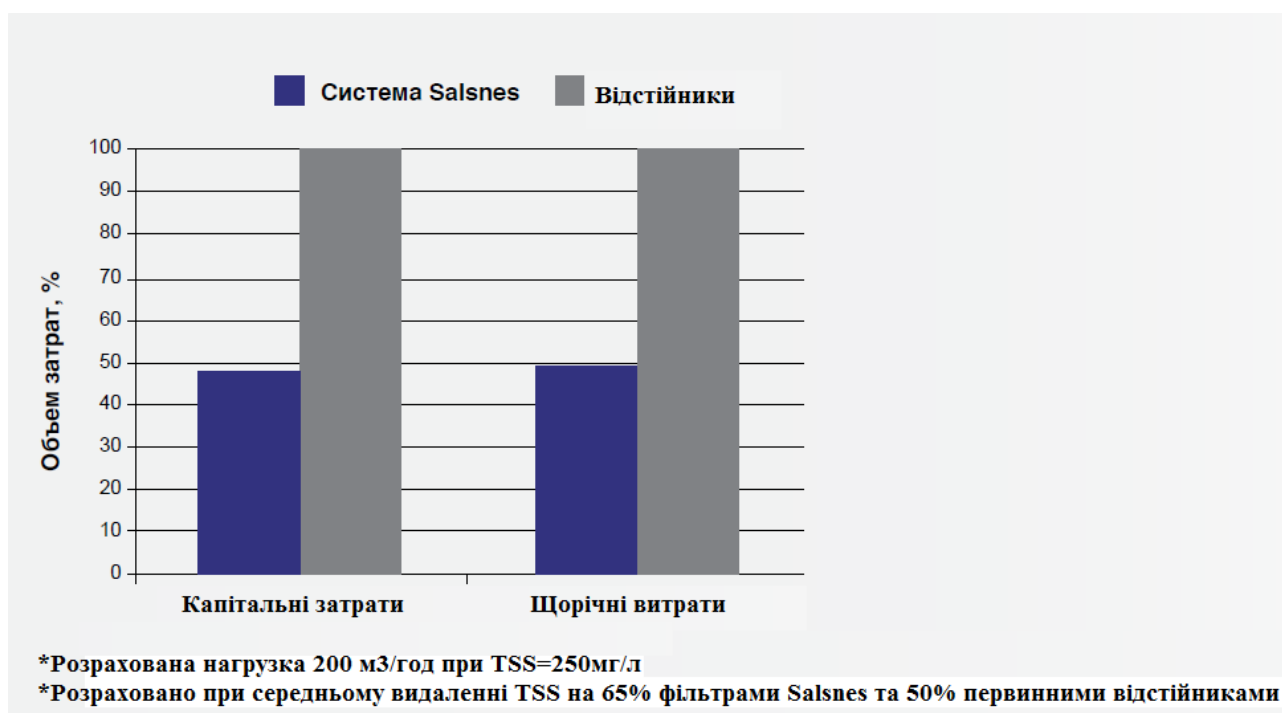


Рисунок 1.16 – Порівнювання витрат [3]

Наведена вище оцінка була проведена Норвезьким державним управлінням по боротьбі з забрудненням навколишнього середовища [3] для виявлення економічно ефективної технології, яка відповідала б суворим критеріям Європейського Союзу по первинному очищенні. Графік 1.16 свідчить про істотну економію. Витрати на систему фільтрів Salsnes складають половину вартості традиційної системи первинного осадження та освітлення.

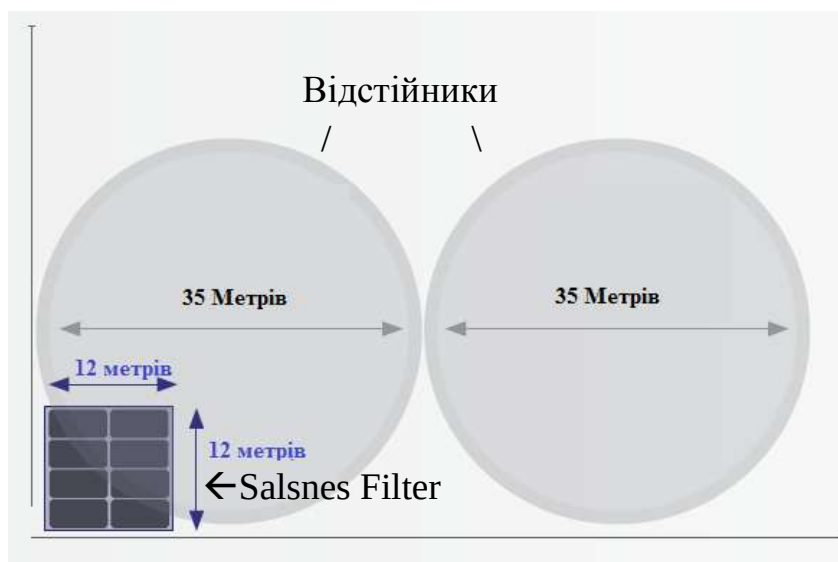


Рисунок 1.17 – Порівнювання площі, яка займається двома відстійниками та 8 фільтруючих систем Salsnes[3]

Установка очищення стічної води в Тромсо, Норвегія – $1650 \text{ м}^3/\text{год}$

Для підприємств, які передбачають розширення потужностей первинної або вторинної очистки, в умовах дефіциту або високої вартості додаткової площі, фільтруюча система Salsnes є ідеальним рішенням. Зазвичай вона займає 1/10 площі традиційних систем очистки. Так, для будівництва відстійників станції очистки стічних вод в Тромсо, Норвегія, потрібна була б площа в 2000 м^2 . Замість цього підприємство встановило у себе фільтраційну систему Salsnes, яка посіла лише 150 м^2 площі.



Рисунок 1.18 – Порівнювання об'єму осаду[3].

Станція очищення стічної води в Ендербі, Британська Колумбія, Канада – $83 \text{ м}^3/\text{год}$ [3]

Перед установкою фільтруючої системи Salsnes, станція очистки стічних вод в Ендербі виробляла осад з вмістом сухої речовини лише 1-2%. Після того, як перед окиснювальним каналом була змонтована система Salsnes, загальний обсяг виробленого станцією осаду зменшився на 87%, завдяки інтеграції операцій згущення і зневоднення, передбаченим у фільтрі SF: 4000.

2 Об'єкти, методи та методики дослідження

2.1 Об'єкти дослідження

Стічні води — будь-які води та атмосферні опади, що відводяться у водні об'єкти з територій промислових підприємств та населених місць, через систему каналізації або самопливом, властивості яких виявилися погіршеними в результаті діяльності людини.

Рідкі відходи, що утворюються в результаті побутової, сільськогосподарської та промислової діяльності людини, а також організованого видалення з території міст та населених пунктів атмосферних осадів.

Загальна характеристика

Згідно з Водним кодексом України [10], вода стічна - вода, що утворилася в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведена з забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів. Термін «стічні води» не можна підміняти неунормованим не науковим виразом «стоки», який часто зустрічається в аматорських текстах.

В залежності від походження, складу та якісних характеристик забруднень (домішок) стічні води, поділяються на чотири основні категорії: побутові (господарсько-побутові, господарсько-фекальні), виробничі (промислові), сільськогосподарські та атмосферні зливові води, які стікають з територій виробничих об'єктів та населених пунктів у результаті випадання атмосферних осадів чи поливання вулиць. Як правило, СВ з територій виробничих об'єктів та населених пунктів видаляються системами каналізації. Води, які використано для побутових, виробничих та інших потреб, забруднені різними домішками, що змінили їх первинний хімічний склад та фізичні властивості, і класифікуються як стічні води.

Критерій чистоти – критерій, за яким стічні води вважаються чистими, якщо вони задовольняють наступні вимоги: біохімічне споживання кисню не перевищує 50 мг/дм³; відсутні плаваючі органічні забруднювачі; вміст завислих

частинок не перевищує 60 мг/дм³; вміст нафти (конденсату) при екстрагуванні ефіром не перевищує 5 мг/дм³; колір понад 20 одиниць (за платинокобальтовою шкалою); водневий показник $pH = 6-9$. Скидання пластових вод, що надходять разом з газом, ускладнюються присутністю в них емульгованої нафти (конденсату), різноманітних корозійних речовин, піску, розчинених сульфідів, які потім випадають в осад, великої кількості розчинених мінеральних солей, а іноді й солей слабких органічних кислот. Крім того, в пластових водах у вимірних кількостях можуть бути присутні токсичні речовини – сполуки барію, стронцію, важкі метали. Скидання промислових стоків компресорних і насосних станцій, газопереробних заводів і підземних сховищ газу ускладнюється присутністю розчинених (з наступним випаданням в осад) сульфідів, солей, кислотних і лужних розчинів, одно- і багатоатомних спиртів.

Види стічних вод

За походженням виділяють наступні види стічних вод:

Поверхневі стічні води — формуються за рахунок дощових, талих (сніг, град) і поливальних вод. Відводяться, як правило, через систему зливової каналізації. Діляться на дощові і талі. Забруднені зазвичай зваженими речовинами органічного та мінерального походження, нафтопродуктами, біогенними речовинами та важкими металами.

Господарсько-побутові стічні води — утворюються в житлових приміщеннях, а також в побутових приміщеннях на виробництві (наприклад, душові кабінки, туалети), відводяться через систему господарсько-побутової каналізації. Забруднені, головним чином, мийними засобами та екскрементами. Велика частина завислих твердих речовин має целюлозну природу, а інші забруднюючі органічні речовини включають жирні кислоти, вуглеводи і білки. Неприємний запах побутових стічних вод обумовлений розкладанням білків в анаеробних умовах.

Склад господарсько-побутових стічних вод відносно постійний і характеризується в основному органічними забруднюючими речовинами (близько

60%) в нерозчиненому, колоїдному та розчиненому стані, а також різними бактеріями і мікроорганізмами, у тому числі, й патогенними.

Сільськогосподарські стічні води — поділяються на стічні води від тваринницьких комплексів і поверхневі стічні води з полів. Перший тип стічних вод містить велику кількість органічних забруднюючих речовин, другий містить агрохімічні речовини, що використовуються в якості добрив і засобів захисту рослин від шкідників.

Шахтні і рудничні стічні води — утворюються в процесі видобутку та переробки корисних копалин, тому часто мають високу мінералізацію, кислу реакцію середовища, велику кількість рудничних елементів, що знаходяться в розчиненій і завислій формах.

Промислові стічні води — утворюються в результаті використання води в технологічних процесах на промислових підприємствах або видобутку корисних копалин, відводяться через систему промислової або загальносплавній каналізації. Найбільш характерними і небезпечними забруднюючими речовинами промислових стічних вод є екстрагуючі речовини (переважно нафтопродукти), феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали, органічні речовини з тривалим терміном розкладання, в тому числі, різні пестициди. Виділяють забруднені та умовно чисті промислові стічні води. Прикладом умовно чистих стічних вод може бути вода, що використовувалась для охолодження в теплообмінних апаратах.

Стічні води збагачувальних фабрик — флотаційні відходи, зливи згущувачів, фільтрати вакуум-фільтрів.

Основні типи забруднюючих речовин у стічних водах

Виділяють наступні типи забруднюючих речовин у стічних водах:

- мінеральні домішки ;
- органічні домішки;
- мікроорганізми.

До мінеральних забруднюючих речовин належать пісок, глина, шлак, розчини мінеральних солей, кислот та лугів.

Органічні забруднюючі речовини бувають рослинного та тваринного походження. Рослинного походження — містять залишки рослин, плодів, злаків, овочів, паперу. З хімічної точки зору у цих забруднюючих речовинах, в основному, міститься вуглець у вигляді клітковини. Тваринного походження — містять фізіологічні відходи людей та тварин, жирові сполуки, органічні кислоти тощо. Основним хімічним елементом цих забруднюючих речовин є азот (нітроген) у вигляді білкових сполук. Стічні води, крім вуглецю та азоту, містять фосфор, калій, сірку (сульфур), натрій та інші хімічні елементи та сполуки.

Бактеріальне та біологічне забруднення стічних вод представлено бактеріями (в тому числі, патогенними, тобто хвороботворними), дріжджовими та пліснявими грибами, дрібними водоростями.

Види забруднюючих речовин у стічних водах за фізичним станом

За фізичним станом забруднюючі речовини стічних вод поділяються на:

- нерозчинні домішки, що знаходяться у воді у вигляді великих завислих частинок (діаметром понад 0,1 мм) і у вигляді суспензії, емульсії і піни (частинки діаметром від 100 до 0,1 мкм);
- колоїдні частинки — діаметром від 0,1 до 0,001 мкм;
- розчинні частинки, що знаходяться у воді у вигляді молекулярно-дисперсних частинок діаметром менше 0,001 мкм.

Залежно від розмірів частинок, їх густини та швидкості руху стічних вод нерозчинені речовини можуть спливати на поверхню, знаходитись у завислому стані у воді та осідати на дно.

2.2 Методи дослідження

В даній роботі визначали степінь вилучення мутності та степінь видалення зважених часток. Для визначення зміни мутності розчину використовувався прилад «Hach 2100P Portable Turbidity meter». Даний прилад працює на основі принципів фотометрії.

Фотометрія (дав.-гр. φῶς, родовий відмінок φῶτος — світло і μέτρον — вимірюю) — загальна для всіх розділів прикладної оптики наукова дисципліна, на основі якої проводяться кількісні вимірювання енергетичних характеристик поля випромінювання.

Загальні поняття

Фотометрія — це комплекс методів вимірювання інтенсивності випромінювання у видимій, УФ- або ІЧ-області спектру. До фотометрії відносять атомно-абсорбційний аналіз, фотометрію полум'я, турбідиметрію, нефелометрію, люмінісцентний аналіз, спектроскопію відбиття, молекулярно-абсорбційний фотометричний аналіз. Останній включає спектрофотометрію, фотоколориметрію та візуальну фотометрію (колориметрію). Спектрофотометрія і фотоколориметрія ґрунтуються на визначенні оптичної густини речовин за допомогою спектрофотометрів та фотоелектроколориметрів.

Основними фотометричними величинами є світловий потік Φ , сила світла J , освітленість E , світність R та яскравість джерела.

Принцип методу визначення мутності води — оснований на вимірюванні інтенсивності світла, певної довжини хвилі, пройденого через кювету, яка містить колоїдний розчин, частіше всього суспензію, яка утворена частинками досліджуваної речовини.

Для вимірювання мутності використовується фотометрична методика (стандарт ISO 7027, англ. Water quality – Determination of turbidity) з одиницею виміру FNU (formazine Nephelometric Unit). Також є відомі інші одиниці виміру які легко перераховуються одна в одну:

$$1 \text{ FTU} = 1 \text{ ЕМФ} = 1 \text{ ЕМ/дм}^3 = 1 \text{ FTU} = 1 \text{ FNU} = 1 \text{ NTU} = 0.053 \text{ JTU}$$

$$1 \text{ NTU} = 0.13 \text{ мг/дм}^3 (\text{кремнезем в вигляді диатомита}) \text{ до } 1 \text{ мг/дм}^3 (\text{каолін}).$$

2.3 Основні завдання та методики дослідження

Основні завдання, які необхідно вирішити:

1. Вибір оптимального полімеру.
2. Оптимізація умов процесу флокуляції.
3. Перевірка роботи SF у роботі з коагулянтom PAX 18.
4. Вибір оптимальної пари коагулянт-флокулянт.
5. Проведення SF без додавання реагентів, з флокулянтom, коагулянтom, з коагулянтom-флокулянтom.
6. Підсумки і обговорення отриманих результатів.

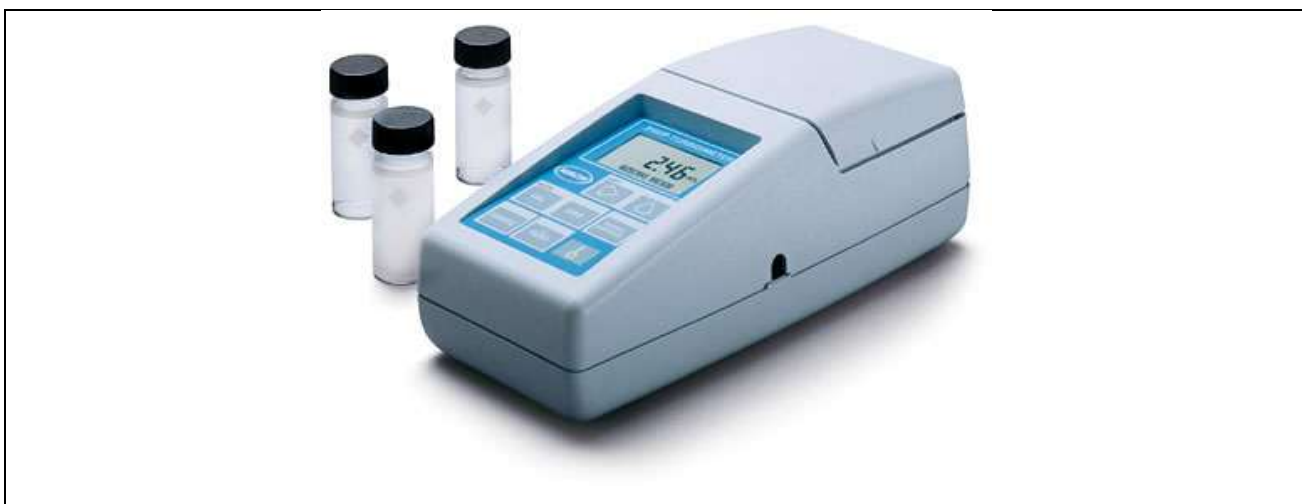
Для вирішення поставлених задач використовувалася наступна техніка:

1. Jar test Flocculator



Даний прилад складається з панелі управління, на якій можливо задавати швидкості обертання мішалок для швидкого та повільного режимів, також можна задавати час обертання та осідання часток: в комплект входять 6 мішалок та 6 ємностей для проведення процесів коагуляції, флокуляції.

2. Hach 2100P Portable Turbidity meter



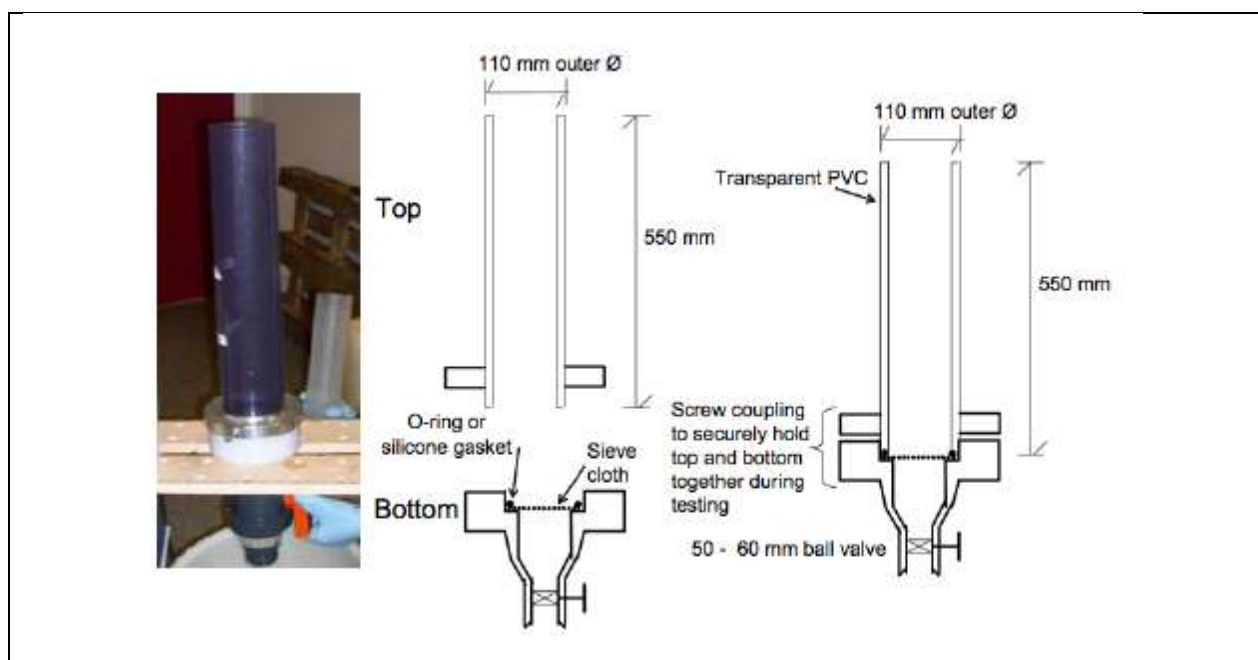
Даний прилад вимірює мутність водних розчинів; в комплект входить 6 гілз для швидкого експрес-аналізу.

3. *pH* метр



Прилад необхідний для контролювання проведення процесу коагуляції.

4. Комплект фільтрів, лабораторні ваги (з точністю $\pm 0,0001\text{г}$), сушильна шафа $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$, вакуум фільтр – для проведення аналізу з визначення вмісту зважених речовин у воді.
5. Установка зі змінними фільтрами SF, для проведення процесу фільтрації в статичному режимі.



В даній роботі вимірювались такі показники:

1. Мутність.
2. Загальний вміст зважених речовин.
3. Витрата стічної води.
4. Гідравлічна продуктивність.
5. pH
6. Значення G-показника турбулентності потоку.

Методика вимірювання загального вмісту зважених речовин

1. Відбираємо пробу стічної води об'ємом 100 см³.
2. Зважуємо підготовлений фільтр.
3. Пропускаємо пробу води через фільтр на вакуум-насосі.
4. Сушимо фільтр протягом 1 години, при температурі 105 °С.
5. Зважуємо фільтр.
6. Розраховуємо загальний вміст зважених речовин (TSS):

$$TSS = \frac{m_{f+TSS} - m_f}{0,1} = \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}.$$

Методика визначення Гідравлічної продуктивності

1. В установку № 5 встановлюємо потрібний фільтр (з відомими розмірами отворів) та закриваємо кран.
2. Набираємо 1 дм³ стічної води.
3. Відкриваємо кран, фіксуємо час набору певного об'єму фільтрату (в експерименті прийнято 500 см³).
4. Витрата (Flow rate) розраховується за формулою:

$$Flow\ rate = \frac{V_{filtrate} \cdot 3600}{time \cdot 10^6} = \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

5. Гідравлічна продуктивність (*Hydraulic Capacity*) розраховується за формулою:

$$Hydraulic\ Capacity = \frac{Flow\ rate \cdot 4}{\pi \cdot d_{filter}^2} = \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}.$$

Методика розрахунку показника G

На основі емпіричних залежностей між швидкістю обертання мішалки та показником G , побудований графік та визначено рівняння залежності.

Підставляючи в рівняння (апроксимуючої прямої граф 2.1) для y значення x – яке дорівнює швидкості обертання мішалки на «Slow or Rapid mixing» - отримаємо певне значення G , яке в подальшому можливо екстраполювати на великий SF.

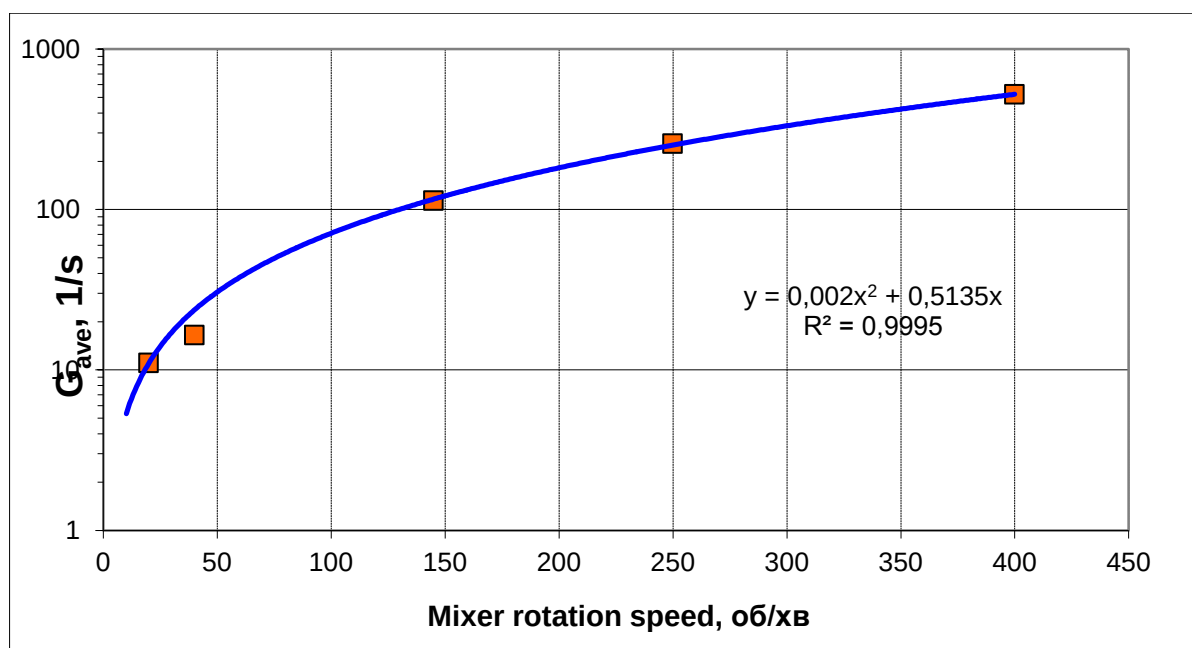


Рисунок 2.1 – Графік залежності зміни показника G від швидкості обертання мішалки, об/хв.

2.3.1 Вибір оптимального полімеру

В наявності були полімери трьох різних компаній: Kemira, SNF, BASF.

Таблиця 2.1 – Список протестованих полімерів

Назва полімеру	Компанія	Вміст активного компоненту
1	2	3
C1	Kemira	50
C2	Kemira	40

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
C3	Kemira	42,5
C4	Kemira	41
C5	Kemira	52
C6	Kemira	44,5
C7	Kemira	48
C8	Kemira	44,5
CT1	SNF	30,5
CT2	SNF	35
CT10	SNF	43,5
Zetag 1	BASF	0,5
Zetag 2	BASF	0,5
Zetag 3	BASF	0,5
Zetag 4	BASF	0,5
Zetag 5	BASF	0,5

Проводили процес флокуляції на стічній воді, використовуючи прилад 1 (Jar Test). При цьому визначали загальний вміст зважених речовин, мутність в початковій та кінцевій воді при різних дозах флокулянту.

Таблиця 2.2 – Умови експерименту

<i>Швидке перемішування</i>		<i>Повільне перемішування</i>		<i>Відстоювання</i>
Швидкість, об/хв	t, с	Швидкість, об/хв	t, с	t, с
400	10	40	300	600

Після проведення експерименту побудували діаграму залежності ступеню зменшення мутності від дози флокулянту для кожного флокулянту (рис. 2.2).

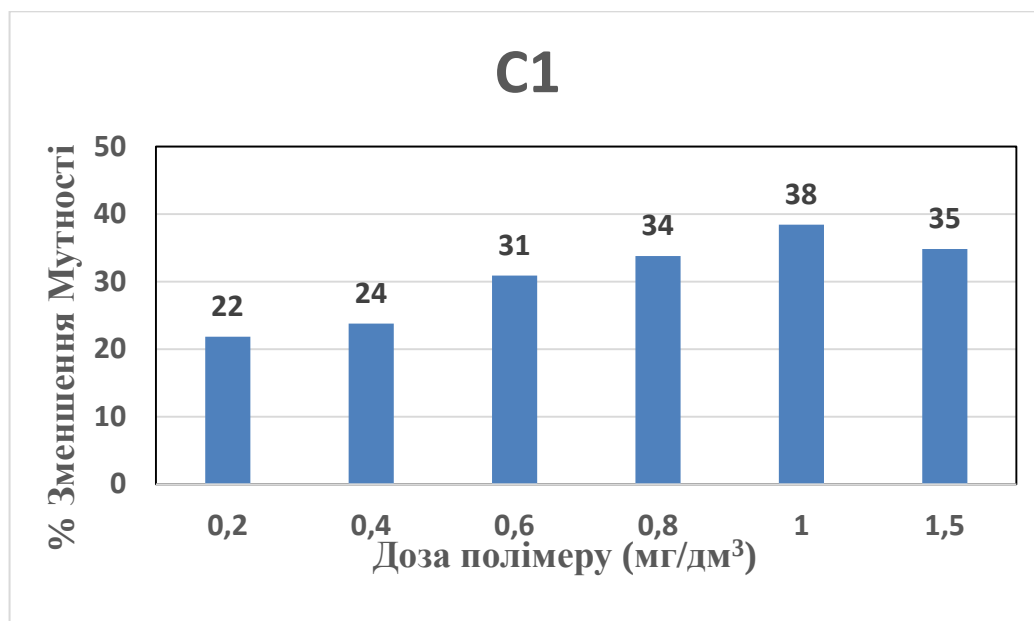


Рисунок 2.2 – Діаграма залежності ступеня видалення зважених речовин від дози флокулянту

На основі всіх діаграм будуюмо загальну та вибираємо 3 флокулянти, які продемонстрували найбільший ступінь видалення та мають найменшу дозу (мг АС/г TSS) (Див. Розділ 3 – Результати).

2.3.2 Оптимізація умов флокуляції

Дана частина експерименту виконувалася для того, щоб визначити показник G при якому ступінь видалення зважених частинок є найбільший.

Виконували серію (Jar test) з 3 найкращими флокулянтами, зі змінними швидкостями та часом Швидкого, Повільного перемішування. Визначення показника G відбувалось за описаною вище методикою і підсумовувалось за даними табл. 2.3 і 2.4, рис. 2.3.

Таблиця 2.3 – План оптимізації має вигляд:

				Results based on % Turbidity removal				
				Primary WW				
Rapid Mix (rpm)	Rapid Mix (sec)	Slow Mix (rpm)	Slow Mix (min)	G (Rapid Mix)	G (Slow mix)	Polymer 1 (XX mg/l)	Polymer 2 (YY mg/l)	Polymer 3 (ZZ mg/L)
300	10	30	5					
		50	5					
300	20	30	5					
		50	5					
400	10	30	5					
		50	5					
400	20	30	5					
		50	5					

Вибираються ті умови, які дали найбільший ступінь видалення мутності.

2.3.3 Перевірка роботи коагулянту PAX 18 та вибір оптимальної пари коагулянт-флокулянт.

Перевірку роботи коагулянтів та вибір оптимальної пари проведено в точній послідовності, як це було описано в пункті 2.3.1. Будували графіки залежності видалення мутності від дози різних флокулянтів при сталій дозі коагулянту 50 мкл/дм³. Вибиралась найкраща пара «коагулянт-флокулянт» та доза флокулянту.

Таблиця 2.4 – Умови процесу визначення роботи пари коагулянт-флокулянт

Крок 1 (Коагуляція)			
Швидке перемішування		Повільне перемішування	
Швидкість, об/хв	t, с	Швидкість, об/хв	t, с
400	10	40	300
Крок 2 (Флокуляція)			
Швидке перемішування		Повільне перемішування	
Швидкість, об/хв	t, с	Швидкість, об/хв	t, с
200	10	40	120
Крок 3 (Відстоювання)			
t, с			
600			

Після вибору найкращої пари «коагулянт-флокулянт» проведено дослідження з оптимізацій дози коагулянту за тих саме умов (табл.. 2.4), але при зміні дози коагулянту від 0 до 125 мкл/дм³. Отримуємо діаграму залежності ступені видалення мутності від дози коагулянту(при відомій дозі флокулянту)та вибираємо оптимальну дозу коагулянту (рис 2.3).

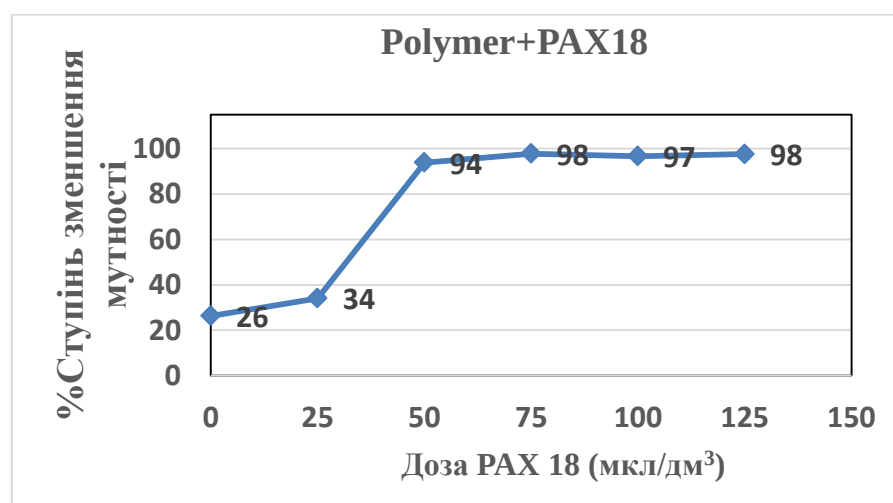


Рисунок 2.3 – Типова діаграма з визначення оптимальної дози коагулянту.

2.3.4 Проведення SF без додавання реагентів та з флокулянтом, коагулянтом, коагулянт-флокулянт

Застосовуючи установку 5, проводимо процес-SF в статичному режимі, при цьому вимірюємо витрату, TSS, мутність в початковій та очищеній воді.

Розраховуємо ступінь видалення зважених речовин, а також гідравлічну продуктивність для кожного типу фільтруючого матеріалу. Умови для проведення процесів визначаємо подібно до пункту 2.2 (Оптимізація умов проведення флокуляції).

Для приведення результатів будуємо графіки залежностей ступеня видалення зважених речовин від розміру отворів фільтру, а також зміни гідравлічної продуктивності від розміру отворів фільтру.

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У лабораторії присутні шкідливі, подразнюючі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини та матеріали, використовується теплова, електрична енергія та енергія хімічних реакцій.

Науково-дослідна робота виконувалася з врахуванням вимог охорони праці, вимог до лабораторного освітлення, електробезпеки та пожежної безпеки.

При виконанні роботи прийняті інженерні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної безпеки. На основі аналізу шкідливих та небезпечних виробничих факторів розроблено заходи щодо оптимізації умов праці на робочому місці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Охорона праці

Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи з охорони праці

Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що виконуються в лабораторії належать до категорії II б (середньої важкості). У таблиці 5.1. наведена характеристика санітарних норм параметрів мікроклімату для хіміко-технологічної лабораторії.

Температура повітря в приміщенні є оптимальною і становить 18 °С в холодний період року та 21 °С в теплий період року. Відповідають нормі також значення відносної вологості повітря та швидкості руху повітря в лабораторії. Тобто мікроклімат приміщення відповідає санітарним нормам. В холодний період року фактичні значення параметрів мікроклімату підтримуються за рахунок використання системи центрального водяного опалення.

У хіміко-технологічній лабораторії використовується вентиляційна система загальнообмінного типу та встановлена витяжна шафа, що представляє собою ковпак великої ємності, всередині якого проводяться роботи зі шкідливими речовинами .

Таблиця 5.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату в лабораторії

Категорія роботи	Період року	Параметри мікроклімату	Нормовані значення мікроклімату	
			Оптимальні	Фактичні
ІІ б	Холодний	Температура, °С	17 – 19	18
		Відносна вологість повітря, %	40 – 60	50
		Швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,2
	Теплий	Температура, °С	20 – 22	21
		Відносна вологість повітря, %	40 – 60	50
		Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,3

У таблиці 5.2 наведена коротка санітарна характеристика приміщення лабораторії.

Таблиця 5.2 – Коротка санітарна характеристика приміщення хіміко-технологічної лабораторії

Назва лабораторії	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, стандарт	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Клас лабораторії згідно з СН 245-71	Санітарна група лабораторного процесу згідно зі СНіП 2.09.04-87
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хіміко-технологічна лабораторія	Залізо (II) сульфат. Внаслідок пересипання утворює багато пилу.	Токсична дія загального характеру, ураження внутрішніх органів та систем організму	0,007	III	Халат ГОСТ 12.4.103-83, напівмаска ГОСТ 12.4.034-85, захисні окуляри	Промивання місця потрапляння реактиву водою.	Візуальний контроль.	V	1a
	Залізо (III) хлорид. Внаслідок пересипання утворює багато пилу.		0,04	II					

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Сульфатна кислота Внаслідок розлиття.	Токсична дія загального характеру. Подразнюючий і шкірно-резорбтивний ефект. Діє на ЦНС.	50	IV	Халат ГОСТ 12.4.103-83, захисні рукавиці	Промивання місця потрапляння реактиву водою, промити слабким розчином лугу	Періодичний контроль за допомогою індикаторних методів аналізу.		
	Аміачна вода. Внаслідок незначиттєвості, в якій зберігається або розлиття	Токсична, подразнююча дія, викликає хімічні опіки, запалення верхніх та глибоких органів дихання.	20	IV	Халат ГОСТ 12.4.103-83, напівмаска ГОСТ 12.4.034-85, захисні окуляри	Промивання місця ураження водою і 2 %-вим розчином оцтової кислоти.	Періодичний контроль за допомогою індикаторних методів аналізу.		
	Стічна вода з станції стічної води. Внаслідок незначиттєвості, внаслідок не закріплення кришки та розлиття.	Токсична, подразнююча дія, викликає хімічні опіки, ураження дихальних шляхів.	5	II	Халат ГОСТ 12.4.103-83, окуляри захисні ГОСТ 12.4.003-80	Промивання місця ураження великою кількістю води, вийти на свіже повітря при вдиханні.	Органолептичний метод		

5.1.1.2 Освітлення робочої зони

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 було визначено, що в лабораторії виконуються зорові роботи IV а розряду. Використовується система природного бокового освітлення, що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішній стіні та система штучного загального рівномірного освітлення. Санітарні норми параметрів освітлення наведені в таблиці 5.3.

Фактичне значення освітленості при використанні штучного освітлення становить 300 лк, що і відповідає нормі.

В якості джерел штучного освітлення використовуються люмінесцентні світильники ВОД з лампами ЛБ, які розміщені у верхній зоні приміщення для здійснення загального рівномірного та загального локалізованого освітлення. Дані світильники за своєю будовою є захищеними від пилу, вологи і хімічно активного середовища. Контроль освітленості проводиться один раз на півроку та після кожного ремонту системи освітлення за допомогою люксметра Ю-116 .

Таблиця 5.3 – Санітарні норми і фактичні значення параметрів освітлення

Середньої точності	Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення				Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість, лк				КПО, е _н , %			
			При системі комбінованого освітлення			При системі загального освітлення	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
			всього	у т. ч. від загального	Фактичне значення					
Va	750	200	300	300	4	1,5	2,4	0,9		

5.1.1.3 Захист від шуму та вібрації

Джерелами шуму та вібрації в лабораторії були витяжні шафи, мішалки, компресори та центрифуга.

Згідно ДСН 3.3.6.037-99 допустимий рівень звуку при виконанні висококваліфікованої роботи, вимірювальної та аналітичної роботи складає 60 ДБА.

Загальний рівень шуму при виконанні науково-дослідної роботи складає 52 ДБА, і, отже, не перевищував допустимі норми. Таким чином, розробляти додаткові заходи щодо зниження рівня шуму немає потреби.

Електробезпека

Згідно з ПУЕ у відповідності до ступеня небезпеки ураження електричним струмом лабораторія належить до приміщень 2 категорії – особливо небезпечні приміщення через наявність фактичного агресивного середовища.

У лабораторії використовується електрообладнання, яке живиться від трифазної чотирьох провідної електромережі змінного струму з частотою 50 Гц та напругою 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю.

Ураження людей електричним струмом можливе при порушенні електроізоляції, коли під напругою можуть опинитися струмопровідні елементи обладнання. У цьому випадку заходом запобігання ураження людей електричним струмом є ізоляція струмопровідних частин. Струмопровідною також є підлога. Для захисту від ураження струмом використовується керамічна плитка.

Ураження людини електричним струмом в умовах робочої зони може виникнути з умов дотику до металевих корпусів обладнання та незаземлених металевих предметів, які опинилися під напругою.

Джерелами ураження електричним струмом є випрямлячі, струмопровідники, а також металевий корпус лінії. Причиною ураження може бути перехід напруги мережі 220 В в ланцюг живлення лінії в результаті порушення цілісності ізоляції.

Розраховуємо силу струму, що проходить крізь тіло людини при одно- і двофазному дотику до струмопровідних елементів, що перебувають під напругою:

$$I_n = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_n + R_o} \text{ мА}. \quad (5.1)$$

де $U_\phi = 220$ – фазова напруга, В;

$R_n = 2000$ – опір людини в самих несприятливих умовах, не враховуючи опір підлоги, Ом;

$R_o = 4$ – опір заземлення нейтралі, Ом.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-84 в нормальному режимі роботи електрообладнання $I = 0,3$ мА, $U = 2$ В, при аварійному – $I = 6$ мА, $U = 36$ В.

$$I_n = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,78 \text{ мА}. \quad (5.2)$$

Напруга дотику:

$$U_o = I_n \cdot R_n = 0,11 \cdot 2000 = 220 \text{ В}. \quad (5.3)$$

Отже, як бачимо розраховані значення I_n і U_o значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог правил будови електрообладнання у приміщенні лабораторії можливі електротравми з тяжкими наслідками.

Оскільки, в умовах лабораторій небезпечною є дія на людину будь-якого відчутного струму, захисту від випадкового дотику піддаються всі струмоведучі частини обладнання незалежно від напруги. В особливо тяжких умовах знаходиться ізоляція електрообладнання, яке знаходиться у витяжній шафі. Тому мережеві шнури з поліхлорвініловою ізоляцією по всій довжині захищені резиновим шлангом.

Для забезпечення електробезпеки використовуються окремо чи у поєднанні один з одним такі заходи та засоби:

- електроізоляція струмоведучих частин;
- електрозахисні засоби: діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки;

— захисне заземлення;

— захисне відключення електроустановок при виникненні в них небезпеки ураження струмом. Під час виконання науково-дослідної роботи використовується апаратура з заземленням I класу, тобто заземлення відбувається автоматично при включенні вилки в розетку.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Атестація робочих місць

Оцінка фактичного стану праці на робочому місці проводиться за даними атестації робочого місця й спеціальних інструментальних вимірів рівнів факторів виробничого середовища, які відображені на карті умов праці робочого місця дослідника (таблиця 5.5).

Дата 25.02.2015

Відповідальний ПетрусВ. В.

Назва дільниці: НТУУ «КПІ», корпус №4, лабораторія № 162

Таблиця 5.5 – Карта умов праці на робочому місці

п/п	Фактори виробничого середовища	Норматив ГДК у робочій зоні	Фактичне значення	Ступінь шкідливості фактора, бали	Тривалість за зміну, Т	Шкідливість фактична, бали
1	2	3	4	5	6	7
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ :					
	Залізо (II) сульфат (III клас небезпеки)	0,007	є/о	1	1	1
	Залізо (III) хлорид (II клас небезпеки)	0,04		1	1	1
	Аміачна вода (IV клас небезпеки)	20	є/о	1	0,8	0,8

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7
	Хлоридна кислота (II клас небезпеки)	5	е/о	1	1	1
2	Мікроклімат у приміщенні:					
	Температура повітря, °С	17 - 19	18	-	1	-
	Швидкість повітря, м/с	0,2	0,2	-	1	-
	Відносна вологість повітря, %	60-40	50	-	1	-
3	Напруженість праці:					
	Увага (% часу зміни)	70	70	-	0,7	-
	Час спостереження за ходом лабораторного процесу без активних дій, % тривалості зміни	20	20	-	0,4	-
4	Освітленість в приміщенні, лк	300	300		0,5	-
5	Виробнича і локальна вібрація	63	32		0,3	-
6	Інфразвук, дБ	-	-	-	-	-
7	Ультразвук, дБ	110	110	-	-	-

Сумарна фактична шкідливість становить 5,43 бали. Розмір доплати до тарифної ставки буде становити 12 %.

Згідно з даними карти умов праці на робочому місці інженера воно підлягає раціоналізації. У відповідних підрозділах наведені засоби і заходи для забезпечення здорових і безпечних умов праці та їх покращення.

5.2.2 Безпека проведення експериментальної частини НДР

Експериментальна частина НДР виконувалася в лабораторіях №162 корпусу №4 Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту». В лабораторії працювало 3 особи, на кожного працівника припадало: площа 20 м² та об'єм 60 м³, що відповідає санітарним нормам.

В експериментах використовувався скляний лабораторний посуд. При порушенні правил роботи з ним можливі механічні порізи шкіри. Особливо небезпечним є посуд, забруднений аміачною водою (в особливості, концентрованим розчином аміаку), соляною кислотою, оскільки при доторканні їх до шкіри можливі хімічні опіки. Не менш важливою є обережність роботи з органічними речовинами (ацетон, декан, олеїнова кислота тощо), особливо не допускається їх зберігання біля електроплитки.

В процесі проведення НДР використовувалися наступні прилади:

- електрична плитка;
- електрична мішалка;
- ультразвукова водяна баня;
- центрифуга.

Для забезпечення безпеки працівника передбачені наступні дії:

- всі роботи проводяться в спеціальному халаті;
- всі досліді з концентрованими речовинами проводяться в витяжній шафі при наявності спеціального одягу і захисних окулярів, перед початком роботи перевіряється наявність руху повітря у витяжній шафі;
- електричні прилади вмикаються у справні розетки;
- в кінці робочого дня вимикають електроенергію і воду;
- обов'язково передбачені медичні аптечки.

Порядок допуску персоналу до самостійної роботи в лабораторії неорганічного синтезу: до самостійної роботи в хімічній лабораторії допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, професійно навчені, пройшли вступний первинний інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки, засвоїли методики виконання науково-дослідної роботи.

Всі хімічні реактиви, що використовуються у науково-дослідній роботі, зберігаються безпосередньо в приміщенні лабораторії. Хімічно чисті реактиви зберігаються в скляній тарі у витяжній шафі. Хімічні реактиви, що піддаються дії світла, зберігаються в склянках, виготовлених з темного скла або обгорнутих чорним папером, в затемненій частині лабораторії. Хімікати в дрібній тарі зберігаються на стелажах відкритого типу. Хімічні реактиви

зберігаються в щільно закритих банках та інших сосудах з наклеєними на них етикетками, на яких вказані точна назва речовини та її характеристика (вогнебезпе́ка, концентра́ція).

Пожежна безпека

Причинами виникнення загорання і вибуху в приміщенні лабораторії можуть бути:

- перенавантаження електрообладнання та його нагрівання;
- коротке замикання при пошкодженні електроізоляції електрообладнання;
- теплова дія;
- механічне пошкодження електромережі;
- накопичення зарядів статичної електрики;
- прямий удар блискавки в будівлю;
- занесення високих потенціалів блискавки в приміщення.

Для усунення причин виникнення загорання і вибуху у лабораторії вживаються наступні заходи і засоби:

- застосування первинних засобів гасіння пожеж — вогнегасників;
- встановлення плавких запобіжників;
- передбачено аварійне відключення установок у випадку виникнення загорання;
- використовуються засоби колективного захисту від статичної електрики згідно з ГОСТ 12.4.124-83, а саме використовується відвід зарядів за допомогою заземлення;
- встановлений блискавкозахист за допомогою стрижньового блискавковідводу.

Показники пожежної та вибухово небезпечних речовин та матеріалів, що знаходяться в лабораторії, наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Показники пожежної та вибухової небезпечності речовин та матеріалів. Класифікація лабораторії пожежо- та вибухонебезпечності

Назва дільниць, приміщень	Речовини, що мають обіг у виробн. ГОСТ	Агрегатний стан речов. в норм. умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо- і вибухо-небезпечності, °С			Вибухоне-безпечні суміші з повітрям		Вогнегасячі засоби	Категорія приміщення за ОНТП 34- 86	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту по влаштуванню грозозахисту згідно з БН 305-77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	Категорія	група				
Хіміко-технологічна лабораторія №133	Деревина	тв.	горить	225	225	260	T3	ПА	ВВ-2, ВВ-5	В	В-16	П-6
	Гума	тв.	горить	-	220	-	T3	ПА	ОУ-5			

З метою зменшення пожежної небезпеки всі конструкції виконані на 90 % з негорючих матеріалів. Електропроводка проведена ззовні витяжної шафи, вимикачі та розетки також знаходяться поза витяжною шафою.

З метою оптимізації процесу пожежогасіння у випадку виявлення полум'я в лабораторії знаходяться первинні засоби пожежогасіння (пожежний інвентар: покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняні тканини, ящики з піском, пожежні відра, совкові лопати; пожежний інструмент: гаки, ломи, сокири тощо; вогнегасники) у спеціально відведеному місці, про місце розташування якого інструктують всіх працівників лабораторії.

Приміщення лабораторії обладнане пожежною сигналізацією, а також в лабораторії розміщено план евакуації при виникненні пожежі.

Аналіз небезпеки об'єкта

Згідно з Положенням «про аналіз небезпеки об'єкта» лабораторія №162 корпусу №4 Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту» відноситься до категорії потенційно небезпечних об'єктів, рівень Б. Згідно з класифікацією пожеж за ГОСТ 27331-87, пожежа відноситься до класу В підкласу В2, який характеризується горінням рідких речовин розчинних у воді (спирт, ацетон та ін.).

Надзвичайні ситуації різняться за характером джерела на техногенні, природні та інші. Ситуації техногенного характеру, як найбільш можливі на території підприємств.

Аварійні ситуації можуть виникнути в разі: ураження електричним струмом, виходу з ладу водопостачання, підвищена загазованість приміщення, розлив розчинів концентрованих реагентів, вихід з ладу механічного та електричного обладнання, займання або самозаймання речовин, вихід з ладу вентиляції та інше. Можливі такі надзвичайні ситуації: пожежа, вибух, хімічні аварії, обвалення будівель, споруд, аварії на комунальних системах (прориви трубопроводів, каналізації, витоки газу, вихід з роботи електросистем)

В разі аварійної ситуації забороняється допускати сторонніх осіб в небезпечну зону, повідомити про те, що сталося керівника робіт. Особи, які зайняті ліквідацією аварій, повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту. При виникненні пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння підручними засобами пожежогасіння. Якщо є потерпілі надавати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати швидку допомогу. Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

Оцінка надійності захисту робітників і службовців об'єкта з використанням захисних споруд за місткістю.

1. Розраховуємо кількість місць $M_{\text{пр}}$ за площею приміщення для укриття людей, виходячи з норми на одну людину: $S_1=0,5 \text{ м}^2$ при висоті $h=2,1-2,9 \text{ м}$, яка дозволяє встановити двоярусні нари.

$$M_{\text{пру}} = \frac{S_{\text{пр}}}{S_1} = \frac{35}{0,5} = 70 \text{ чол.}; \quad (5.4)$$

$$M_8 = \frac{S_{\text{пр}}}{S_1} = \frac{220}{0,5} = 440 \text{ чол.}; \quad (5.5)$$

$$M_{12} = \frac{S_{\text{пр}}}{S_1} = \frac{220}{0,5} = 440 \text{ чол.} \quad (5.6)$$

2. Розраховуємо кількість місць за об'ємом приміщень M_0 . Ця кількість повітря передбачається для забезпечення життєдіяльності людей протягом 3-4 годин на випадок, коли буде порушено повітропостачання. Для цього визначимо об'єм всіх приміщень в зоні герметизації основних і допоміжних.

$$M_{0\text{пру}} = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(35 + 7) \cdot 2,3}{1,5} = 64 \text{ чол.}; \quad (5.7)$$

$$M_{08} = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(220 + 78 + 10) \cdot 2,2}{1,5} = 451 \text{ чол.}; \quad (5.8)$$

$$M_{012} = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(220 + 78 + 10) \cdot 2,2}{1,5} = 451 \text{ чол.} \quad (5.9)$$

3. Порівнюємо кількість місць з площею та за об'ємом і визначаємо фактичну місткість сховищ (менша за значенням):

$$M_{\text{пру}} = \min\{70; 64\} = 64 \text{ чол.}; \quad (5.10)$$

$$M_8 = \min\{451; 440\} = 440 \text{ чол.}; \quad (5.11)$$

$$M_{12} = \min\{451; 440\} = 440 \text{ чол.} \quad (5.12)$$

4. Розраховуємо загальну місткість усіх захисних споруд об'єкта:

$$M_3 = M_{\text{пру}} + M_8 + M_{12} = 64 + 440 + 440 = 944 \text{ чол.} \quad (5.13)$$

5. Визначаємо коефіцієнт місткості захисних споруд об'єкта:

$$K_M = \frac{M_3}{N} = \frac{944}{800} = 1,18. \quad (5.14)$$

6. Визначаємо необхідну кількість нар в кожній захисній споруді. Висота 2,3 м дозволяє встановити двохярусні нари (одні нари на 5 чоловік).

$$H_{\text{пру}} = \frac{M_{\text{пру}}}{5} = \frac{64}{5} = 12 \text{ нар}; \quad (5.15)$$

$$H_8 = \frac{M_8}{5} = \frac{440}{5} = 88 \text{ нар}; \quad (5.16)$$

$$H_{12} = \frac{M_{12}}{5} = \frac{440}{5} = 88 \text{ нар}. \quad (5.17)$$

7. Всього потрібно нар:

$$H = H_{\text{пру}} + H_8 + H_{12} = 12 + 88 + 88 = 188 \text{ нар}. \quad (5.18)$$

Захисні споруди, що є на території НТУУ “КПІ”, дозволяють укрити всіх студентів та робітників корпусу № 4 при найбільшій кількості людей у випадку виникнення надзвичайної ситуації.

Для всіх захисних споруд необхідно придбати 188 двоярусних нар.

Висновки

В умовах постійного збільшення чисельності населення більшість станцій очищення стічних вод зустрічаються з необхідністю збільшення продуктивності очисних систем, маючи в своєму розпорядженні вельми обмежену територію для встановлення додаткового обладнання, або не мають її взагалі. В світі збільшується занепокоєність тим, що скидання неочищених зливових стоків і переливу з каналізації в природні водні об'єкти чинить негативний вплив на навколишнє середовище. Це змушує контролюючі органи зобов'язати більшість муніципалітетів до модернізації очисних технічних споруд. Обмеження території особливо впливає на первинне очищення стічних вод, які в класичному варіанті представлено відстійниками та освітлювачами. Даний тип обладнання потребує значних площ поверхні і досить великої території.

В напрямку вирішення цієї проблеми інтерес представляє досвід компанії Salsnes (Норвегія), яка займається вдосконаленням технології відділення твердих часток шляхом розробки і вдосконалення об'єктів (технології і обладнання) очищення води, тестуванням та реалізацією ініціатив зі збільшення якості очищення води. Даний підхід дозволив компанії сконструювати високоефективний фільтр, який забезпечує максимальне видалення твердих часток при кардинальному зменшенні капіталовкладень, експлуатаційних витрат, затрат на технічне обслуговування при залученні малих площ під встановлення фільтру. Система Salsnes Filter потребує лише 10% площі землі та 30-60% інвестування, необхідних для обладнання традиційної очистки. Система Salsnes Filter здатна затримувати більше 50% зважених речовин і знижувати на 20% вміст БСК.

«Компанія Рів'єра з комунального обслуговування визнала незадовільною продуктивність встановленої на станції системи "micro-scrin" і з урахуванням зростання населення змонтувала систему SalsnesFilter для проведення первинного очищення води. Завдяки ефективному видаленню твердих частинок система SalsnesFilter дозволила відкласти на більш пізній термін витрати на

зведення другого аераційного каналу в розмірі кількох мільйонів доларів і зберегти станцію в існуючих кордонах площі» [18].

Згідно мети та основних цілей даної роботи було проведено літературний огляд принципових положень очищення стічних вод від завислих речовин. Наведені теоретичні основи освітлення води від твердих речовин, а саме проаналізовано основні механізми перебігу процесів коагуляції та флокуляції з урахуванням показників стічних вод (вмісту зважених речовин, pH) та характеристик полімерів (концентрація, густина заряду, молекулярна маса) на ефективність даних механізмів. Проведено критичний аналіз існуючих методів первинної очистки стічної води (видалення завислих речовин) відстоюванням та фільтруванням. Наведені переваги новітніх технологій, які повинні замінити класичні первинні методи очистки води, зокрема системи SalsnesFilter.

Поставлено і вирішено експериментальним шляхом задачу з інтенсифікації процесу фільтрації за системою Salsnes Filter. В результаті визначені полімери Zetag 1, СТ 2, Zetag 3, які продемонстрували кращі показники у порівнянні з іншими реагентами відомих компаній: Kemira, SNF, BASF. Оптимізовані умови фільтраційного процесу на основі критеріального показника G (гідравлічної продуктивності) для вибраних полімерів. Для процесу коагуляції режими дозування реактантів та pH .

Проведена перевірка роботи SalsnesFilter в статичному режимі без реагентів, з флокулянтами, коагулянтами та парою «коагулянт-флокулянт». Отримані дані представлені у вигляді графіків та таблиць, які представляють різницю роботи Salsnes Filter з додаванням реагентів і без них.

Одержані дані дозволили обґрунтувати оптимальні умови інтенсифікації, які задовольняють поставленій задачі (ступінь видалення зважених речовин та гідравлічна продуктивність фільтру) і слугують основою для подальшої оптимізації і інтенсифікації функціонування Salsnes Filter.

На основі отриманої матриці експериментальних даних проведено математичний опис процесу – створено його математичну модель, яка представляє залежність степеню зменшення мутності від характеристик полімерів. За допомогою даної моделі можна стверджувати, що відділення

твердих частин перебігає за змішаним механізмом з перевагою місткового над нейтралізаційним. Статистична обробка підтвердила адекватність складеної моделі.

Модель можна використовувати для первинного вибору нових полімерів, що, в свою чергу, дозволить зберегти час майбутніх досліджень при подальшому пошуку оптимальних полімерів.

Список використаної літератури

1. Герасимов Г.Н. Технический справочник по обработке воды. // Новый журнал - 2007.
2. The Salsnes Filter – [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.salsnes-filter.com>.
3. Экологическое отделение твердых частиц – [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.salsnes-filter.com/products/benefits>.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химических технологий- Москва 1961.
5. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології// Київ НТУУ «КПІ» - 2011.
6. Salsnes Filter AS. Filtration + Separation, Trojan Technology// -Norway 2012.
7. Ruiken C.J. Sieving wastewater e Cellulose recovery, economic and energy evaluation//C.J. Ruiken,G. Breuer// Department of Biotechnology, Delft University of Technology, Julianalaan 67, Delft, The Netherlands.
8. Everything that you need to know about Coagulation and Flocculation// Zeta-Meter//U.S.A – 1993
9. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води// Київ -2005.
10. Водний кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР . Україна –1995.
11. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в дипломних проектах і роботах для спеціалістів і магістрів хіміко-технологічного факультету і факультету біотехнології та біотехніки» [Текст]/ Уклад.: А. Т. Орленко, Н. А. Праховнік, Ю.О. Полукаров – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 62 с.
12. Охрана труда в химической промышленности [Текст]: учеб. для студ. ЮШ.-ТЄХ. спец. / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина, П. И. Софийский, В.

- 13.Беспамятной Г. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде [Текст]/ Справочник/ ред. С. Л. Томарченко. – Л., Химия, 1985. – 528 с: ил. – Библиогр.: с. 515-518. – Предм.указ.: с. 519-527. – 32000экз. – УДК(614,71+614.777)/083.
- 14.Астрелін І.М., Концевой А.Л. Концевой С.А. Методологія наукових досліджень [Текст]: електронне навчальне видання. – НТУУ «КПІ» 2012.
- 15.Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. - К.: Вища шк., 1976. - 184 с.
- 16.Ахназарова О.Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. - М.: Высш.шк., 1978. - 319 с.
- 17.Рузинов Л.П. Статистические методы оптимизации химических процессов. М.:Химия, 1972. - 200 с.
18. Utilities Wastewater Treatment Plant// Case Studies//Alabama – 1993