

Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”  
Хіміко-технологічний факультет  
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення  
та загальної хімічної технології

"На правах рукопису"

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

в/о завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Толстопалова Н.М.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія  
спеціалізації Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення  
на тему: Обґрунтування раціональних режимів очищення стічних вод від ПАР  
та барвників для повторного використання

Виконав студент групи ХН – 81мп Данельська Анастасія Сергіївна  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батько) (підпис)

Науковий керівник доц., к.т.н. Толстопалова Н. М.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

з економіко-організаційних рішень доц., к.т.н. Підлісна О.А.  
(назва розділу МД) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

з охорони праці Ім.І., к.т.н. Полукаров Ю.О.  
(назва розділу МД) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

з наукової частини д.т.н. Мешкова-Клименко Н.А.  
(назва розділу МД) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

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

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Факультет хіміко-технологічний

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної  
хімічної технології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною  
програмою

Спеціальність (спеціалізація) 161 Хімічні технології та інженерія (Хімічні  
технології неорганічних речовин та водоочищення) \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. Завідувача кафедри ТНР, В та ЗХТ

\_\_\_\_\_ Толстопалова Н.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Данельській Анастасії Сергіївні

(прізвище, 2м.'я, по батькові)

1. Тема дисертації Обґрунтування раціональних режимів очищення стічних вод  
від ПАР та барвників для повторного використання

науковий керівник дисертації Толстопалова Наталія Михайлівна к.т.н., 2м.2.

(прізвище, 2м.'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

3. Об'єкт дослідження – процес очищення стічних вод, що містять у своєму  
складі ПАР та барвники за допомогою методів сепарації, коагуляції та  
адсорбції на активованому вугіллі.

4. Предмет дослідження – стічна вода текстильних виробництв, що містить своєму складі ПАР та барвники, розчини барвників різних категорій, активоване вугілля.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проведення пінної сепарації, проведення коагуляції барвників та ПАР із модельної води. Проведення сорбції барвників та ПАР на активованому вугіллі. Визначення якості очищеної води для повторного використання та перевірка на наявність ПАР та барвників.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу: презентація, що містить результати та обговорення експериментальних досліджень.

7. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічний	Підлісна О.А.		
Охорона праці	Полукаров Ю.О.		
Науковий	Мешкова-Клименко Н.А.		

8. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних джерел		
2.	Проведення пінної сепарації для вилучення барвників та ПАР із модельної води.		
3.	Проведення коагуляції барвників та ПАР із модельної води.		
4.	Проведення сорбції барвників та ПАР на активованому вугіллі.		
5.	Визначення якості очищеної води		
6.	Оформлення результатів		

Студент

\_\_\_\_\_ Данельська А.С.

( підпис )

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник роботи

\_\_\_\_\_ Толстопалова Н.М.

( підпис )

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 100 с., 21 рис., 27 табл., 26 посилань.

Об'єкт дослідження – модельні зразки стічних вод, забруднені барвником та ПАР, характерними для текстильної та хімічної промисловості.

Предмет дослідження – механізм та закономірності адсорбційного, коагуляційного та сепараційного очищення стічних вод, забруднених барвником та ПАР.

Методи дослідження – експериментальний, використовувалися хімічні методи аналізу.

Мета роботи полягає у пошуку універсальної технології очищення стічних вод від даних забрудників, за допомогою комбінації декількох методів очистки.

Досліджено закономірності сумісного вилучення барвників та ПАР за різної початкової концентрації, за різним значенням рН та різними методами очистки.

Методи очистки стічних вод від ПАР та барвників можуть бути застосовані в процесах водоочищення на текстильних комбінатах, в легкій промисловості.

БАРВНИК, ПАР, СТІЧНІ ВОДИ, АДСОРБЦІЯ, АКТИВОВАНЕ ВУГІЛЛЯ,  
ПІННА ФЛОТАЦІЯ

## ABSTRACT

Explanatory note 100 pages, 21 figures, 27 tables, 26 references.

Object of the study - model samples of sewage contaminated with dye and surfactants characteristic of the textile and chemical industries.

The subject of the study is the mechanism and patterns of adsorption, coagulation and separation treatment of sewage contaminated with dye and surfactants.

Research methods - experimental, chemical methods of analysis were used.

The purpose of the work is to find a universal technology for wastewater treatment from these pollutants, using a combination of several treatment methods.

The laws of joint extraction of dyes and surfactants at different initial concentrations, different pH values and different purification methods were investigated.

The methods of sewage treatment from surfactants and dyes can be applied in the processes of water treatment at textile mills, in the light industry.

DYE, SURFACTANTS, EFFLUENTS, ADSORPTION, ACTIVATED  
CHARCOAL, FOAM FLOTATION

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	9
1 ОСНОВНА ЧАСТИНА .....	11
1.1 Види ПАР.....	11
1.2 Адсорбція поверхнево-активних речовин на твердих поверхнях .....	13
1.2.1 Адсорбція неіоногенних ПАР.....	13
1.2.2 Адсорбція іоногенних ПАР.....	16
1.3 Поверхнево-активні речовини та забрудненні ними водні об'єкти .....	17
1. 4 Вплив на організми та екосистеми .....	18
1.5 Знешкодження стічних вод, забруднених ПАР .....	18
1.6 Характеристика стічних вод, що містять барвники .....	20
1.7 Очищення стічних вод текстильних підприємств від барвників.....	23
2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	25
2.1 Об'єкти та предмети дослідження.....	25
2.1.1. Барвники .....	25
2.1.2 ПАР .....	26
2.1.3 Оксигідрати алюмінію та заліза .....	27
2.2 Методики дослідження .....	28
2.2.1 Вивчення адсорбції в статичних умовах .....	28
2.2.2. Застосування методу "умовного компоненту" для визначення вільної енергії адсорбції Гіббса .....	29
2.2.3 Вивчення адсорбції в динамічних умовах .....	31
2.2.4 Визначення концентрації адсорбатів методом тонкошарової хроматографії .....	32
2.2.5. Визначення концентрацій НПАВ фотометричним способом по реакції з фосфорномолібденовою кислотою .....	34
2.2.6 Визначення концентрації барвників.....	35
3 РЕЗУЛЬТАТИ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....	37
3.1 Вилучення барвників за допомогою оксигідрату алюмінію .....	37

3.2 Вилучення барвників за допомогою пінної сепарації .....	44
3.3 Застосування активованого вугілля для вилучення барвників .....	46
3.4 Адсорбція ПАР .....	49
3.5 Вилучення ПАР процесом пінної сепарації .....	52
3.6 Адсорбція ПАР на поверхні оксиду алюмінію .....	56
4 ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА .....	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	61
5.1 Охорона праці .....	61
5.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів в умовах виконання експериментальної частини науково-дослідної роботи. Заходи з охорони праці .....	61
5.1.1.1 Повітря робочої зони .....	61
5.1.1.2 Виробниче освітлення .....	63
5.1.1.3. Захист від виробничого шуму .....	64
5.1.1.4. Електробезпека .....	65
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	68
5.2.1 Атестація робочого місця .....	68
5.2.2 Безпека проведення експериментальної частини .....	69
5.2.3 Пожежна безпека .....	70
5.2.4 Аналіз небезпеки об'єкту .....	72
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	76
6.1 Організаційна структура відділення очищення води .....	78
6.2 Технічний контроль на виробництві .....	82
6.3 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва .....	86
6.3.1 Склад основних фондів .....	87
6.3.2 Склад оборотних засобів .....	90
6.4 Розрахунок техніко-економічних показників .....	92
6.5 Ключові фактори успіху проекту .....	93
ВИСНОВКИ .....	96
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	98



## ВСТУП

Забруднення природної води є на теперішній час глобальною кризою екосистеми. Забруднення навколишнього середовища, в тому числі природних джерел та водопостачання, являє собою суттєву проблему, що чинить істотний негативний вплив на здоров'я людини. Екологічний стан водних ресурсів країни в значній мірі забезпечується попередженням скидання токсичних біорезистентних забруднюючих речовин у водойми.

Сьогодні актуальним є питання вилучення барвників та ПАР, що негативно впливають як на організм людини і водні екосистеми, так і на якість води, що ми використовуємо та споживаємо.

Основними джерелами забруднення барвниками та ПАР є підприємства легкої, хімічної, целюлозно-паперової, фармацевтичної промисловостей.

Серед багатьох методів, що використовуються для очищення стічних вод від барвників, ПАР найперспективнішими вважаються сорбційні методи. Як сорбенти широкого використання набули активоване вугілля та синтетичні сорбенти. Однак, використання активного вугілля та синтетичних сорбентів у великому масштабі є економічно невигідно, тому поєднання декількох методів очищення води може вирішити дану проблему.

Хоча очищення промислових стічних вод відбувається на локальних або централізованих очисних спорудах, вони не можуть впоратись із задачею очищення води від даного виду поллютантів, оскільки барвники та ПАР характеризуються складною хімічною будовою і тому не підлягають біохімічній деструкції у водних системах. Технологічні процеси, які традиційно використовуються для очищення виробничих стічних вод, не задовольняють вимогам охорони навколишнього середовища та не призводять до повного знешкодження токсичних інгредієнтів, що містяться в стічних водах.

Отже, беручи до уваги згубний вплив барвників та ПАР на флору і фауну та недосконалість існуючих технологій з їх вилучення, метою магістерської дисертації було наукове та технологічне обґрунтування вилучення ПАР та барвників із стічних вод та повторне використання очищеної води для технічних цілей підприємства

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- визначити кінетичні закономірності та встановити механізм адсорбції з водного середовища полютантів різного генезису (барвників, ПАР) на активованому вугіллі;
- дослідити процес вилучення барвників та ПАР за допомогою методу пінної сепарації;
- розробити принципову технологічну схему вилучення барвників та ПАР для повторного використання водних ресурсів у межах підприємства,
- розрахувати техніко-економічні показники вилучення даних забрудників у водоочищенні.

## 1 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 1.1 Види ПАР

Починаючи з 50-60-х років минулого століття в технічно розвинених країнах стали масово виготовлятися нові хімічні сполуки - синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР). Під цей термін потрапляють різні за структурою і класом речовини, загальна властивість яких - здатність адсорбуватися на поверхні розділів фаз і зменшувати поверхневий натяг.

Важливі області застосування ПАР: виробництво миючих засобів для технічних і санітарно-гігієнічних потреб споживачів, які також необхідні для обробки тканин, шкіри і виробництва лакофарбної продукції. Крім цього, поверхнево-активні речовини застосовують на багатьох технологічних стадіях хімічної, нафтохімічної, хіміко-фармацевтичної, паперової та харчової промисловості. Також, їх використовують як присадки, що поліпшують якість нафтопродуктів, як флотореагенти при флотаційному збагаченні корисних копалин, компоненти гідроізоляційних і антикорозійних покриттів і т.д. ПАР полегшують механічну обробку металів і підвищують ефективність процесів диспергування рідин і твердих тіл. Вони активно використовуються в сільському господарстві у складі інсектицидів та фунгіцидів. Найбільш широка і екологічно важлива область використання ПАР - приготування синтетичних миючих речовин (детергентів) для використання в побуті.

Детергентом вважається така речовина, одна частина якого розчинена у воді, а інша - у вуглеводнях або жирах. Детергенти підсилюють миючу дію води. На відміну від природних детергентів (мила), синтетичні детергенти здатні виявляти миючі властивості навіть у жорсткій воді.

Таким чином, СПАР надходять у природні водойми:

- з господарсько-побутовими стоками;

- з промисловими стоками текстильної, нафтової, хімічної промисловості;
- зі стічними водами пралень господарств та автомийок;
- зі змивами від сільгоспугідь, оброблених хімічними реагентами з емульгаторами (гербіциди, інсектициди, фунгіциди).

Специфічні фізико-хімічні властивості поверхнево-активних речовин сильно ускладнюють відомі методи хімічної і біологічної очистки стоків.

Найбільш високі концентрації синтетичних поверхнево-активних речовин фіксуються в стічних водах від процесів прання і миття різних виробів, пралень, фарбувально-оздоблювальних виробництв, автомийок. Так як до складу цих стічних вод входять аніоноактивні і неіоногенні поверхнево-активні речовини, що найбільш важко піддаються природному біохімічному розкладу [2].

Залежно від властивостей поверхнево-активної речовини при розчиненні у воді і її характеристик, розрізняють наступні види СПАР [3]:

- аніоноактивні;
- катіоноактивні;
- амфолітні;
- неіоногенні.

Аніоноактивні - в воді утворюють негативно заряджені іони. До них відносяться солі сірчаноокислих ефірів і солі сульфокислот (сульфонати). Радикал може бути алкільним, алкілакрільним, алкілнафтільним. У сполуках можуть бути присутні подвійні зв'язки і функціональні групи.

Катіоноактивні - у водному розчині іонізуються з утворенням позитивних органічних іонів. Це четвертинні амонієві солі, які зазвичай складаються з вуглеводневого радикала з прямим ланцюгом (кількість атомів вуглецю - від 12 до 18); метил, етил, або бензильного радикала; атома бром, хлору, йоду або залишку етил- або метилсульфіта.

Амфолітні - виявляють різні властивості в залежності від рН середовища. У кислому розчині вони проявляють катіоноактивні властивості, в лужному - аніоноактивні.

Неіоногенні - у водному розчині не дисоціюють на іони.

За ступенем біохімічної стійкості і структур молекул синтетичні поверхнево-активні речовини підрозділяють на м'які, проміжні і жорсткі. Найлегше окиснюються первинні і вторинні алкілсульфати нормальної будови. У з'єднаннях з більш розгалуженим ланцюгом швидкість окиснення знижується. До числа важкоруйнівних ПАР відносять алкілбензолсульфонати на основі тетрамерів пропілену [2].

## 1.2 Адсорбція поверхнево-активних речовин на твердих поверхнях

Поверхнево-активні речовини (ПАР) поведуться в водних розчинах інакше, ніж більшість інших, розчинених у воді речовин. ПАР при дуже низьких концентраціях знаходяться в вільному молекулярному стані (істинний розчин), а починаючи з деякої критичної концентрації (ККП) відбувається агрегація, випадок коли індивідуальні молекули і міцелярні кластери існують в динамічній рівновазі. Подальше збільшення концентрації ПАР у водному розчині міцели різного розміру і форми концентруються в характерні симетричні структури і утворюють ліотропні ізоморфні фази.

### 1.2.1 Адсорбція неіоногенних ПАР

Неіоногенні ПАР від іншого широкого кола ПАР відрізняються тим, що навіть малі зміни концентрації, температури, молекулярної структури, природа поверхні твердого тіла істотно впливають на їх адсорбцію. Це, перш за все,

пов'язано з тим, що взаємодія "ПАР - ПАР" і "ПАР - розчинник" викликає агрегацію розчиненої речовини в об'ємі або призводить до зміни орієнтації та упаковки ПАР на поверхні.

Схема ймовірних змін орієнтації молекул неіоногенних ПАР показана на рисунку 1.1 [4].

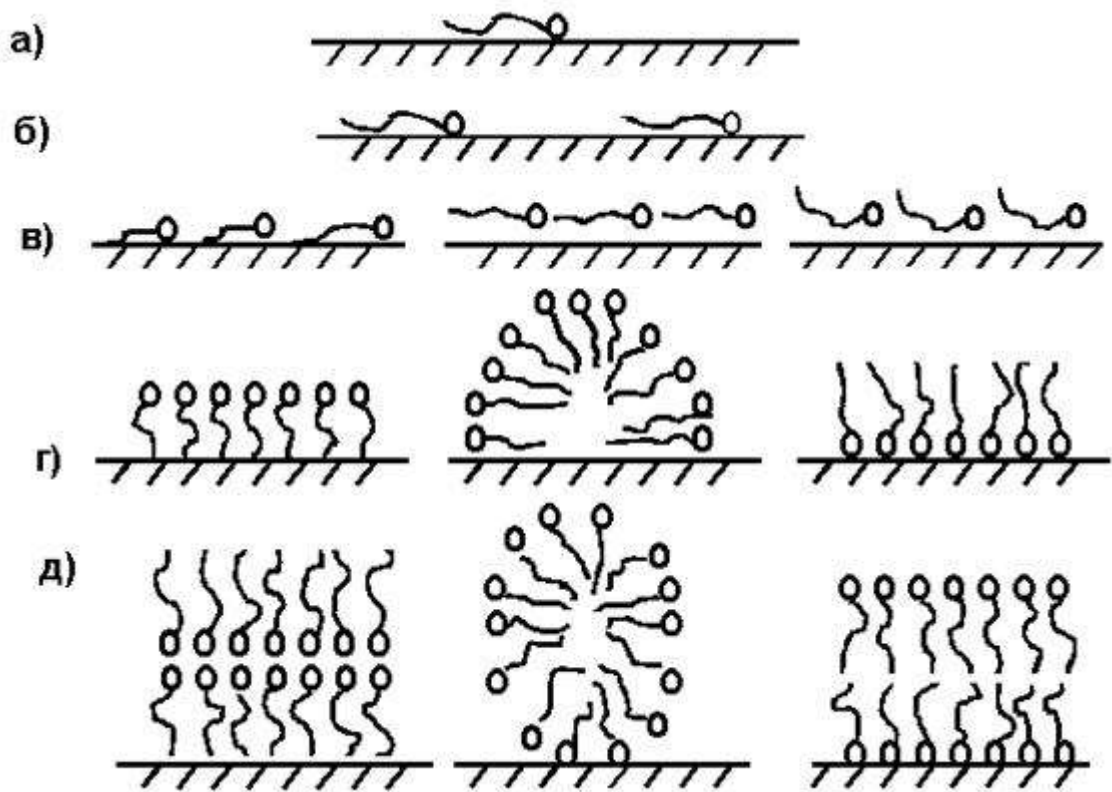


Рисунок 1.1 - Схема ймовірних змін орієнтації молекул неіоногенних ПАР при адсорбції з водного розчину на твердому тілі в міру збільшення концентрації.

На першій стадії адсорбції (а), коли число активних центрів і кількість адсорбованих молекул ПАР дуже мала, взаємодією між молекулами ПАР можна знехтувати. Адсорбція в основному визначається Ван-дер-Ваальсовими силами, в більшості випадків дисперсійними. Взаємодія між твердим тілом і гідрофобним угрупованням ПАР призводить до розташування молекул паралельно поверхні. Якщо молекули при адсорбції розташовуються

паралельно поверхні, то енергія адсорбції збільшується рівними порціями з кожним додатковим атомом в вуглеводневого ланцюга.

У міру заповнення до моношарового насичення горизонтально розташованими молекулами (б) спостерігається поступове зменшення нахилу ізотерми адсорбції. Можна припустити, що ПАР в цьому випадку витіснить більшу частину молекул розчинника з поверхні, але все таки деяка його кількість залишається на активних центрах твердого тіла.

Всі наступні стадії адсорбції визначаються головною роллю взаємодії молекул ПАР один з одним за рахунок гідрофобної взаємодії, яка залежить від природи твердої поверхні і гіпофільно-ліпофільного балансу ПАР (співвідношення полярної і неполярний складових молекули).

Третя стадія адсорбції (в), коли концентрація ПАР в розчині наближається до ККМ, сприяє агрегації ланцюгів адсорбованих молекул. Це викликає вертикальну орієнтацію. При цьому спостерігається різке збільшення кількості адсорбованих молекул, деяка десольватація, витягування скручених молекул за рахунок стиснення головної групи і, в результаті цього, значна щільноупакованість моношару. На неполярних адсорбентах спостерігали утворення напівміцел, на поверхні, при кількостях нижче, ніж ККМ в об'ємі розчину. Це пояснюється тим, що енергія адсорбції метиленової групи майже дорівнює її енергії міцелоутворення. Однак, на полярних адсорбентах, де полярна головна група може досить сильно зв'язується з поверхнею, а вуглеводневий ланцюг відділений від поверхні твердого тіла на значну відстань, для досягнення щільною упаковки знадобиться значно більша концентрація ПАР в розчині, ніж необхідно для ККМ.

Подальше підвищення концентрації неіоногенного ПАР в розчині (г, д) призводить до того, що взаємодії в адсорбційному шарі подібні взаємодії в об'ємі розчину. Теплота адсорбції стає постійною, хоча зі збільшенням

температури адсорбція зростає, так як головні групи стають більш компактними через меншу сольватацію.

### 1.2.2 Адсорбція іоногенних ПАР

Адсорбція іоногенних ПАР на межі поділу «тверде тіло - розчин» має величезне значення, так як визначає стійкість колоїдних систем і регулює змочуваність. Здатність ПАР в створенні стійких колоїдних систем лежить в основі розробки детергентів і антикоагулянтів, фармацевтичних і фарбувальних дисперсій, полімеризації і флотації. Змочування грає важливу роль при очищенні, диспергуванні і флотації, фарбуванні і друкуванні, при використанні пестицидів і гербіцидів.

В процесі адсорбції в разі іоногенних ПАР беруть участь як мінімум 4-х компонентна система, а в разі високих концентрацій ПАР кількість окремих систем може досягати 8-ми, що володіють індивідуальними властивостями. Зміна змочуваності рідиною твердої поверхні при додаванні ПАР визначається не тільки адсорбцією молекул самого ПАР, а й адсорбцією двох інших, що змочуються в системі, межі розділу «газ - тверде тіло» і «газ - рідина».

Основним фактором, що визначає величину адсорбції іонів ПАР на будь-якій межі розділу фаз є електрична взаємодія в області подвійного шару. Таким чином, пояснити процес адсорбції можна тільки в разі, коли відомо, чим зумовлено виникнення поверхневого заряду, величини електростатичного заряду і, звичайно, структура подвійного електричного шару (ДЕШ).

Існує кілька механізмів утворення поверхневого заряду, хоча загальний поверхневий заряд через наявність в розчині протиіонів і електронейтральності системи в цілому дорівнює нулю. Найбільш простими вважаються моделі  $\text{AgI}$ ,  $\text{BaSO}_4$ , де внаслідок переважного розчинення одного типу іонів решітки на поверхні кристала адсорбуються потенціаловизначаючі іони, які не впливають на хімічний потенціал фази [4].



### 1.3 Поверхнево-активні речовини та забрудненні ними водні об'єкти

Хімічними підприємствами світового обсягу виробництва щороку викидається у водний простір понад 100000 т поверхнево-активних речовин [5]. ГДК аніонних ПАР у питній воді становить  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  (ДСТУ 7525:2014), а, згідно з «Правилами прийому стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва» від 17.10.2011 р., прийнятною є концентрація неіонних та аніонних ПАР до  $20 \text{ мг/дм}^3$ , а наявність ПАР катіонного типу є навіть недопустимою. Нормування допустимої концентрації ПАР у такому доволі вузькому діапазоні концентрацій обґрунтована ускладненням очищення стічних вод зі стійким в часі піноутворенням. Значно підвищується тривалість первинної обробки стічних вод у відстійниках та у фільтрах через седиментаційну та агрегативну стійкість стабілізованих ПАР, суспензій, механічних домішок та емульсій маслянистих речовин. Якщо застосувати класичну схему очищення стічних вод, то виникають складнощі у вилученні шламів коагуляційного та флокуляційного залишку. Більшість ПАР мають доволі широкий діапазон негативного впливу на організм людини і водного середовища. Вони додають воді стійкі запахи і присмаки, та стабілізують неприємні запахи, зумовлені іншими сполуками [5].

Стійкість ПАР до біологічного окиснення є причиною накопичення їх у водному середовищі, особливо на дні, що створює небезпеку вторинного забруднення водойм і русла річок. Вони здатні посилювати вплив інших забруднюючих речовин. Як сильні канцерогенні ПАР, так і продукти їх розпаду є токсичними і здатні накопичуватися в організмі і викликати незворотні патологічні зміни. Крім того, ПАР також уповільнюють розпад інших канцерогенних речовин та пригнічують процеси біохімічного споживання кисню, амоніфікації і нітрифікації. Тому, знешкодження стічних вод, що містять поверхнево-активні речовини, становить першочергову необхідність [6].

#### 1. 4 Вплив на організми та екосистеми

Зі зменшенням температури знижується і швидкість окиснення ПАР. За температури навколишнього середовища 0-5°C окиснення в природних водоймах відбувається доволі повільно. Для процесів самоочищення найбільш сприятливе нейтральне або слаболужне середовище – рН 7-9.

У природних водах ПАР погіршують кисневий режим та органолептичні властивості, та через доволі повільні процеси окиснення можуть довготривало шкідливо впливати на екосистему. Також, високе піноутворення - ще один негативний фактор впливу. Вже при підвищених концентраціях ПАР (5-15 мг/дм<sup>3</sup>) у риб зруйновується слизовий покрив, а при більш високих концентраціях - починається кровотеча зябер [7].

Показник БПК для різних ПАР знаходиться в діапазоні від 0 до 1,6 мг/дм<sup>3</sup>. В процесі біохімічного окиснення речовини розпадаються з утворенням вторинних продуктів - спиртів, альдегідів, органічних кислот, а при розпаді ПАР з бензольним кільцем в структурі - фенолів.

Таким чином, синтетичні поверхнево-активні речовини є значущими забруднювачами навколишніх водних середовищ і чинять негативний вплив на організми, що населяють їх [3].

#### 1.5 Знешкодження стічних вод, забруднених ПАР

Очищення стічних вод від ПАР реалізується за допомогою комбінацій різних методів фізико-хімічного очищення: флотації, адсорбції на активованому вугіллі, коагуляції та флокуляції, іонного обміну та біологічного очищення [5].

Флотаційне очищення стічних вод з вмістом ПАР зазвичай використовується при виробництві миючих засобів, де за мету ставиться накопичення ПАР для подальшого фракціонування та відновлення до жирних

кислот. Необхідність утилізації флотаційних концентратів ускладнює флотування стічних вод на водоочисних станціях.

Коагуляційне та флокуляційне очищення СВ ускладнене стабілізуючою дією ПАР. Для дестабілізації водоочисної суспензії пропонується застосовувати полімерні ферумвмісні коагулянти та хлорид кальцію у надлишковій концентрації. Велика тривалість процесу очищення стічних вод, використання потужних виробничих площ та необхідність ведення реагентного господарства ставить під сумнів доцільність застосування даної технології. Крім того, відсутність розробленого способу утилізації шламу коагуляції створює ризик вторинного забруднення навколишнього середовища [8].

Стічні води, забрудненні ПАР різної природи, можна знешкоджувати адсорбцією на порошкоподібному активованому вугіллі з ефективністю не менше 95 %. Особливо легко видаляються з водних систем жорсткі ПАР, які не піддаються біологічному розкладанню. Недоліком адсорбційного очищення активованим вугіллям є висока вартість сорбенту. Додаткове економічне навантаження створює складність фільтрації та регенерації високодисперсного відпрацьованого активованого вугілля. До того ж, стадії регенерації є важко адаптованими до підприємств малої та середньої масштабності, оскільки вимагають використання спеціалізованого апаратурного забезпечення при тривалому періоді повернення першопочаткових капіталовкладень. Тому, зазвичай адсорбційне очищення стічних вод від ПАР активованим вугіллям включають в технологічний процес як стадію доочищення [5].

Для надання тканинам різного кольору та нанесення на них малюнку використовуються спеціальні речовини – барвники. Більша кількість барвників, які зараз застосовуються в текстильній промисловості, за своєю природою належать до синтетичних речовин. Питання безпеки та здатності викликати негативні біологічні ефекти при використанні текстильних матеріалів і одягу, пофарбованого барвниками синтетичного походження, є наразі надзвичайно

важливим. Усі синтетичні барвники класифікують за способом застосування та за хімічною структурою.

За способом застосування в текстильній промисловості барвники розділяють на вісім основних класів. Перші п'ять класів барвників (прямі, сірчисті, азоїдні, реактивні та кубові) використовуються в основному для пофарбування целюлозних волокон, наприклад бавовняних і віскозних. Інші три класи барвників (кислотні, основні та дисперсні) застосовуються для пофарбування і натуральних, і синтетичних волокон.

За хімічною структурою барвники можна розділити на азобарвники та антрахінонові барвники. Азобарвники – це синтетичні сполуки, які не мають натуральних аналогів. Вони мають високу здібність до пофарбування, стійкі до впливу води та інших видів обробки. Антрахінонові барвники – це органічні фарбуючі речовини. Широке розповсюдження антрахінонових барвників пояснюється їхньою хімічною стійкістю та стійкістю до світла. Переважно їх використовують для фарбування синтетичних волокон (капрону, нейлону, ацетатного шовку).

Також під час переробки сировини та виробництва тканин для надання їм таких необхідних властивостей як жорсткість, водовідштовхувальні властивості, незминальність, безусадковість, використовуються спеціальні речовини – апрети. Ці речовини можуть бути складними багатокомпонентними системами, що не завжди повністю вилучаються з виробів і матеріалів на різних етапах технологічного процесу [9].

## 1.6 Характеристика стічних вод, що містять барвники

Барвники - це хімічні сполуки, які мають властивість фарбувати інші матеріали і присутні в розчиненому середовищі.

Одним із найбільших споживачем води високої якості є текстильна промисловість. Щоб приготувати розчини для виварювальних, відбілюючих, фарбувальних, плюсовочних ванн використовується вода з показниками якості, що відповідають вимогам питної води, вона повинна бути зі зниженою жорсткістю (не більше  $0,5 \text{ ммоль/дм}^3$ ) та відсутністю мутності, кольоровості, йонів мангану та феруму [10]. В технологічних процесах витрати води становлять  $100\text{-}200 \text{ дм}^3$  на кілограм готової продукції. Щорічне світове виробництво 4107 тонн текстильних волокон супроводжується утворенням  $(4\text{-}8) \cdot 10^9 \text{ м}^3$  забарвлених СВ.

Стічні води, що забруднені аніонними та катіонними барвниками утворюються на кожному виробничому етапі: первина та остаточна обробка волокон, фарбування. Стічні води з усіх стадій текстильного виробництва накопичуються в одному колекторі, тому вони містять не лише барвники різної природи (стічні води фарбувальних, плюсовочних та промивних ванн), а і реагенти первинної обробки тканини – поверхнево-активні речовини, синтетичні миючі засоби, луги, кислоти, фосфат натрію в широкому діапазоні концентрацій [11].

В Україні контроль скиду органічних барвників до систем централізованого водовідведення (СЦВВ) регламентується показником ХСК, значення якого, відповідно до «Правила прийому стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва» від 17.10.2011 р., не повинно перевищувати  $500 \text{ г/м}^3$ , а, згідно з нормативною документацією для питної води [10], допустимий вміст барвників у воді, придатній для споживання, визначається показником кольоровості води менше 20 градусів хром-кобальтової шкали. Технічні норми стічних вод текстильних фабрик за значеннями показників коефіцієнтів екстинції, загального органічного вуглецю та ХСК наведені у таблиці 1.1 [5].

Виходячи з наведених нормативів, до стічних вод, призначених для скиду до водних об'єктів, висуваються більш жорсткі вимоги порівняно зі стічними

водами, що направляються до СЦВВ. Але, у будь якого випадку, очищені або частково очищені стічні води направляються в річки, озера і водосховища. Тому, стадію очищення стічних вод доцільно реалізовувати на етапі їх утворення – безпосередньо на текстильному підприємстві.

Таблиця 1.1 - Норми скиду стічних вод текстильних підприємств

Показник якості води	Скид до річки барвників	Скид до СЦВВ
Коефіцієнт екстинції, $\text{м}^{-1}$ :		28,0
436 нм (жовтий)	7,0	24,0
525 нм (червоний)	5,0	20,0
620 нм (синій)	3,0	
Загальний органічний вуглець, $\text{мг/дм}^3$	50,0	>70 % здатного до біорозкладу
ХСК, $\text{мг/дм}^3$	150,0	>70 % здатного до біорозкладу

Стічні води, що містять у своєму складі барвники, характеризуються за:

- біотоксичністю, так як це призводить до порушення процесів біорозкладу;
- вмістом важких металів - накопичуються в мулі очисних станцій;
- корозійною активністю тому що аніонні барвники спричиняють корозію;
- значним зростанням величини ХСК;
- забарвленістю.

Дані характеристики стічних вод виробництв, зумовлюють небезпеку мешканцям водойм. Більшість барвників та продуктів їх розкладу є токсичними

та канцерогенними. Саме тому, необхідність очищення стічних вод від барвників безпосередньо на текстильних підприємствах є очевидною.

### 1.7 Очищення стічних вод текстильних підприємств від барвників

На сьогоднішній день очищення СВ текстильних підприємств здійснюється в таких напрямках [5]:

- регенерація барвників зі зниженням кількості стічних вод;
- зниження багатьох витрат на хімічні реагенти для очищення токсичних СВ.

Новітні технології очищення води текстильних підприємств зазвичай організовані на наступних процесах: осадження завислих речовин за допомогою фільтрування, центрифугування або ж відстоювання.

Аеробні процеси біодеградації барвників можуть демонструвати незадовільні результати, так як азо-, кубові та сульфурвмісні барвники дуже стійкі до аеробного біоокиснення. Фактично цей процес знебарвлення стічних вод в аеротенках проходить за рахунок адсорбції барвників на біомасі.

Знешкодження висококонцентрованих стічних вод з барвниками різного складу, забезпечується методами реагентного осадження гідроксидом кальцію та солями феруму або алюмінію.

Процеси коагуляційного та флокуляційного очищення проходять з утворенням великої кількості осадів з вологістю не нижче 75 % та обмеженим біорозкладанням [12].

На підставі представленого літературного огляду можна зробити наступні висновки та окреслити напрямки дослідження в роботі:

– Експериментально дослідити процеси вилучення барвників та ПАР різними методами: реагентним осадженням гідроксидом феруму та алюмінію, адсорбцією на активному вугіллі, пінною сепарацією.

– Через надзвичайну різноманітність виробничих процесів, що призводять до зростання чисельності ПАР та барвників в побутових стічних водах, є актуальним пошук універсальної технології очищення стічних вод від даних забрудників.

– Поєднання адсорбційного очищення на активному вугіллі та пінної сепарації виглядає перспективним напрямком у водоочищенні, адже сприяє створенню екологічно безпечної і економічно доцільної технології очищення стічних вод та з можливістю використання очищеної води у виробничих циклах підприємства.



## 2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Об'єкти та предмети дослідження

Як видно з літературного огляду, наявність поверхнево-активних речовин та барвників є причиною небезпечного екологічного стану і обумовлює необхідність створення ефективних технологій видалення їх із стічних і природних вод. Особливо несприятливими забрудненнями води є неіоногенні ПАР - продукти неповного розкладання яких (алкілфеноли, ароматичні сполуки) виявляють високу токсичність [13]. Ароматичні сполуки в більшості випадків, стійкі до дії різних факторів навколишнього середовища і мають тенденцію до накопичення їх концентрації в наступних ланках біологічного ланцюга [14]. Тому вибір їх в якості об'єктів досліджень є виправданим і доцільним. В якості об'єктів дослідження використовувались модельні розчини стічної води текстильних і хімічних підприємств України з різним вмістом ПАР та барвників.

#### 2.1.1. Барвники

Барвники можна класифікувати за їх хімічним складом (азобарвники, антрахінонові барвники, сірчані барвники, трифенілметанові барвники, індигоїдні барвники, фталоціанінові барвники тощо) або за їх технологічними властивостями фарбування.

Кожен із класів барвників, який зараз використовується для обробки текстилю, має свої специфічні переваги технології фарбування, і тому його неможливо замінити. Наприклад, у разі фарбування целюлози застосовують прямі, реактивні барвники та сірки [9].

У молекулі барвника розрізняють ядро (ароматичне кільце або кілька конденсованих циклів) і хромофори — групу або групи атомів, відповідальних за колір сполуки (це групи, у яких є кратні зв'язки).

Як правило, наявність хромофора ще не гарантує забарвлення сполуки. Забарвлена система — хромоген — являє собою сукупність ядра й хромофора. Колір системи залежить не тільки від того, які елементи її складають, але й від того, у якому порядку вони з'єднуються між собою [15].

Для дослідження використовувались барвники такого виду: прямий коричневий КХ; дисперсний синьо-зелений; дисперсний синій К, дисперсний жовтий 2К, кисло-зелений антрахіноновий, кисло-червоний, прямий блакитний, активний блакитний, активний яскраво-червоний.

### 2.1.2 Поверхнево-активні речовини

Поверхнево-активні речовини — це сполуки, які у водному розчині знижують поверхневий натяг. ПАР характеризуються специфічною структурою: довгий ліпофільний (гідрофобний) вуглеводневий ланцюг із ліпофобною (гідрофільною) групою. Гідрофобна частина є неполярною і не розчиняється у воді, а легко розчиняється в неполярних рідинах. Гідрофільна частина має полярний характер і легко розчиняється у воді. Внаслідок цього ПАР частково розчиняється в органічній фазі, а частково — у водній фазі [16].

Для дослідження вилучення ПАР із водних розчинів використовували такі типи ПАР: аніонні, катіонні, неіонногенні.

### 2.1.3 Оксигідрати алюмінію та заліза

Найбільш придатними сорбентами для процесів водопідготовки є оксигідрати тривалентного заліза (ОГЗ) завдяки їх амфотерним властивостям. Залежно від умов вони проявляють або основні, або кислотні властивості, адсорбуючи як аніони, так і катіони.

Гідроксиди та оксигідрати заліза отримують осадженням лужним реагентом кислих розчинів солей заліза (III). Умови синтезу ОГЗ формують різні поліморфні модифікації [17].

Оксигідрат алюмінію існує у вигляді міцели з подвійним електричним шаром, яка може бути і позитивно, і негативно заряджена: це залежить від кислотності середовища. У кислому середовищі оксигідрати заряджені позитивно, а тому адсорбують колоїдні частинки протилежного знаку і коагулюють разом з ними. Вода при цьому знебарвлюється, так як саме забарвлені гумінові частинки заряджені негативно. Якщо зробити середовище лужним (рН більше 7), то оксигідрати алюмінію стають негативно зарядженими і самі адсорбують позитивно заряджені колоїдні частинки. При цьому утворюються пластівці-агрегати, які, володіючи великою поверхнею, в свою чергу набувають здатності адсорбувати з води розчинені і дисперговані забруднення. Треба відзначити, що пластівці складаються в основному з води, а твердої речовини в них - всього десята частина відсотка [18].

### 2.1.4 Активоване вугілля

Активоване вугілля - пориста речовина, яку отримують з різних вуглець складових матеріалів органічного походження: деревного вугілля (марки активованого вугілля БАУ-А, ОУ-А, ДАК та ін.), кам'яновугільного коксу (марки активованого вугілля АГ-3, АГ-5, АР та ін.), нафтового коксу, шкаралупи кокосових горіхів і інших матеріалів.

Містить величезну кількість пор і тому має дуже велику питому поверхню на одиницю маси, внаслідок чого має високу адсорбційну здатність. Залежно від технології виготовлення, 1 грам активованого вугілля може мати поверхню від 500 до 1500 м<sup>2</sup>. Технічні характеристики вибраного вугілля для проведення дослідів наведено у таблиці 2.1[19].

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики активованого вугілля марки БАУ

Зовнішній вигляд зерна	чорний колір
Розмір зерен (не більше 3,6 мм)	25%
Розмір зерен (не більше 3,6-1 мм)	73-95,5%
Розмір зерен (більше 1 мм)	2%
Адсорбційна активність за йодом	60%
Сумарний об'єм пор (не менше)	1,6 см <sup>3</sup> /г
Насипна щільність (не більше)	240 г/дм <sup>3</sup>
Масова доля золи (не більше)	6%
Масова доля вологи (не більше)	10%

## 2.2 Методики дослідження

### 2.2.1 Вивчення адсорбції в статичних умовах

Для вимірювання величини граничної адсорбції наважку сорбенту механічно змішували з розчинами адсорбтива при постійній температурі +20°C на спеціальному апараті для струшування. Якщо наважка сорбенту мала постійну величину, то застосовували розчини адсорбтиву змінної концентрації, і, навпаки, якщо наважки були змінними, то концентрація розчину, що заливається була постійною. Залежно від поставленого завдання і отримання бажаних результатів застосовували обидва варіанти вимірювання адсорбції. Адсорбційна рівновага в системах активне вугілля - антранілова кислота і

активне вугілля - о-нітрофенол встановлювалася протягом 7 діб, потім тверду фазу відокремлювали від рівноважного розчину фільтруванням через скляний фільтр. Перші порції фільтрату відкидали. Рівноважні концентрації адсорбатів визначали на спектрофотометрі.

Величину адсорбції визначали з виразу [20]:

$$\alpha = \frac{(C_{\text{вих}} - C_{\text{равн}})V}{m}, \quad (2.1)$$

де  $C_{\text{вих}}$  - вихідна концентрація розчину, мг(моль)/дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{равн}}$  - рівноважна концентрація розчину, мг(моль)/дм<sup>3</sup>;

$V$  - об'єм розчину, який використовується в досвіді, дм<sup>3</sup>;

$m$  – наважка сорбенту, мг.

Отримані результати були представлені у вигляді лінійної форми рівняння Ленгмюра:

$$\frac{C}{a} = \frac{1}{a_{\infty}\beta} + \frac{1}{a_{\infty}}C, \quad (2.2)$$

де  $\beta$  - константа адсорбційної рівноваги;

$a$  – величина адсорбції, моль/см<sup>2</sup>

З цієї залежності визначають граничну кількість адсорбованої речовини  $\alpha_{\infty}$ .

#### 2.2.2. Застосування методу "умовного компонента" для визначення вільної енергії адсорбції Гіббса

Метод застосовують для розрахунку ізотерм адсорбції з водних розчинів суміші органічних речовин невідомого складу, сумарну концентрацію яких визначають за величинами хімічного споживання кисню (ХСК) і загального

органічного вуглецю (ЗОВ). Завдання такого роду часто виникає при проектуванні адсорбційних установок для очищення стічних вод підприємств, що включають в себе стічні води різних виробництв.

Величина стандартного зменшення вільної енергії адсорбції показує вплив хімічної будови молекул на енергію адсорбційної взаємодії та відповідно на константу адсорбційної рівноваги.

Величину вільної енергії адсорбції Гіббса, розраховують із наступного співвідношення [20]:

$$-\Delta G_a^0 = R T \ln K_i, \quad (2.3)$$

де  $R$  - універсальна газова стала,

$T$  - температура,

$K_i$  - константа адсорбційної рівноваги.

Якщо один з компонентів системи являє собою речовину невідомого складу, або суму декількох речовин, тоді концентрація і адсорбція повинні бути виражені інтегральним показником - значенням ХСК. У цьому випадку отримана ізотерма являє собою ізотерму "умовного" компонента, що характеризує адсорбційні властивості такої суміші.

Константу адсорбційної рівноваги  $K_i$  представлено рівняннями:

$$K_i = \frac{a_i \varphi_i}{[V_a - a_i(V_{mi} - V_{H_2O})]C_i}; \quad (2.4)$$

$$\frac{a_i \varphi_i}{[V_a - a_i(V_{mi} - V_{H_2O})]C_i} = K_i C_i$$

або представлена в лінійному вигляді:

$$\frac{V_a}{a_i \varphi_i} = (V_{mi} - V_{H_2O}) + \frac{1}{K_i C_i}, \quad (2.5)$$

де  $V_a$  – граничний адсорбційний об’єм сорбенту;

$a_i$  – специфічна адсорбція компонента «і»;

$\varphi_i$  – коефіцієнт;

$V_{mi}$  – молярний об’єм компонента «і»;

$V_{H_2O}$  – молярний об’єм води;

$C_i$  – рівноважна концентрація компонента «і».

У області низьких концентрацій компонента “і” у водному розчині  $\varphi_i$  приблизно дорівнює одиниці. За умови застосування методу "умовного" компонента для розбавлених розчинів, коефіцієнтом  $\varphi_i$  можна знехтувати, так як в даному випадку  $\varphi_i \approx 1$ .

Представивши ізотерму “умовного” компонента в координатах  $V_a/a_i - 10^3/C_i$ , де  $a_i$  і  $C_i$  – специфічна адсорбція та рівноважна концентрація, визначали константу адсорбційної рівноваги ( $K_i$ ) за котангенсом нахилу лінійної ділянки ізотерми

### 2.2.3 Вивчення адсорбції в динамічних умовах

При правильно обраних умовах проведення процесу адсорбційна ємність адсорбенту в динамічних умовах наближається до адсорбційної ємності в статичних рівноважних умовах. Захисна дія шару адсорбенту, що характеризує його активність по відношенню до вилученої речовини, визначається динамічною активністю шару адсорбенту (або опором масопереносу), яка

залежить від природи адсорбуючої речовини і адсорбенту, швидкості фільтрування та концентрації адсорбуючої речовини.

Дослідження адсорбції ОП-10 на вугіллі КАУ проводили на експериментальній установці, представленої на рисунку 2.1. Ефективність процесів вивчали шляхом фільтрування розчину НПАВ з концентрацією  $50 \pm 3$  мг/дм<sup>3</sup> через систему послідовно з'єднаних скляних колонок діаметром  $d = 0,03$  м, з обсягами завантаження, рівними 80 см<sup>3</sup> (шар А1), 110 см<sup>3</sup> (шар В1) і 110 см<sup>3</sup> (В2), відповідно. Продуктивність установки - 200 см<sup>3</sup>/год. Проби фільтрату відбирали після шарів А1, В1 і В2.

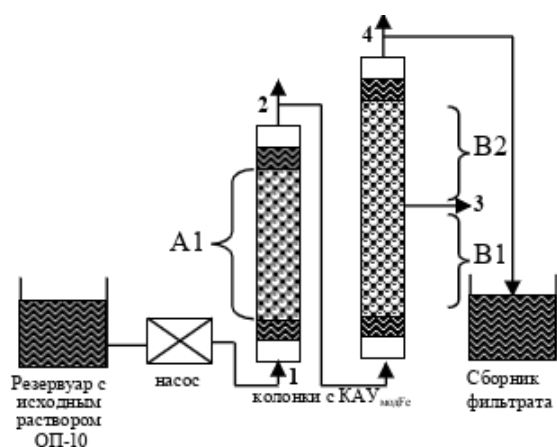


Рисунок 2.1 - Схема експериментальної установки для дослідження адсорбції ОП-10 на активному вугіллі

#### 2.2.4 Визначення концентрації адсорбатів методом тонкошарової хроматографії

Аналіз гомологів з різним ступенем оксиетилюванням здійснювали методом тонкошарової хроматографії (ТШХ) з використанням скляних пластин з силікагелем 60 F254 (Мерк, Німеччина) і спектроденситометра КМ-3 (Оптон, Німеччина). ТШХ - це вид рідинної хроматографії, проведеної на поверхні - шарі сорбенту, нанесеного на підкладку, наприклад, на скляну пластинку.

Методика видалення НПАВ з водних розчинів в органічних розчинниках заснована на екстракції НПАВ з води з хлороформом в присутності висолювача,



осушення хлороформного екстракту, розпарювання екстракту з метою концентрування.

До 50 см<sup>3</sup> проби, що знаходиться в ділильній воронці, додавали 10 г сульфату амонію і 5 см<sup>3</sup> хлороформу, енергійно струшували протягом декількох хвилин, зливали хлороформний екстракт, потім додавали в воронку ще 5 см<sup>3</sup> хлороформу, струшували, зливали хлороформний шар. Об'єднаний хлороформний екстракт фільтрували через шар вати з сульфатом натрію (безводний) в конічну колбу з "витягнутим" носиком - концентратор. Випарювали на водяній бані при температурі не більше, ніж 35 °С (до сухого стану). Потім обмивали стінки концентратора 0,5 см<sup>3</sup> хлороформу. Хлороформний екстракт наносили на хроматографічну пластинку. Безводний сульфат натрію готували прожарюванням семиводного сульфату натрію протягом 3-4 годин у муфельній печі (250 - 300 °С). Як стандартний розчин використовували водний розчин НПАВ (розчин порівняння) відомої концентрації, який піддавали тим же операціям [21].

Якщо концентрація НПАВ не дуже велика, то збільшували кількість проби і реактивів. Проводили екстракцію хлороформом 3 рази по 30 мл з 200 мл води, хроматографували екстракт з використанням в якості стандарту зразка препарату оксиетилізованого алкілфенолу з певною кількістю оксиетильних груп в молекулі.

Платівку для ТШХ промивали розчинником і висушували, відзначали лінію старту (1-2 см від нижнього краю пластинки). Розчин проб в розчиннику наносили у вигляді крапельки мікрошприцем МШ-50 або градуйованим капіляром, в постійному об'ємі хлороформу рівному 0,1 мл, на лінію старту так, щоб відстань між прямими була 1,5 - 2 см. Розмір плями не повинен бути занадто великим (оптимально від 0,1 - 4 мм). Підсушували пластинки природним шляхом або феном для видалення розчинника з платівки. Платівку поміщали в спеціальну закриту камеру, на дно якої був налитий розчинник або суміш розчинників - елюент. Елюент, просочуючись в пористому матеріалі за рахунок капілярних сил, здійснював хроматографічне розділення речовин.

Після підйому елюента на 17 см пластинку висушували (35-40 хвилин) і поміщали на рухомий стіл денситометра, висвітлювали променем з монохроматора зі встановленою довжиною хвилі ( $\lambda = 226$  нм) і реєстрували зменшення сигналу при попаданні променя в зони речовини на платівці.

Індивідуальні гомологи ОП-10 наносили на пластинки з тонким шаром силікагелю 60 F254 (Мерк) за допомогою мікрошприцю МШ-50 (обсяг хлороформу 0,1 мл) з серії розчинів з різною концентрацією. Пластинки проявляли в камері з насиченням в системі толуол / ацетон / вода (30:70:5), висушували протягом 30 хвилин на повітрі і сканували на спектроденситометрі КМ-3. Швидкість руху столика з платівкою 100 мм/хв, паперу реєстратора 300 мм/хв, довжина хвилі  $\lambda = 226$  нм. Апертура скануючої щілини: ширина 0,02-0,1 мм, довжина 14 мм. Масштаб піків був обраний так, щоб вони уклалися в зменшення інтенсивності відбитого сигналу, що не перевищує 50%. Площі піків вираховували за добутком висоти на ширину на половині висоти.

#### 2.2.5. Визначення концентрацій НПАВ фотометричним способом по реакції з фосфорномолібденовою кислотою

У результаті взаємодії з фосфорномолібденовою кислотою відбувається окиснення багатьох сполук, в молекулі яких міститься фенольний гідроксид; фосфоромолібдат при цьому відновлюється до так званої молібденової сині, як наслідок цього з'являється синє забарвлення.

Реактиви: розчин HCl 1: 1; розчин фосфорномолібденової кислоти 10% мас.; розчин роданіда амонію 10% (1 г на 10 мл); розчин хлористого олова.

50 мл розчину, який містить 0,5-0,8 мг/дм<sup>3</sup> НПАВ, переносили в ділильну лійку об'ємом 100 мл. Пробу підкислювали 1 мл розчину HCl і екстрагували

НПАВ 5 мл хлороформу. Нижній шар зливали в суху ділильну лійку (25 мл). У першій воронці проводили повторне екстрагування: додавали 3 мл хлороформу.

У другу ділильну воронку (25 мл) додавали 3 краплі  $\text{HCl}$ , 3 краплі ( $\approx 0,3$  мл) фосфорномолібденової кислоти, 0,3 мл роданіда амонію, 3 краплі розчину  $\text{SnCl}_2$ . Струшували 3 хв і фільтрували розчин через ватку змочену хлороформом, доводили отриманий екстракт до 10 мл. Вимірювання оптичної щільності проводили в фотоколориметрі КФК-2МП зі світлофільтром №4, кювета 1 см. Для побудови калібрувального графіка використовували 0,5; 1,0 ... 5 мл стандартного розчину НПАВ, доводили об'єм розчину хлороформом до 10 мл. Похибка становить відповідно методики не більше  $\pm 4\%$ .

## 2.2.6 Визначення концентрації барвників

Для визначення концентрацій барвників використовували спектрофотометричний метод. Аналіз проводили на приладі Spectrophotometer UV/VIS.

Розчини фотометрували відносно дистилату при довжині хвилі, що відповідає максимуму залежності  $A = f(\lambda)$  на спектрі барвника. Відповідні максимуми становлять: для малахітового зеленого – 613 нм, для конго червоного – 495 нм. Стандартні модельні водні розчини барвників (діапазон початкових концентрацій  $C_0$  10-5000 мг/дм<sup>3</sup>) фотометрували при необхідному розбавленні. Далі будували калібрувальний графік в координатах оптична густина – вміст барвника [22].

Після процесу сорбції відбирали необхідну аліквоту з досліджуваного розчину і переносили в колбу на 100 см<sup>3</sup>, доводили до мітки дистильованою водою. Вимірювали оптичну густина. Користуючись градувальним графіком та враховуючи розбавлення аналізованої проби, знаходили вміст залишкової

концентрації барвника. Розраховували вміст барвника в розчині за формулою [23]:

$$C_p = \frac{C \cdot V_k}{V_{ал}} \quad (2.6)$$

де  $C$  – концентрація барвника, визначена за калібрувальним графіком, мг/дм<sup>3</sup>;

$V_k$  – об'єм колби ( $V_k=100$  см<sup>3</sup>), см<sup>3</sup>;

$V_{ал}$  – об'єм аліквоти, см<sup>3</sup>.

## 3 РЕЗУЛЬТАТИ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

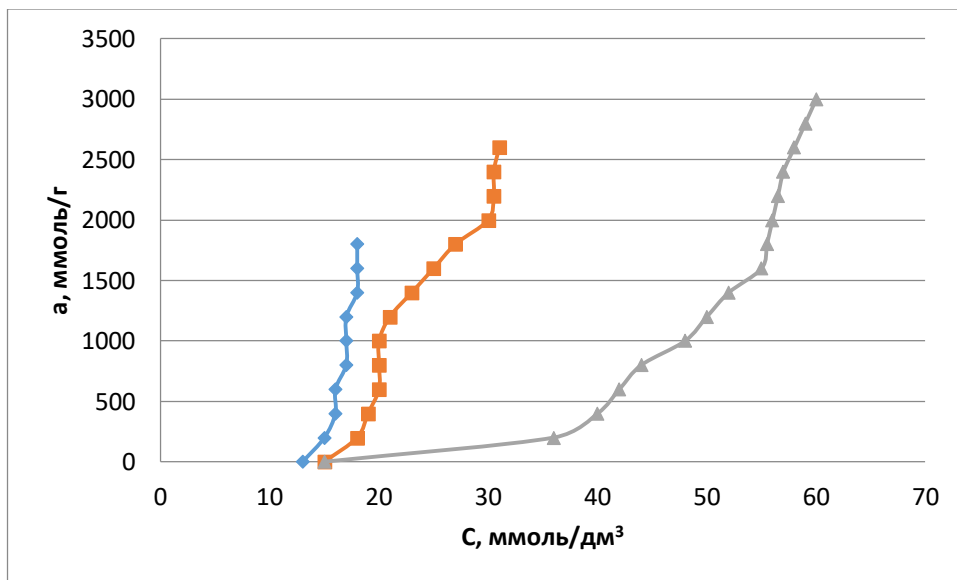
### 3.1 Вилучення барвників за допомогою оксигідрату алюмінію

Використання активованого вугілля для вилучення барвників із стічних вод найбільш ефективний в тих випадках, коли вміст барвників у воді невеликий і потрібна велика глибина її очищення. Тому для попереднього зниження концентрації барвників в стічній воді доцільно використовувати інші методи глибокого доочищення води на вугільних фільтрах. Одним з ефективних методів знебарвлення стічних вод текстильного підприємства є обробка їх коагулянтами. Однак, питома витрата гідратів, за допомогою яких досягається ступінь очищення води, коливається в широких межах внаслідок відсутності відомостей про поведінку барвників різної хімічної будови на поверхнях тривалентних металів.

В дослідах вихідна величина рН розчинів становила 8-9, залишкова – 5-6, що відповідає найменшій розчинності продуктів гідролізу. Залишкову величину рН та вміст барвників в системах вимірювали тоді, коли було виділено практично весь осад.

Осадження барвників в процесі коагуляції продуктів гідролізу іонів алюмінію і заліза може відбуватися як і на пластівцях за механізмом комплексоутворення, так і шляхом осадження в результаті додавання солі. Сорбат, що утворює в процесі коагуляції власну тверду фазу, не повинен мати межі насичення на кривій ізотерми сорбції. Таким чином аналіз форми ізотерми сорбції барвників дозволяє виявити концентраційну область в якій виділення барвника з розчину є результатом їх співосадження з гідроксидами металів. Випадати в осад при додаванні коагулянту буде барвник, що має обмежену розчинність у воді або знаходиться у водному розчині високодисперсних сполук.

На рисунках 3.1 – 3.4 представлені ізоТЕРМИ адсорбції досліджених барвників з водних розчинів на свіжоосадженому гідроксиді алюмінію і заліза в умовах впливу статичної рівноваги.



◆ - прямий коричневий КХ; ■ – дисперсний синьо-зелений; ▲ – дисперсний синій К.

Рисунок 3.1 – ІзоТЕРМИ адсорбції на оксигідраті заліза із водних розчинів при +25°C

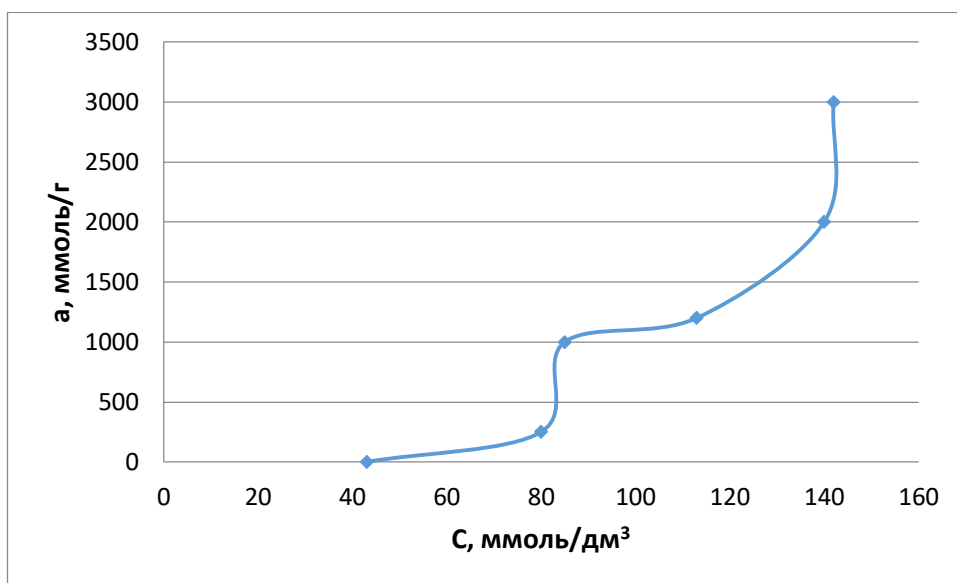
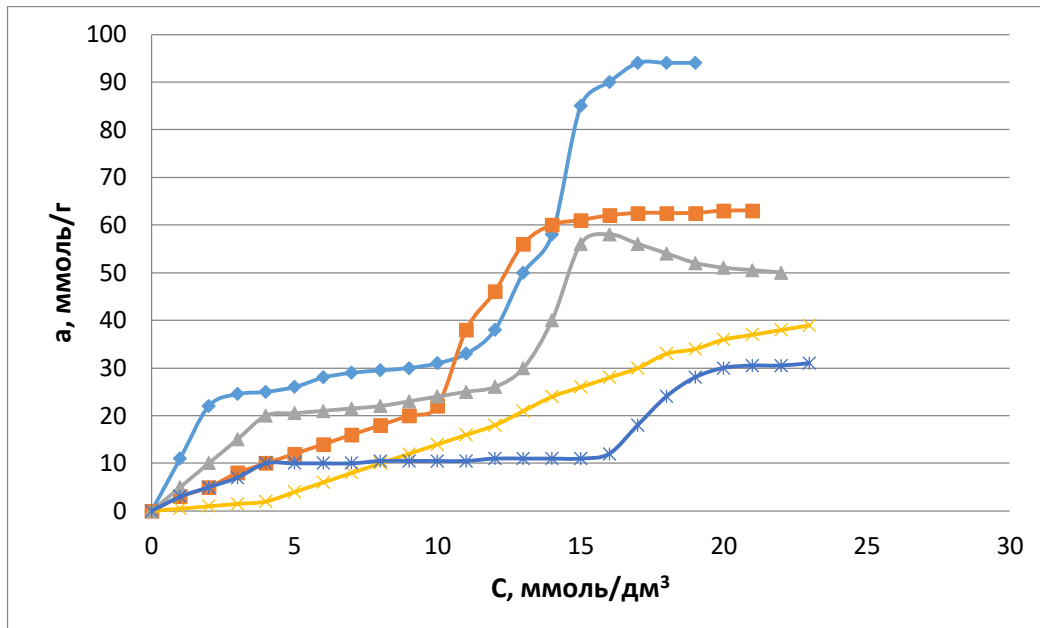
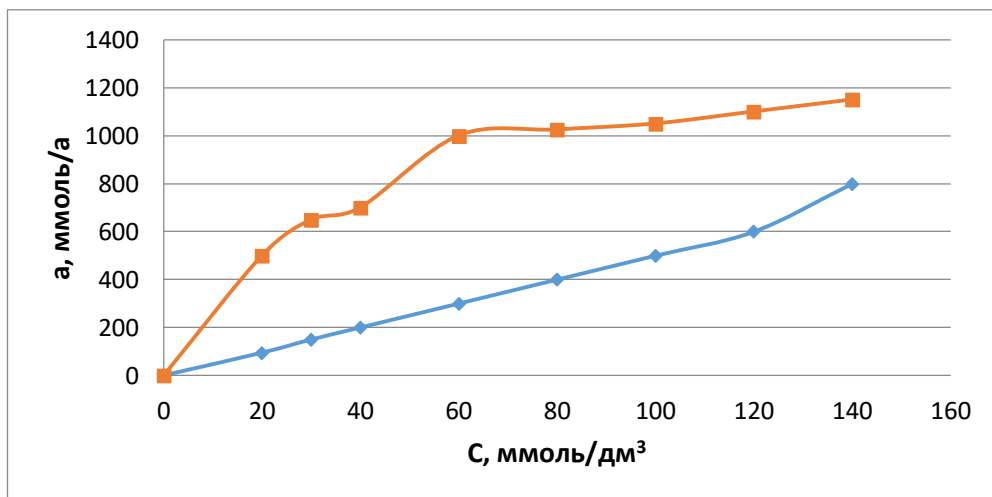


Рисунок 3.2 – ІзоТЕРМА адсорбції дисперсного жовтого 2К на оксигідраті заліза із водних розчинів при +25°C



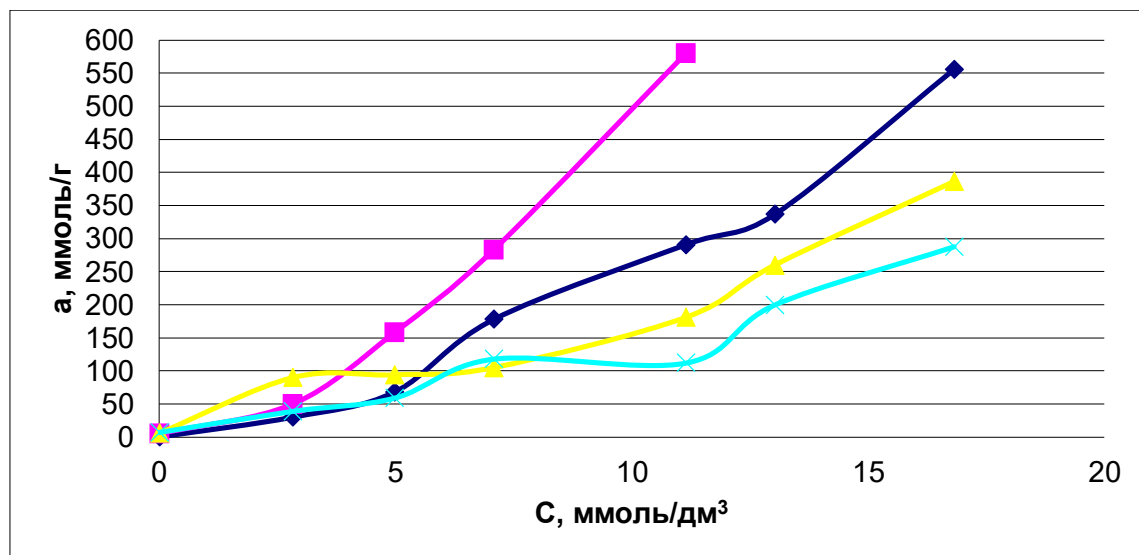
◆ – кислотно зелений антрахіноновий на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; ■ - кислотно зелений антрахіноновий на  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; ▲ - кислотно алий на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; х - кислотно алий на  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; ж – прямий блакитний на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

Рисунок 3.3 – Ізотерми адсорбції на оксигідратах заліза і алюмінію із водних розчинів при  $+25^\circ\text{C}$



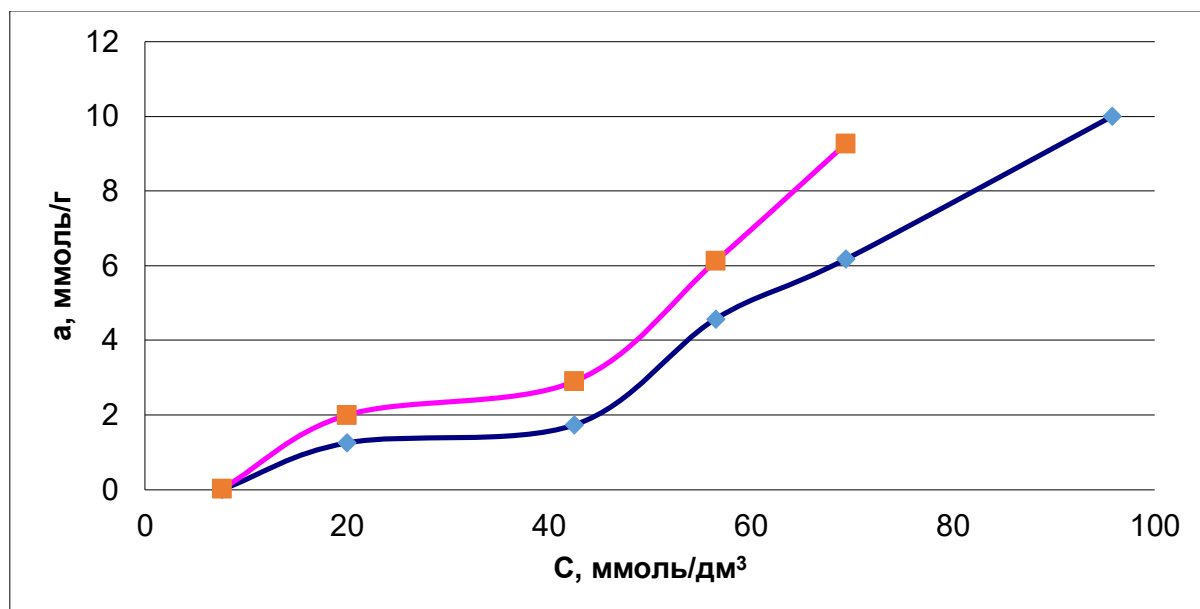
◆ – активний блакитний на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; ■ – активний яскраво-червоний на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Рисунок 3.4 – Ізотерми адсорбції на оксигідратах заліза і алюмінію із водних розчинів при  $+25^\circ\text{C}$



◆ - прямой бордо на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; ■ – прямой бордо на  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; ▲ – кислотний хромово-червоний на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; х - кислотний хромово-червоний на  $\text{Al}(\text{OH})_3$

Рисунок 3.5 - Ізотерми адсорбції на оксигідратах заліза і алюмінію із водних розчинів при  $+25^\circ\text{C}$



◆ – активний золотисто-жовтий на  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; ■ - активний золотисто-жовтий на  $\text{Al}(\text{OH})_3$

Рисунок 3.6 - Ізотерми адсорбції на оксигідратах заліза і алюмінію із водних розчинів при  $+25^\circ\text{C}$



Як і слід було очікувати, дисперсні барвники коагулюють спільно з оксидом алюмінію і заліза. Барвники асоціюються в водних розчинах на осаді оксигідратів без утворення власної твердої фази. Ізотерми адсорбції активного золотисто-жовтого, кислотного хромового червоного, кисло-чорного, прямого бордо і прямого блакитного мають ступінчасту форму, що обумовлено асоціацією органічних іонів на поверхні розділу фаз як і в випадку сорбції на вуглецевому сорбенті. Зростання концентрації барвника призводить до укрупнення асоціатів барвників, що підвищує величину адсорбції. При цьому перегини в ході ізотерм адсорбції барвника на осаді оксиду алюмінію і заліза спостерігається в одних і тих же концентраційних областях. Наявність горизонтальних ділянок на кривих ізотерм адсорбції, тобто області насичення, при невеликих рівноважних концентраціях говорить про те, що при цих рівноважних концентраціях адсорбуються іони барвників і їх асоціації. При високих рівноважних концентраціях, ізотерми адсорбції наведені на рисунках не мають межі насичення, тобто в міру зміцнення асоціатів відбувається їх спільне з оксигідратом алюмінію і заліза осадження.

У всіх випадках адсорбційна ємність пластівців оксиду заліза, що утворився, в 2-3 рази менша. В ємності пластівців оксиду алюмінію внаслідок різності граничної поверхні утворився гелій.

Аналіз початкових ділянок ізотерми сорбції барвників показує дуже істотну різницю в величинах сорбції навіть всередині першого класу барвників. Так адсорбційна ємність оксидів алюмінію і заліза по кислотному хромовому, яскраво-червоному і кислотному чорному приблизно в 7-10 разів перевищує їх ємність по кислотному алому і кислотному зеленому антрахіноновому. Адсорбційна ємність оксигідрату за прямим бордо також висока, як і в випадках кислотного хромового яскраво-червоного і в 8-10 разів вище сорбційної ємності оксигідратів за прямим чисто блакитним. Низькою сорбційною ємністю володіє оксигідрат по відношенню до активного яскраво-червоного.

Основна причина настільки різної сорбційної поведінки барвників навіть всередині одного класу швидше за все полягає в різній хімічній природі полярних замісників барвника. Внаслідок електрохімічної природи взаємодії барвників з оксидами заліза і алюмінію при значеннях рН системи менше 7, краще повинні формувати барвники, що містять в своєму складі в основному негативні радикали. Саме така картина і спостерігається при аналізі ізотерм сорбції. Добре вилучаються барвники кислотний хромовий яскраво-червоний, кислотний чорний, прямий бордо. Оскільки вони містять, в основному, негативні замісники. Наявність поряд з негативними групами такої ж кількості позитивних призводить до значного зниження величини сорбції. Найменша величина сорбції спостерігається для кислотного зеленого антрахінонового, що містить переважно позитивні замісники.

Таким чином, ефективність застосування коагулянтів для знебарвлення стічних вод значною мірою визначається хімічною природою барвників. Найбільш повно видаляються з води погано розчинні барвники, наприклад дисперсні, переважно діазобарвники утворюють у водних розчинах великі агрегати. Для видалення останніх обробку води коагулянтами доцільно проводити при відносно високих концентраціях барвників, коли спостерігається утворення власної твердої фази барвника, поряд з коагуляцією на оксигидратах металів. Видалення до залишкової концентрації таких барвників досить ефективно проводити шляхом сорбції на активованому вугіллі.

Крім барвників неодмінним компонентом стічних вод текстильних підприємств є поверхнево-активні речовини. Тому було перевірено вплив присутності ПАР на ступінь вилучення барвників різного хімічної будови в процесі обробки води коагулянтами.

Результати дослідів залежності ступеня вилучення барвників в присутності ПАР від дози коагулянту представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Залежність степеня вилучення барвника і ПАР від дози коагулянту

Назва барвнику	Доза коагулянту, мг/дм <sup>3</sup>		Ступінь вилучення барвника, %		Ступінь вилучення НПАР, %	
	Al <sup>+</sup> <sup>3</sup>	Fe <sup>+</sup> <sup>3</sup>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
Прямий коричневий КХ	100	150	95	90	30	19
Дисперсний синій	250	100	73	75	29	52
Дисперсний синьо-зелений	200	100	91	90	51	55
Дисперсний жовтий 2К	100	50	64	51	29,5	32
У присутності аніонного НПАР концентрацією 30 мг/дм <sup>3</sup>						
Кислотно чорний	100	50	100	98	100	99
Активно золотисто- жовтий	150	100	78	100	98	100
Активно яскраво- червоний	100	50	76	10	85	93

Як видно з таблиці 3.1, при дозі коагулянту 100-150 мг/дм<sup>3</sup> ступінь видалення прямих дисперсних і кубових барвників, що утворюють тверду фазу в процесі коагуляції, досить висока і становить 90-100%. Барвники, що не утворюють твердої фази витягуються з води в процесі коагуляції гірше. При

цьому ступінь вилучення неіоногенних ПАР у присутності з барвників складає приблизно 14-55%.

Аніонні ПАР, що сорбуються на пластівцях оксигідратів в присутності барвника за механізмом комплексоутворення при вихідному вмісті 30 мг/дм<sup>3</sup> і дозі коагулянту 100-150, видаляються з розчинів практично повністю.

### 3.2 Вилучення барвників за допомогою пінної сепарації

Для ефективного вилучення барвників спільно з ПАР, при пінній сепарації, необхідно створення таких умов, при яких здійснюється утворення поверхнево-активних пар барвників з ПАР. В таблиці 3.2 представлені результати дослідів по вилученню аніонних барвників в процесі пінної сепарації в присутності неіоногенного ПАР. Як видно з таблиці 3.2, в кислому середовищі ефективність пінної сепарації і барвника значно підвищується.

Таблиця 3.2 - Результати пінної сепарації аніонних барвників в присутності катіонного ОП-10

№	Барвник	ПАР	Ступінь переходу барвника в пінний шар, %		
			pH 2	pH 7	pH 9
1	Прямий блакитний	ОП-10	12	3,6	-
2	Кислотно синій	ОП-10	83	44	67
3	Кислотно чорний	ОП-10	82	17	0
4	Кислотно алий	ОП-10	20	12	10
5	Активний червоний	ОП-10	12,5	5	0
6	Активний жовтий	ОП-10	10	0	0

Наявність електростатичної взаємодії можна очікувати і при взаємодії катіонних барвників з аніонними ПАР. Однак, як видно з таблиці 3.3, ступінь вилучення катіонних барвників в присутності аніонного ПАР близько до 100% і не залежить від рН розчину.

Таблиця 3.3 - Результати пінної сепарації катіонних барвників в присутності аніонного ПАР (сулфонолу)

№	Барвник	Ступінь переходу барвника у пінний шар, %		
		рН 2	рН 7	рН 9
1	Метиленовий блакитний	100	100	100
2	Катіонний рожевий	100	100	100
3	Метиленовий фіолетовий	95	96	99

За ступенем переходу барвників в пінний шар можна судити про те, якими причинами обумовлено це явище. В таблиці 3.4 наведено дані про результати пінної сепарації ряду барвників, що використовуються в текстильному виробництві в присутності різних ПАР.

Таблиця 3.4 - Результати пінної сепарації різних барвників в присутності ПАР

№	Барвники	Ступінь переходу барвників у пінний шар					
		ОП-10			Сульфанола		
		рН 2	рН 7	рН 9	рН 2	рН 7	рН 9
1	Кубовий зелений	2,2	15,2	26	7,1		7,7
2	Кубовий рожевий	42	11,6	31	2	6,2	9
3	Дисперсний синій	8	16	0	-	-	-
4	Дисперсний коричневий	17,6	22	-	-	-	-

Як видно з даних, наведених у таблиці 3.4 перехід барвників в пінний шар обумовлений як електростатичними взаємодіями іонних груп ПАР і барвника, так і хімічною взаємодією. В присутності суміші двох типів забруднювачів вибірково вилучаються барвники певної хімічної будови.

Суміш барвників приблизно однаково взаємодіючих з ПАР при пінній сепарації буде переходити в пінний шар в такій же мірі, як і окремі види барвники. Це відкриває можливість для попереднього очищення стічних вод від барвників шляхом пінної сепарації. Зниження вмісту в стічній воді барвників в результаті пінної сепарації дозволить знизити навантаження на адсорбційні фільтри при подальшій доочистці стоків, що містять і барвники.

### 3.3 Застосування активованого вугілля для вилучення барвників

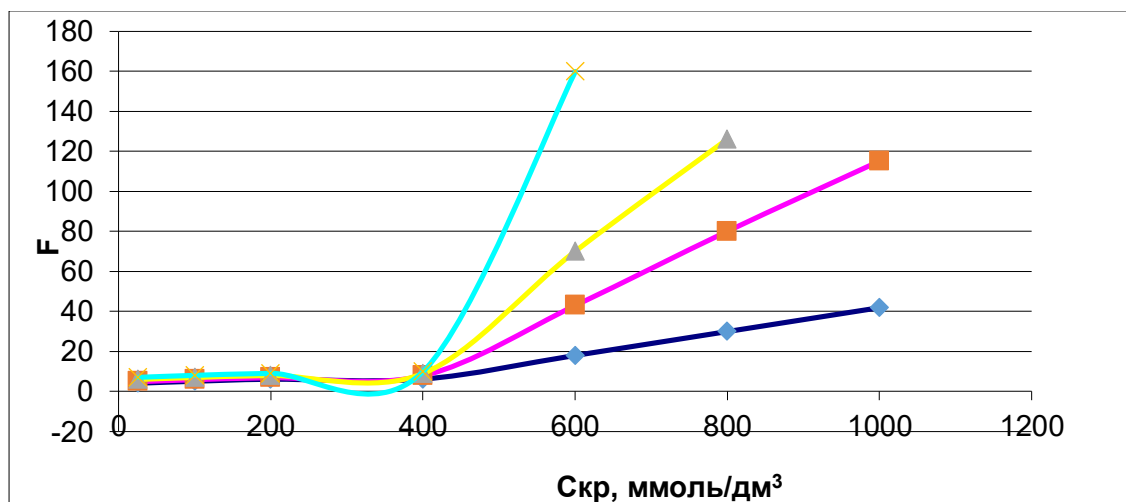
Застосування активованого вугілля для очищення стічних вод текстильних підприємств від барвників забезпечує практично повне видалення з води цих забруднень при відносно невеликій витраті сорбентів, якщо відомі оптимальні режими адсорбційного процесу і межі його застосування.

Дослідження адсорбції барвників на пористих адсорбентах, кам'яному вугіллі, напівкоксу, активованому вугіллі дозволили зробити висновок що поверхня адсорбенту використовується при адсорбції барвника лише частково. Однак, не всі барвники проникають в пори сорбенту. Мінімальна ширина пори повинна дорівнювати подвійній товщині мономолекулярного адсорбційного шару, щоб молекули барвника в просторі могли бути орієнтовані так, як і на непористому сорбенті.

Як об'єкти дослідження були обрані барвники: прямий блакитний, прямий червоний, конка червоний, кислотний синій і активної червоний. Барвники були попередньо очищені від неорганічних солей і перевірено ступінь їх чистоти. Інтервал зміни концентрації барвники в розчині становив  $1,10^{-5}$  -  $1,1^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>. Нормальність хлориду натрію становила 0,025-0,4 моль/дм<sup>3</sup>.

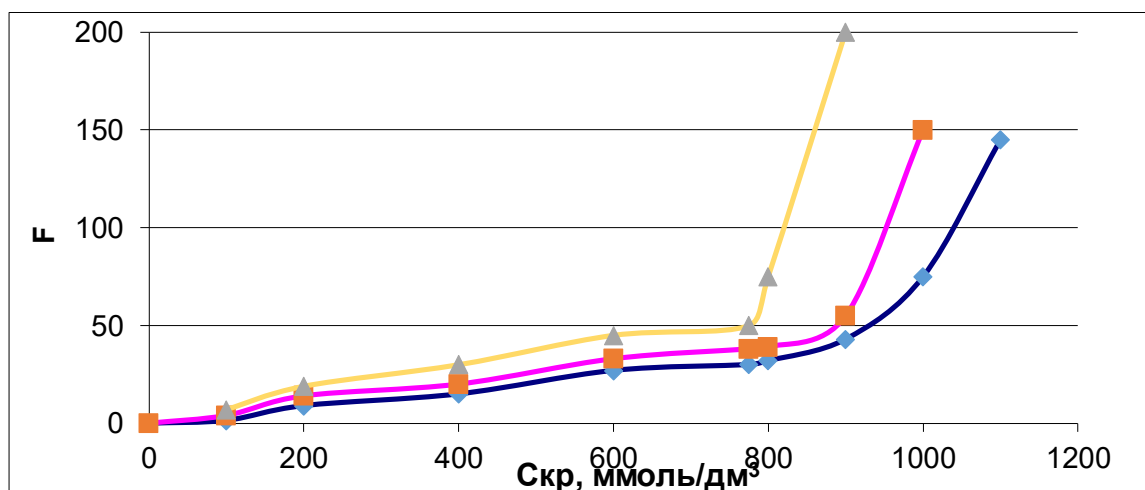
Ступінь дисоціації барвників розраховали шляхом вимірювання коефіцієнтів дифузії при асоціації барвників у водних буферних розчинах полярографічним методом.

Результати вимірювань ступеня асоціації барвників при різних концентраціях електроліту і барвника представлені на рисунках 3.7-3.10



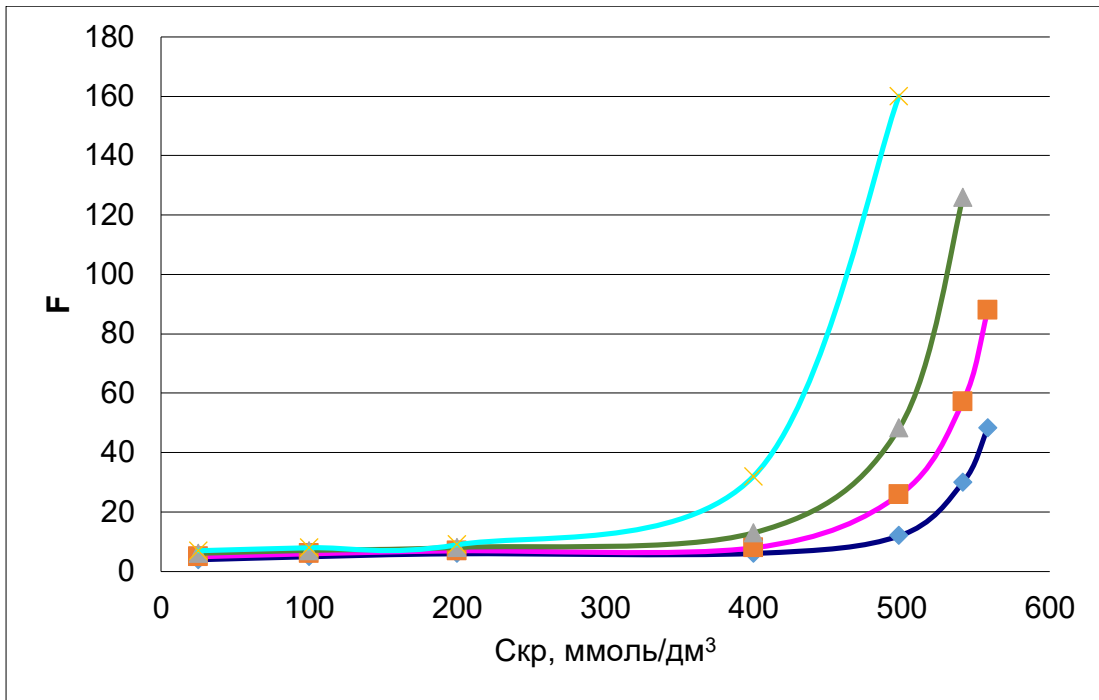
◆ – 0,025 N; ■ – 0,1 N; ▲ – 0,2 N; x- 0,4 N.

Рисунок 3.7 – Залежність фактора асоціації прямого чисто блакитного від концентрації барвника в розчині NaCl



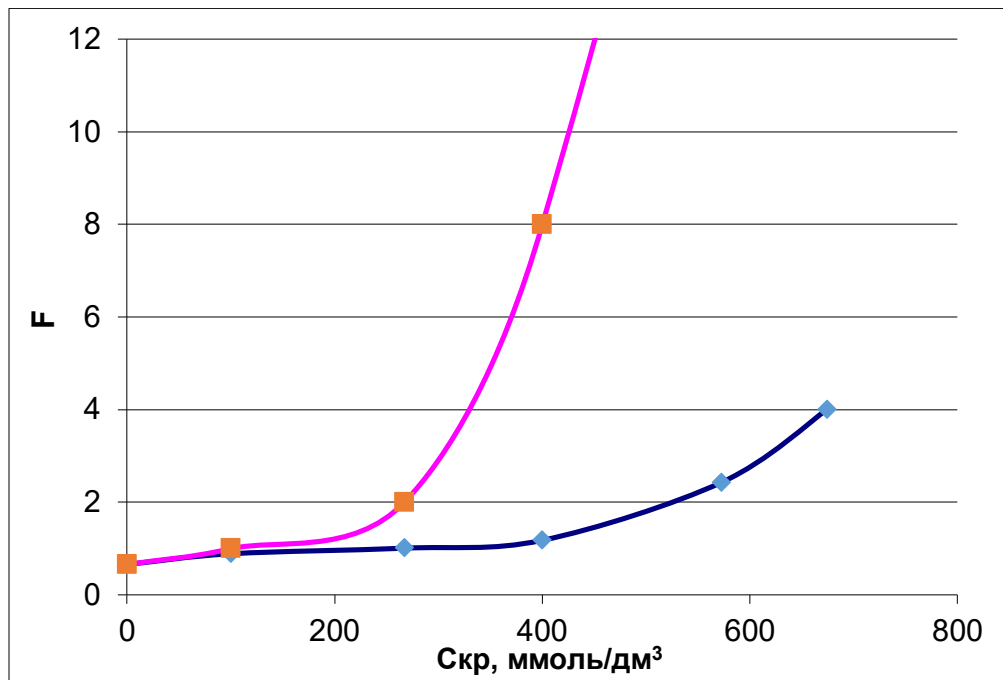
◆ – 0,025 N; ■ – 0,1 N; ▲ – 0,2 N;

Рисунок 3.8 – Залежність фактора асоціації прямого алого від концентрації барвника в розчині NaCl



◆ – 0,025 N; ■ – 0,1 N; ▲ – 0,2 N; X- 0,4 N

Рисунок 3.9 – Залежність фактора асоціації конко червоного від концентрації барвника в розчині NaCl



◆ – активний яскравочервоний в 0,2 розчині; ■ – кислотний синій антрахіноновий в 0,1 розчині

Рисунок 3.10 – Залежність фактора асоціації барвників від концентрації

Як видно з даних, наведених на рисунках, асоціація барвників зростає



при збільшенні концентрації електроліту в розчині і концентрації самого барвника.

Адсорбція барвника прямого чисто блакитного і прямого червоного починається вже в розбавлених водних розчинах при концентрації менших  $200 \text{ ммоль/дм}^3$ , адсорбція конко червоного, кислотного синього, активного яскраво-червоного починається лише при концентраціях, більших  $200 \text{ ммоль/дм}^3$ . Для всіх барвників при певній концентрації електроліту на графічних залежностях спостерігається різкий перегин в ході кривої залежності фактора асоціації від концентрації відповідного різкого зростання при незначній зміні.

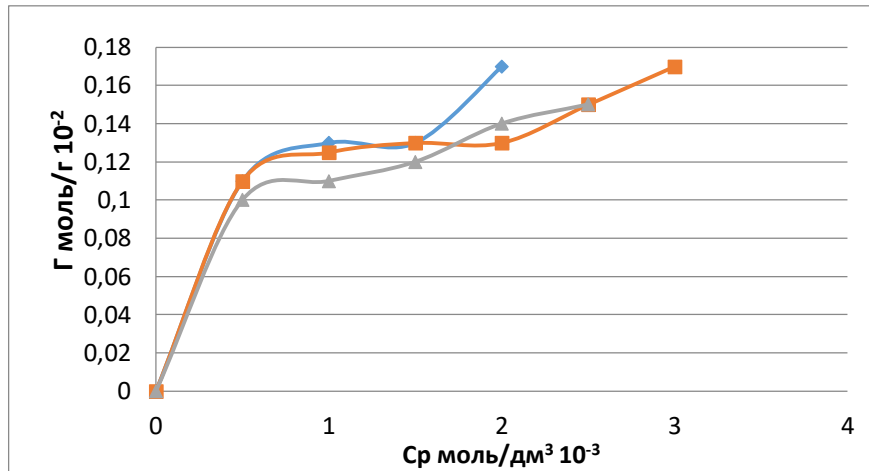
За аналогією з водними розчинами ПАР область різкої зміни фізико-хімічних властивостей водних розчинів барвників яка називається областю критичної концентрації асоціатів, так як і в разі ПАР, утворюються агрегати барвників знаходяться рівноважна з поодинокими іонами.

Найменш агрегований в області критичної концентрації асоціації в наступній послідовності такі барвники: активно яскраво-червоний, кислотний синій.

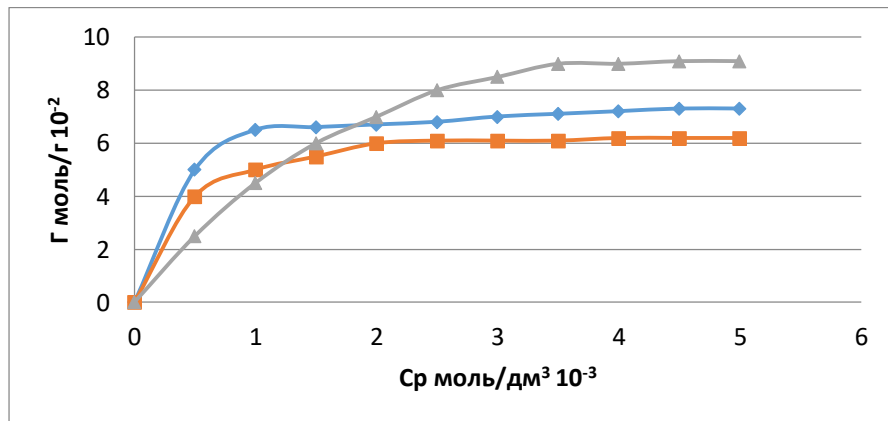
### 3.4 Адсорбція ПАР

Низька адсорбційна ємність активного вугілля по відношенню до ПАР обмежує області їх застосування для глибокого очищення від ПАР розчинами, що містять ПАР в дуже невеликих концентраціях. Однак, при невеликій концентрації ПАР в стічних водах активне вугілля доцільно застосовувати для глибокого очищення води навіть якщо вагова динамічна ємність адсорбенту виявляється низькою, так як жоден інший метод не забезпечує досить повного вилучення поверхнево-активних речовин з водних розчинів. Явище зростання адсорбції ПАР внаслідок асоціації може бути використано в технології очищення води при поєднанні процесу пінної сепарації та адсорбції. Після видалення більшої частини ПАР в флотоконцентрат в процесі флотації вода піддається глибокій доочистці на адсорбційних фільтрах.

На рисунку 3.11 наведені парціальні ізотерми адсорбції метиленового блакитного і додецилсульфату натрію і суміші складу 15 і 25 молей ПАР на 1 моль барвника.



а)



б)

▲ - 15:1 моль НПАВ / моль метиленового блакитного

■ - 25:1 моль НПАВ / моль метиленового блакитного

♦ – ізотерми адсорбції НПАВ і барвника із індивідуальних розчинів

Рисунок 3.11 - Парціальні ізотерми адсорбції: а) додецилсульфата натрію (I) і б) метиленового блакитного на ацетиленовій сажі із суміші

Наведені ізотерми адсорбції метиленового блакитного додецилсульфата натрію з водного розчину, що не містить інших речовин. З рисунка 3.11 видно що присутність катіонного барвника не позначається на величині граничної адсорбції аніонного ПАР, також як і ПАР не знижує величину адсорбції метиленового блакитного.

Таким чином, при адсорбції суміші аніонних ПАР і катіонних барвників з водних розчинів на активному вугіллі явище взаємного витіснення компонентів суміші відсутнє. Це пов'язано з тим, що катіонні барвники, зокрема, метиленовий блакитний з неіоногенними ПАР утворюють поверхнево-активні комплексні сполуки. З таких сумішей здійснюється адсорбція молекул комплексних сполук в цілому.

При розгляді можливості адсорбційного очищення стічних вод текстильних підприємств необхідно брати до уваги все різноманіття складу такого роду стічних вод, що можуть містити до 300 компонентів.

Склад вихідної води наведена в таблиці 3.5. У таблиці 3.6 наведено результати очищення стічної води, що містить суміш аніонних і неіонногенні ПАР, кислотних, дисперсних, активних і прямих барвників через три послідовно сполучені колони.

Таблиця 3.5 – Склад вихідної води

Компоненти	Концентрація мг/дм <sup>3</sup>
Прямий зелений	3
Активний червоний	1,5
Дисперсний червоний	0,5
Їдкий натр	5
Сіль поварена	25
Сода кальцинована	30
Синтанол ОС-10	2,25

Таблиця 3.6 – Результати очистки стічної води, що містила суміш ПАР і барвників через три послідовно сполучені вугільні фільтри

Показники	I колона М=2,2 м Час роботи – 4 год 45 хв	II колона М=2,2 м Час роботи – 4 год 45 хв	III колона М=2,2 м Час роботи – 6 год 45 хв
Вміст НПАР в фільтрі, мг/дм <sup>3</sup>	7,2	0,5	0
Вміст АПАР в фільтрі, мг/дм <sup>3</sup>	1	0,03	0
Вміст прямого жовтого в фільтрі, мг/дм <sup>3</sup>	4,7	0,4	0
Вміст суміші барвників кислотного активного і дисперсного в фільтрі, мг/дм <sup>3</sup>	0,8	0	0

Витрата вугілля може бути значно скорочена, якщо попередньо для очищення стічної води від неіоногенного ПАР і прямих барвників використовувати їх адсорбцію на осаджених пластівцях гідроксидів металів.

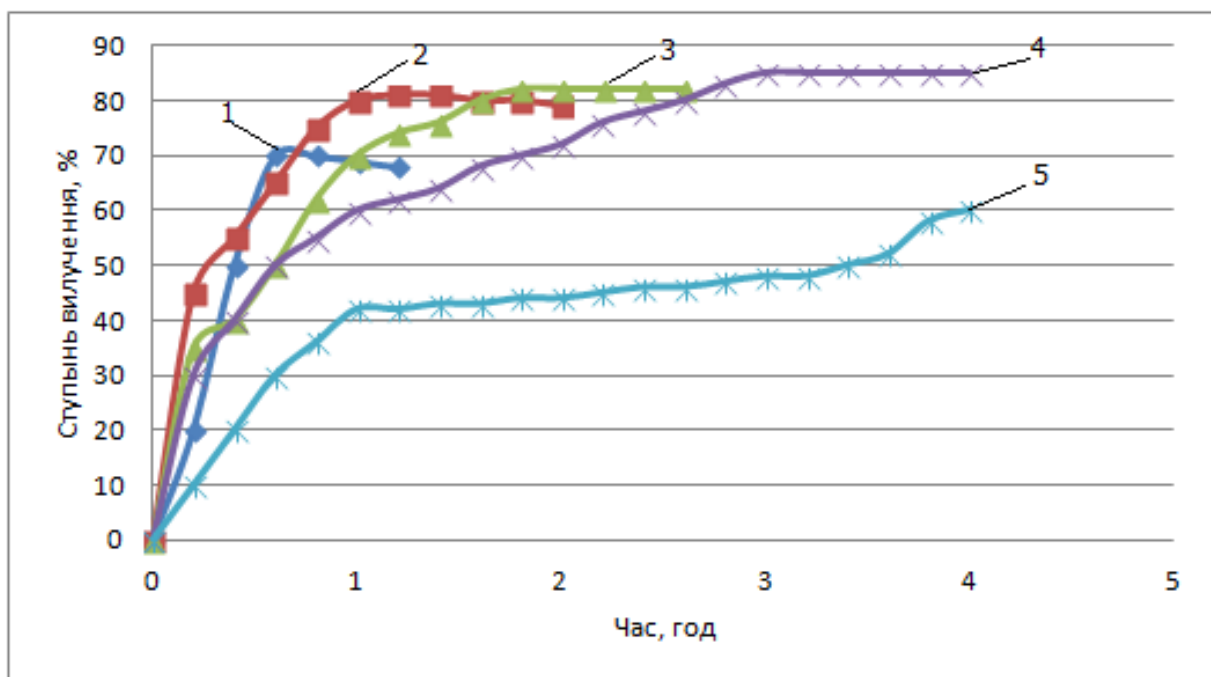
### 3.5 Вилучення ПАР процесом пінної сепарації

На швидкість вилучення ПАР в процесі пінної сепарації істотно впливає хімічна будова речовин, вихідна концентрація ПАР, інтенсивність барботажу повітря, наявності сторонніх домішок у воді.

Для вивчення впливу концентрації та виду розчинених ПАР на швидкість пінної сепарації була досліджена кінетика процесу вилучення неіоногенного (ОП-10), аніонного (сульфазолу) і катіонного (вирівнювача А) ПАР при різному початковому вмісті їх в розчині.

Вихідні концентрації ПАР в розчині змінювали від 10 до 150 мг/дм<sup>3</sup>. Інтенсивність барботажу повітря в дослідах становила 12,1- 14,6 см<sup>3</sup>/см<sup>2</sup>хв.

Повітря барботували через дрібнопористі пластини з розміром пор 12-15 мк. Піна, що утворювалась в процесі барботування, безперервно видалялась з колонки. Повітря продували через розчин до тих пір, поки концентрація ПАР в залишеному після видалення піни об'ємі розчину не знижувалася до постійного значення. Результати дослідів з кінетики вилучення методом пінної сепарації представлені на рисунку 3.12, з якого видно, що швидкість зміни концентрації неіоногенного ПАР в об'ємі розчину практично носить однаковий характер в інтервалі концентрацій від 10 до 300 мг. При цьому рівновага досягається тим швидше, чим нижче концентрація ПАВ у розчині. Після досягнення рівноваги залишкова концентрація ПАР знаходилась в межах 2,5-10 мг/дм<sup>3</sup>.



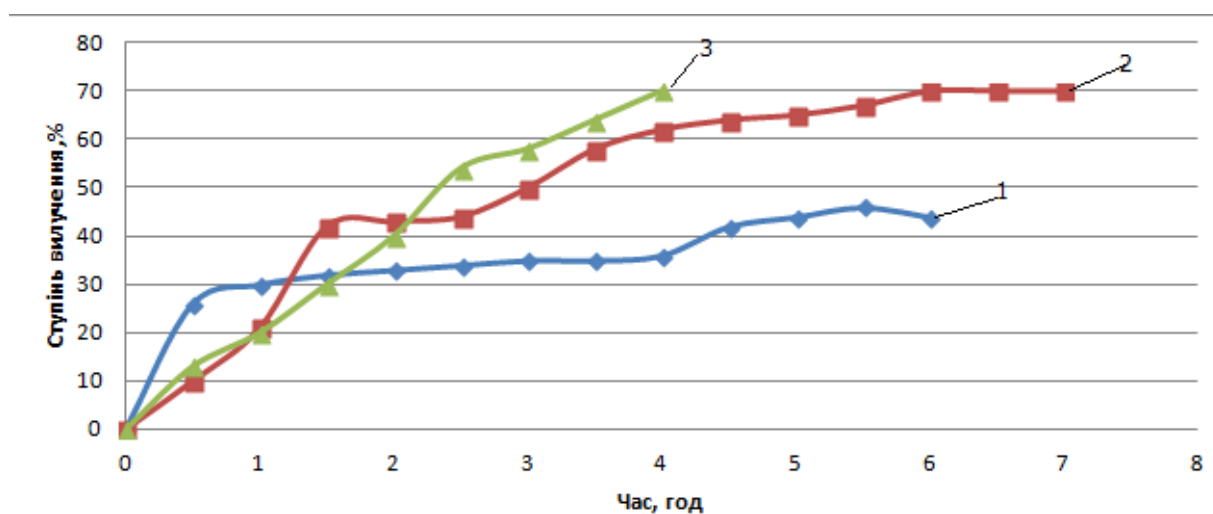
1— концентрація ПАР 50 мг/дм<sup>3</sup>; 2— концентрація ПАР 100 мг/дм<sup>3</sup>; 3— концентрація ПАР 150 мг/дм<sup>3</sup>; 4— концентрація ПАР 200 мг/дм<sup>3</sup>; 5— концентрація ПАР 300 мг/дм<sup>3</sup>

Рисунок 3.12 – Кінетика вилучення неіоногенного ПАР при вихідних концентраціях

При збільшенні концентрації ОП-10 в розчині до 200 мг/дм<sup>3</sup> і вище швидкість його вилучення сильно сповільнюється до тих пір, поки

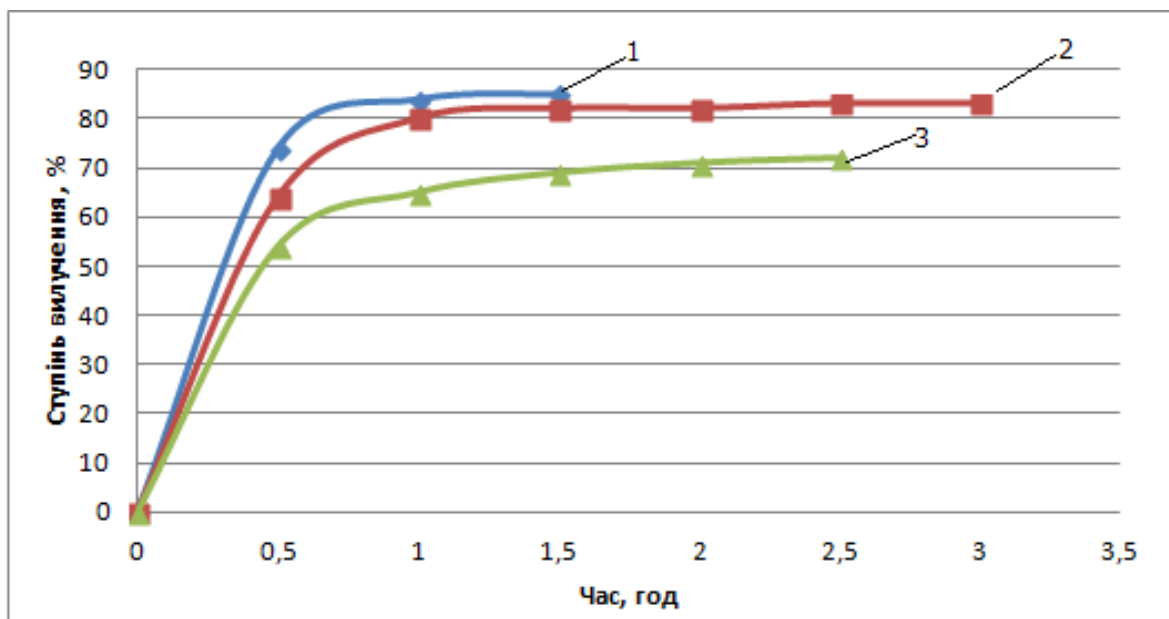
концентрація не досягне величини  $150 \text{ мг/дм}^3$ . Уповільнення швидкості вилучення ОП-10 при підвищенні концентрації пов'язане з асоціацією в обсязі розчину і відповідним зниженням поверхневого натягу, так як критична концентрація міцелоутворення ОП-10 становить  $150 \text{ мг/дм}^3$ . Зсув рівноваги асоціації ПАР в міцелярному розчині в міру переходу окремих молекул в пінний шар призводить до поступового зниження концентрації в розчині аж до концентрації ККМ, де швидкість процесів знову різко зростає.

При досить тривалому часу барботажу повітря (близько 20 годин) вдається досягти того ж ступеня вилучення, що і при більш низьких концентраціях і залишковий вміст ОП-10 в розчині не перевищує  $10 \text{ мг/дм}^3$ . На малюнках 3.13-3.14 наведені результати дослідів з кінетики в пінної сепарації аніонного ПАР - сульфанола і катіонного ПАР – вирівнювача А.



1 – концентрація ПАР  $42 \text{ мг/дм}^3$ ; 2 – концентрація ПАР  $75 \text{ мг/дм}^3$ ; 3 – концентрація ПАР  $300 \text{ мг/дм}^3$

Рисунок 3.13 – Кінетика вилучення аніонних ПАР при різних концентраціях



1 – концентрація ПАР 50 мг/дм<sup>3</sup>; 2 – концентрація ПАР 100 мг/дм<sup>3</sup>; 3 – концентрація ПАР 200 мг/дм<sup>3</sup>

Рисунок 3.14 – Кінетика вилучення катіонних ПАР при різних концентраціях

Як видно з цих рисунків, хід кінетичних кривих вилучення катіонного і неіоногенного ПАР майже не відрізняються. Ступінь вилучення неіоногенного і катіонного ПАР за 20-30 хвилин ведення процесу становить 60-70 %. Швидкість вилучення аніонного ПАР набагато нижче і за цей же час вилучаються всього лише 20-30% сульфанола, а повна рівновага досягається лише через кілька годин.

Використання процесу пінної сепарації ефективно за концентрацій, що не перевищують ККМ. При цьому ПАР, що містять в своєму складі оксиетиленові групи, за 20-30 хвилин переходять у пінний шар на 60-70%. Швидкість вилучення аніонного ПАР на порядок нижче, за швидкість вилучення неіоногенного і катіонного ПАР

Таким чином, при проведенні процесу протягом 30 хвилин та вихідній концентрації ПАР 75 мг в пінний шар переходить 71% вирівнювача А, 48,4% ОП-10 і лише 14% сульфанола.

Зі збільшенням концентрації ПАР (при незмінній інтенсивності барботажу повітря і часу ведення процесу) від 50 мг/дм<sup>3</sup> до 170 мг/дм<sup>3</sup> ступінь вилучення зменшується на 35, 9%.

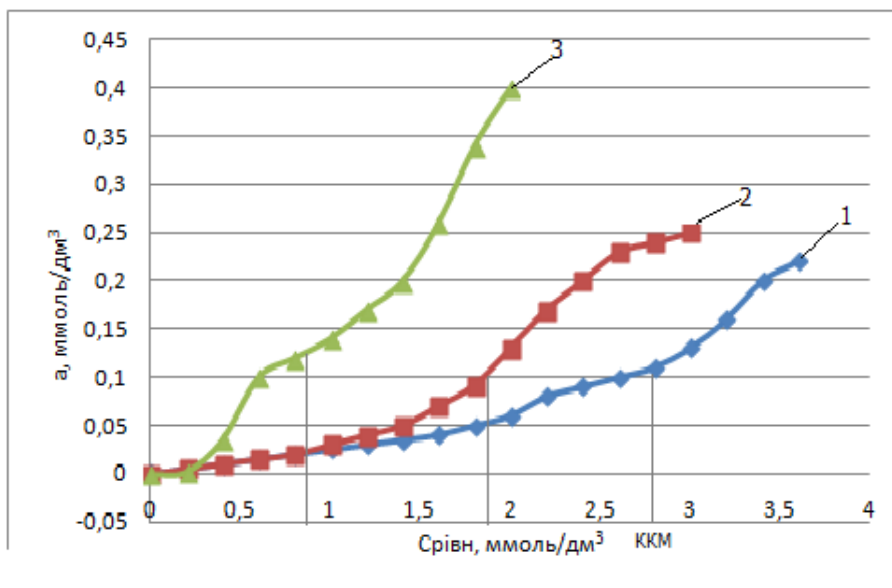
На частку флотоконденсату, що утворюється в процесі, також найбільший вплив робить вихідні концентрації ПАР. Інтенсивність барботажу повітря і час введення процесу впливають приблизно в однаковій мірі.

### 3.6 Адсорбція ПАР на поверхні оксиду алюмінію

Характер адсорбції та будова адсорбційного шару ПАР на поверхні оксиду алюмінію визначається властивостями даного адсорбенту. Активний оксид алюмінію отримується методом термічної дегідратації, що визначає хімічну будову її поверхні. Кількість гідроксильних груп, що знаходяться в складі оксиду алюмінію залежить від температури прокалювання гідроксиду алюмінію при отриманні оксиду, а також від парціального тиску над адсорбентом.

На рисунку 3.15 представлені ізотерми адсорбції алкілсульфатів натрію із водних розчинів на оксиді алюмінію до критичної концентрації міцелоутворення.





1 – октилсульфат; 2 – децилсульфат; 3 - додецилсульфат

Рисунок 3.15 – Ізотерми адсорбції алкілсульфатів на оксиді алюмінію із водних розчинів за  $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при  $\text{pH } 7$

Після настання ККМ спостерігається зростання адсорбції, що обумовлено тривимірною асоціацією у об'ємі розчину і на поверхні розділу фаз. Область ККМ відповідає утворенню насиченого моношару на поверхні розділу фаз.

Базуючись на проведених дослідженнях адсорбції барвників та ПАР, аналізі моделей адсорбції можна зробити наступні висновки:

- ефективність застосування коагулянтів визначається хімічною природою барвників. Барвники, що не утворюють твердої фази витягуються з води в процесі коагуляції гірше (ступінь вилучення неіоногенних ПАР у присутності з барвників складає приблизно 14-55%, аніонні ПАР - видаляються з розчинів практично повністю);
- швидкість зміни концентрації неіоногенного ПАР в об'ємі розчину практично носить однаковий характер в інтервалі концентрацій від 10 до 300 мг. При цьому рівновага досягається тим швидше, чим нижче концентрація ПАВ у розчині;

- використання процесу пінної сепарації ефективно за концентрацій, що не перевищують ККМ. Швидкість вилучення аніонного ПАР на 30% нижче, за швидкість вилучення неіоногенного і катіонного ПАР;
- на частку флотоконденсату, що утворюється в процесі, також найбільший вплив робить вихідні концентрації ПАР. Інтенсивність барботажу повітря і час введення процесу впливають приблизно в однаковій мірі;
- явище зростання адсорбції ПАР внаслідок асоціації може бути використано в технології очищення води при поєднанні процесу пінної сепарації та адсорбції;
- при адсорбції суміші аніонних ПАР і катіонних барвників з водних розчинів на активному вугіллі явище взаємного витіснення компонентів суміші відсутнє.

#### 4 ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА

Для очищення стічних вод, що містять суміші різних ПАР в сумарній концентрації до 200-250 мг/дм<sup>3</sup>, а також завислі, колоїдні домішки, невелику кількість барвника, найбільш ефективно виявляється поєднання процесів пінної сепарації та адсорбційного вилучення ПАР з піноконденсату.

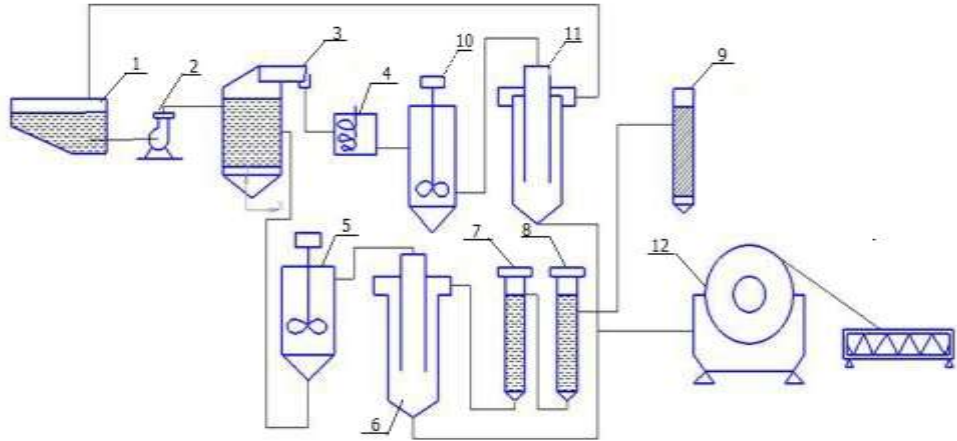
В залежності від переважного вмісту в стічних водах неіоногенних або аніоногенних ПАР змінюється характер сорбентів, що застосовуються для обробки піноконденсату. Характер і концентрація барвників, які знаходяться в стічних водах спільно з ПАР, може істотно впливати на вибір оптимальної області рН для процесу пінної сепарації і для адсорбційної обробки конденсату або безпосередньо піни.

Стічні води підприємства надходять попередньо до усереднювача 1, що дозволяє подавати на очисні споруди воду певного або повільно змінного складу. З усереднювача 1 насосом 2 стічна вода подається на флотатор 3.

Піна з флотатора відводиться в піногасник 4, забезпечений підігрівачем для прискорення руйнування піни. Після сепарації ПАР і частини барвників та флотації суспензії, стічна вода надходить у реактор 5, в який подається розчин коагулянту та вапняного молока. На пластівцях, що утворилися, гідроксиду алюмінію збираються барвники, що залишилися у воді після пінної сепарації. Для відділення пластівців гідроксиду стічні води з реактора 5 направляють у вертикальний відстійник 6, а потім на двошарові вугільно-кварцові фільтри 7 і 8. Якість очищеної води дозволяє повторно використовувати на текстильній фабриці для різних технологічних операцій.

Вода, що була використана для промивки фільтрів, зливається у відстійник 6. Конденсат з піногасника 4 надходить в реактор 10, куди при перемішуванні за допомогою дозатора подається суспензія глини. В реакторі піноконденсат перемішується з глиною протягом 10 хвилин, після чого суспензія надходить у відстійник 11, де вода відділяється від глини і

повертається в усереднювач стічних вод 1. Глиняний шлам з відстійника зневоднюється на вакуум-фільтрі 12.



1— усереднювач; 2 — насос; 3 — флотатор; 4 — піногасник; 5,10 — реактори;  
6, 11 — відстійники; 7,8 — двошарові вугільно-кварцові фільтри; 9 — накопичувач  
води; 12 — вакуум-фільтр

Рисунок 4.1 – Технологічна схема флотосорбційної очистки стічних вод

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Експериментальну частину магістерської дисертацію було виконано з використанням матеріалів і речовин, які можуть бути джерелами шкідливих і небезпечних факторів.

У лабораторії присутні шкідливі, подразнюючі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини та матеріали, використовується теплова, електрична енергія та енергія хімічних реакцій. Передбачено використання електричної енергії, механічного та теплового обладнання, скляного, керамічного посуду.

Всі технічні рішення прийнято з урахуванням вимог охорони праці. В даному розділі на основі аналізу небезпечних та шкідливих факторів розроблено засоби і заходи, направлені на вдосконалення безпечних умов праці, пожежної профілактики та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### 5.1 Охорона праці

5.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів в умовах виконання експериментальної частини науково-дослідної роботи.  
Заходи з охорони праці

#### 5.1.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, роботи, які виконуються в хімічній лабораторії, за витратами енергії належать до роботи легкої важкості Іб. У таблиці 5.1 наведено прийняті гігієнічні норми метеорологічних та санітарних норм параметрів мікроклімату для хіміко-технологічної лабораторії.

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (поверхня приладів, стіни, підлога, стеля), обладнання не повинна перевищувати межі  $(t_{\text{онм}}+2)^{\circ}\text{C}$ , тобто не більше  $26^{\circ}\text{C}$ .

З таблиці 5.1 видно, що мікроклімат в приміщенні лабораторії відповідає нормам ДСН 3.3.6.042-99 тільки у теплий період року, що пояснюється економією коштів на опалення у холодний період року. Для підтримки оптимальної температури в холодний період пропонується вжити заходи із утеплення вікон в лабораторії [24].

Таблиця 5.1 – Величини параметрів мікроклімату

Період року	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху	
	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична
Холодний	21-23	21	40-60	50	0,2	0,2
Теплий	22-24	18	40-60	50	0,2	0,2

Перевірка температури поводитьься за допомогою спиртового термометра, відносна вологість вимірюється за допомогою гігрометра, швидкість руху повітря перевіряється анемометрами. Параметри мікроклімату контролюються один раз на протязі дня. У лабораторії передбачена система водяного центрального опалення для підтримки необхідної температури у холодний період часу і вологості повітря.

У лабораторії встановлена змішана система вентиляції для забезпечення нормативних метеорологічних умов та чистоти повітря. За способом повітрообміну природна вентиляція є загальнообмінною і проводиться через квартирки, вікна і двері. Штучна вентиляція є місцевою і призначена для відведення шкідливих виділень (гази, пари, пил, надлишкове тепло) в місцях їх утворення та видалення їх із приміщення (забір повітря знизу, видалення повітря з верхньої частини будівлі). В лабораторії встановлені дві витяжні шафи, в яких можна працювати з концентрованими кислотами. Вологість повітря становить близько 75%. Для покращення роботи місцевої витяжної системи вентиляції проводять повне технічне випробування з подальшою її реконструкції.

Для нормалізації цих параметрів, рекомендовані наступні заходи: збільшення температури теплоносія в системі опалення, збільшивши підігрів

повітря в міських теплових мережах або встановити додатковий електричний обігрівач. У таблиці 5.2 представлено коротку санітарну характеристику лабораторії.

Таблиця 5.2 – Коротка санітарна характеристика лабораторії

Назва виробничої ділянки	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливої речовини у повітрі, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Лабораторія	кислоти	Специфічна вибіркова токсичність, яка вражає окремі органи-мішені при одноразовій дії (подразнює органи дихання); роз'їдання шкіри, пошкодження очей	5	II	З Халат ГОСТ 12.4.103- 83, респіратор РУ-60М, захисні окуляри	Промити шкіру холодною водою та обробити 2%-вим розчином соди. Промивати око водою впродовж не менше 15 хвилин, широко розкрити повіки пальцями	фотоколориметричний метод аналізу, заснований на взаємодії хлориду з роданідом ртуті

#### 5.1.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-2009 роботи, що виконуються в даній хімічній лабораторії відносяться до групи середньої точності, в якій проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку зору працюючого на робочу поверхню. Використовується природне бокове

освітлення, що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішній стіні та система штучного загального освітлення. У лабораторії можуть проводитися роботи середньої точності IV розряду, підрозряду «а». Санітарні норми параметрів освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Характеристика освітлення

Найменування приміщення	Характер зорової праці	Розряд зорової роботи	Освітленість при штучному освітленні			КПО при природному освітленні, %	КПО при суміщеному освітленні, %
			Комбіноване	Загальне	Фактичне		
Лабораторія	Середньої точності	IVa	750	300	300	1,5	0,9

Фактичне значення штучного освітлення в лабораторії складає 300 лк, що відповідає нормі. В лабораторії для створення сприятливих умов праці передбачено природне і штучне освітлення, за функціональним призначенням передбачено робоче, аварійне, ремонтне, евакуаційне освітлення. Контроль освітленості проводиться один раз на півріччя та після кожного ремонту системи освітлення.

Згідно СН 181-70, стіни й стелі в лабораторії пофарбовані у світло насичені тони з високою відбиваючою здатністю. Устаткування пофарбоване у світлі кольори.

Для покращення освітленості передбачено 2 рази на рік чистити віконне скло від пилу та бруду, проводити заміну відпрацьованих ламп.

#### 5.1.1.3. Захист від виробничого шуму

Джерелом шуму в лабораторії є витяжні шафи, магнітна мішалка та дистильатор. Гранично допустимі рівні шуму та вібрації наведені в таблиці 5.4



Таблиця 5.4 – Гранично допустимі рівні шуму

Тривалість впливу, год	8	4	2	1	0,5	0,25	0,12	0,03	0,01
Гранично допустимі дози, Дб	90	93	96	99	102	105	108	114	120

У лабораторіях при 8-годинному перебуванні рівень шуму не повинен перевищувати 60 дБА, згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Фактичне значення складає 45 дБА, що задовольняє вимогам.

Для визначення рівня шуму в даній хімічній лабораторії використовують шумоміри та частотні аналізатори, завдяки яким вимірюється рівень звукового тиску (шумоміром ВШВ-003) та частотний склад (спектр) шуму (частотним аналізатором). Загальний рівень шуму витяжної шафи, мішалки та дистилятора при виконанні науково-дослідної роботи в хімічній лабораторії складав 53 дБА, що задовольняє норми.

Із сусідніх приміщень проникаючого шуму не реєструється. Рівень вібрації і шуму в лабораторії відповідають усім нормам та вимогам, тому розробляти додаткові заходи не потрібно.

#### 5.1.1.4. Електробезпека

Категорія приміщення лабораторії, згідно ПУЕ, за можливістю небезпеки ураження людей струмом відноситься до класу без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом (І категорії). Підлога в хімічній лабораторії струмонепровідна, приміщення доволі сухе, вологість повітря не перевищує 60%. Електропровідний пил в повітрі відсутній.

Електроприлади живляться від мережі змінного струму з частотою 50 Гц і напругою 220 В. Пускові пристрої, рубильники, розетки, вимикачі захищені від безпосереднього контакту людини з струмопровідними частинами. Опір ізоляції між двома запобіжниками не менше 0,5 МОм. Витік струму через ізоляцію не більше 1 мА. Споживачами електричної енергії є електроплитки, дистилятор, сушильна шафа, спектрофотометр, магнітна мішалка.

Варіантами отримання травмонебезпечних уражень людей електричним струмом є: дотик до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою у результаті порушення ізоляції, при одночасному дотику людини до металевих корпусів електрообладнання і до заземлених газових та водопровідних комунікацій. Для захисту від ураження струмом використовується керамічна плитка.

Допустимі значення струму і напруги:

- у нормальному режимі роботи  $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$  і  $U_{\text{пр}} = 2\text{В}$ , з часом дії до 10 хвилин на добу;
- в аварійному режимі роботи  $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$  і  $U_{\text{пр}} = 36\text{В}$ , при контакті більше 1с.

Причиною ураження може бути перехід напруги мережі 220 В в ланцюг живлення лінії в результаті порушення цілісності ізоляції.

Найчастіше бувають два випадки замикання ланцюга струму через тіло людини: коли вона торкається одночасно до двох провідників (двофазне), і коли вона торкається тільки до одного провідника (однофазне). Перший випадок більш небезпечний, адже до тіла людини прикладається лінійна напруга. Розрахуємо силу струму, який проходить через тіло людини:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{л}}} \cdot 10^3, \text{ мА}, \quad (5.1)$$

де  $U_{\text{л}} = 380$  – лінійна напруга, В;

$R_{\text{л}} = 1000$  – опір тіла людини, Ом.

$$I_{\text{л}} = \frac{380}{1000} \cdot 10^3 = 380, \text{ мА}.$$

При цьому напруга дотику дорівнює:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} = 0,38 \cdot 1000 = 380\text{В} \quad (5.2)$$

Однофазний дотик зустрічається частіше, ніж двофазний, струм, що проходить через тіло людини складає:

$$I_l = \frac{U_\phi}{R_l + R_o} \cdot 10^3, \text{ мА}, \quad (5.3)$$

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

$R_l = 2000$  – опір тіла людини, Ом;

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

$$I_l = \frac{220}{2000 + 4} \cdot 10^3 = 109,8, \text{ мА}$$

При цьому напруга дотику дорівнює:

$$U_d = I_l \cdot R_l = 0,1098 \cdot 2000 = 219,6 \text{ В} \quad (5.4)$$

Порівнюючи значення струмів з допустимими, згідно ГОСТ 12.1.038-82, можна зробити висновок, що вони значно перевищують наведені вище нормативні значення. Отже, при порушенні правил електробезпеки в лабораторії можливі електротравми з важкими наслідками.

При виконанні експериментальної роботи використовуються електроустановки та прилади, що живляться електричним струмом з напругою 220 В. Для захисту від перевантажень електромережа забезпечена приладами автоматичного захисного відключення.

Для захисту від випадкових уражень електричним струмом застосовуються: повна ізоляція всіх струмопровідних елементів та захисне заземлення всіх приладів. У вибухонебезпечних зонах усіх класів передбачено застосовувати електрообладнання хімічно стійкого виконання.

Електрообладнання в лабораторії відноситься до класу 1, тобто має робочу ізоляцію і елемент для заземлення.

## 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.2.1 Атестація робочого місця

Карта умов праці на робочому місці

Підприємство: Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України

Лабораторія: № 307

Відповідальний за заповнення карти: Данельська Анастасія Сергіївна

Дата заповнення: 03.12.2019

Таблиця 5.5 - Карта умов праці на робочому місці експериментатора

№	Фактори виробничого середовища	Норми ГДР; ГДК	Фактичне значення	Ступінь шкідливості фактору X, балів	Тривалість за зміну, Т	Шкідливість фактична ( $X_{\text{фак}}$ ), балів
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> НСІ	5	Експрес оцінка	1	0,5	0,5
2	Шум, Дба	75	60	1	0,3	0,3
3	Мікроклімат у приміщенні: Температура повітря, °С	20-22	22	-	1	-
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,2	-	0,2	-
	Відносна вологість повітря, %	40-60	60	-	0,5	-
5	Напруженість праці: увага(% часу зміни)	51-75	50	-	1	-
6	Освітленість в приміщенні, лк	300	300	-	0,25	-

Сума значень факторів виробничого середовища складає ( $\sum X_{\text{факт}}$ ) – 0,8 балів.  
Розмір доплати за умови праці – 4 %. Робоче місце підлягає раціоналізації.

### 5.2.2 Безпека проведення експериментальної частини

Експериментальна частина НДР виконувалася в лабораторіях Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України. До самостійної роботи в лабораторії № 307 допускаються особи, які досягли 18-ти років і пройшли інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки, професійно навчені.

В експерименті використовуються концентровані неорганічні кислоти, скляний лабораторний посуд, тому роботу передбачено проводити в халаті, кислотостійких рукавичках та захисних окулярах для уникнення хімічних опіків поверхні тіла та механічних ушкоджень.

В процесі проведення НДР використовувалися наступні прилади: електрична плітка, муфельна піч, електрична мішалка, центрифуга.

Задля забезпечення безпеки експерименту в хімічній лабораторії передбачені наступні дії:

- перед початком роботи вмикають витяжну шафу, перевіряють наявність руху повітря у витяжній шафі; всі роботи з їдкими, токсичними та горючими речовинами виконують у витяжній шафі за наявності спеціалізованого одягу й медичної аптечки;
- реактиви, хімічний посуд зберігаються в окремій шафі;
- наприкінці робочого дня вимикають електроенергію, газ і воду.

Всі хімічні реактиви, що застосовуються у даній роботі, зберігаються безпосередньо в приміщенні лабораторії. Хімічно чисті реактиви зберігаються в скляній тарі у витяжній шафі. Хімічні реактиви, що піддаються дії прямого сонячного світла, зберігаються в скляній тарі, виготовлених з темного, непрозорого скла або обгорнутих чорним папером, в затемненій частині

лабораторії. Хімікати, що зберігаються, в дрібній тарі - на стелажах відкритого типу. Хімічні реактиви зберігаються в щільно закритих банках та інших посудинах з етикетками, на яких вказані точна назва речовини та її характеристика (концентрація).

У медичних аптечках на робочому місці передбачені препарати, що застосовуються при опіках чи отруєннях. Аптечка знаходиться на видному місці, на столі завідуючого лабораторією. Верхній одяг зберігається в спеціальній шафі. Під час обіду їжа приймається в спеціально відведеному приміщенні.

### 5.2.3 Пожежна безпека

Лабораторія за ступенем пожежо-, вибухонебезпечності відноситься до категорії "Г", за ступенем вогнестійкості - 2 клас.

Імовірні джерела займання: коротке замикання в мережі електричного струму і електрообладнання, механічне пошкодження електромережі, невиконання правил пожежної безпеки, нагрівальні прилади (електрична плитка), прямий удар блискавки в будівлю.

До пожежонебезпечних місць у лабораторії відносяться ті місця, де розташовано сушильну шафу, лабораторні столи, віконні рами та двері.

Для попередження займання проводиться ретельна ізоляція електропроводки та струмоведучих частин обладнання, а також заземлення обладнання і термоізоляція нагрівальних приладів, передбачено аварійне відключення установок у випадку виникнення загорання.

Для захисту споруди від прямого удару блискавки передбачений стрижневий блискавковідвід та контурне заземлення.

Таблиця 5.6 - Показники пожежо- і вибухонебезпечних речовин і матеріалів. Класифікація виробництва за пожежо- і вибухонебезпечністю та блискавкозахистом.

Назва приміщення	Речовини	Агрегатний стан речовин в норм. умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо- і вибухонебезпечності, °С			Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТП 24-86	Клас приміщення/зони/і зовнішніх установок згідно з ПБЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисна і влаштування блискавкозахисту згідно з БН 305-77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	категорія	група				
Лабораторія о №307	Гума	Тв.	Г	-	220		Т3	ПА	ОУ-5	В	І	ІІІ
	Папір	Тв.	Г	170	230	100	Т6	ПА	Вода, ВП-1			
	Деревина	Тв.	Г	270	300	330-350	Т3	ПА	ВПП-4, ВП-1			

Для захисту споруди від прямого удару блискавки передбачений стрижневий блискавковідвід та контурне заземлення.

Первинними засобами гасіння пожежі є: вогнегасники ОУ-1 і ОУ-2; ящик з піском; ковдра з негорючого полотна Приміщення лабораторії обладнане пожежною сигналізацією, розміщено план евакуації. При виникненні пожежі проводиться евакуація працівників через центральний вихід безпосередньо на вулицю.

#### 5.2.4 Аналіз небезпеки об'єкту

Згідно з положенням «Про план локалізації і ліквідації надзвичайних ситуацій» хімічна лабораторія відноситься до категорії «А».

При виконанні дослідної роботи може виникнути аварійна ситуація при роботі з електрообладнанням, виходу з ладу механічного обладнання та вентиляції, сушильною шафою та муфельною піччю внаслідок займання синтетичних тканин або поруч розташованих матеріалів.

При виникненні аварійної ситуації передбачено діяти за наступним планом: подати сигнал пожежної тривоги - сирена; викликати пожежну допомогу за номером «101»; розпочати гасіння пожежі підручними засобами - вогнегасник, пісок; організувати перенесення в безпечне місце горючих матеріалів, надавати першу невідкладну допомогу потерпілим, викликати швидку медичну допомогу. Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

Оцінка надійності захисту робітників і службовців об'єкта з використанням захисних споруд за місткістю та за захисними властивостями

Таблиця 5.7 - Характеристики захисних споруд хімічного підприємства

Тип, номер захисної споруди	Площа приміщень, м <sup>2</sup>				Висота приміщень	Аварій ний вихід
	Людей з санітарним постом	Допоміжні				
		ФВП, санвузли	Для продуктів	Тамбур шлюз		
Сховище 1	50	12	4	10	2,4	є

Наявність основних і допоміжних приміщень:

Сховище 1 відповідає нормам.

Розрахункова місткість захисних споруд за площею:

На одну людину передбачена площа 0,5 м<sup>2</sup> при висоті приміщення 2,4 м.



$$M_1 = \frac{50-2}{0,5} = 96 \text{ ос.}, \quad (5.5)$$

де 2 м<sup>2</sup> виділено на санвузли.

Розрахункова місткість за об'ємом приміщень:

На одну людину передбачений об'єм 1,5 м<sup>3</sup>

$$M_o = \frac{(S_{\text{пр}} + S_d) \cdot h}{1,5} = \frac{(50+4+12+10) \cdot 2,4}{1,5} = 122 \text{ ос.} \quad (5.6)$$

Коефіцієнт місткості:

$$K_m = \frac{M}{N} = \frac{96}{90} = 1,06, \quad (5.7)$$

де N – кількість працівників найбільшої зміни.

Визначаємо потрібну кількість двох'ярусних нар у приміщеннях для людей

$$N = \frac{M}{5} = \frac{96}{5} = 20 \text{ нар.} \quad (5.8)$$

Висновок:  $K_m > 1$ , тобто захисні споруди дозволяють розмістити всіх працівників найбільшої зміни. Слід придбати 20 двох'ярусних нар для захисних споруд.

Таблиця 5.8 - Вихідні дані для оцінки захисних властивостей споруди

Віддаленість об'єкта від точки прицілювання $R_r$ , км	2,6
Очікувана потужність ядерного боєприпасу $q$ , кт	100
Вид вибуху	наземний
Ймовірне максимальне відхилення центру вибуху боєприпаси від точки прицілювання $r_{\text{відх}}$ , км	0,5
Швидкість середнього вітру $V_{\text{с.в.}}$ , км/год	100
Напрямок середнього вітру	у бік об'єкта
Конструкції захисних споруд розраховані на надмірний тиск $\Delta P_{\text{ф. зах}}$ , кПа	200
коефіцієнт ослаблення радіації сховища № 12 $K_{\text{осл. зах}}$	10000

Визначаємо потрібні захисні властивості споруд:

а) для захисту від ударної хвилі:

$$R_{\min} = R_r - r_{\text{відх}} = 2,6 - 0,5 = 2,1 \text{ км} \quad (5.9)$$

За значенням  $R_{\min} = 2 \text{ км}$ , потужністю боєприпасу  $q = 100 \text{ кт}$  при наземному вибуху визначаємо  $\Delta P_{\text{ф. max}}$ :

$$\Delta P_{\text{ф. max}} = \Delta P_{\text{ф. потр}} = 40 \text{ кПа} \quad (5.10)$$

б) для захисту від радіоактивного зараження:

$K_{\text{осл. потр}}$  розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{осл.потр.}} = \frac{D_{\text{р.з}}}{D_{\text{доп}}} = \frac{5 \cdot P_{1\text{max}}(t_{\text{п}}^{-0,2} - t_{\text{к}}^{-0,2})}{50}; \quad (5.11)$$

$$t_{\text{п}} = \frac{R_{\min}}{V_{\text{с.в.}}} + 1 = \frac{2,1}{100} + 1 = 1,02 \text{ год.} \quad (5.12)$$

$$t_{\text{к}} = t_{\text{п}} + 96 = 1,02 + 96 = 97,02 \text{ год,} \quad (5.13)$$

де  $P_{1\text{max}}$  – максимальний рівень радіації, очікуваний на об'єкті на 1 год після вибуху.

Якщо  $q = 100 \text{ кт}$ ,  $R_{\min} = 2,1 \text{ км}$ ,  $V_{\text{с. в}} = 100 \text{ км/год}$ ,  $P_{1\text{max}} = 6100 \text{ Р/год}$ , тоді

$$K_{\text{осл.потр.}} = \frac{5 \cdot 6100(1,02^{-0,2} - 97,02^{-0,2})}{50} = 363,27$$

Визначаємо наявні захисні властивості захисних споруд:

а) від ударної хвилі відповідно до вихідних даних:  $\Delta P_{\text{ф. зах.}} = 200 \text{ кПа}$ .

б) від радіоактивного зараження: відповідно до вихідних даних  $K_{\text{осл.}} = 1000$ .

Порівняємо захисні властивості захисних споруд з потрібними:

а) за ударною хвилею: для сховища №1  $\Delta P_{\text{ф. зах}} > \Delta P_{\text{ф. потр.}}$

б) за радіоактивним зараженням для сховища №1  $K_{\text{осл.потр.}} > K_{\text{осл.}}$

Висновок: Сховище № 1 забезпечує захист усіх працівників і службовців, що в ньому перебувають, у максимальній кількості 96 осіб; захисні властивості сховища №1 відповідають вимогам і забезпечують захист всіх робітників [25].

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економіко-організаційні розрахунки дають змогу обґрунтувати доцільність існування даного відділу підприємства. Технологічний процес складається з семи стадій. Задля того, щоб не порушувалась його неперервність, кожна з них виконується в певний призначений проміжок часу. Перелік даних операцій наведений в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні операції технологічного процесу

№	Операція	Час $t_i$ , хв.
1	Подача води до усереднювала	10
2	Процес флотації	15
3	Піногасіння шламу	10
4	Подача води у реактор з додаванням коагулянту та вапняного молока	30
5	Виділення осаду у вертикальному відстійнику	60
6	Очищення води на двошаровому вугільно-кварцовому фільтрі	120
7	Зневоднення шламу на вакуум-фільтрі	20

Допоміжні процеси (приготування регенераційних розчинів, промивка фільтрів, приготування розчинів для розведення та знешкодження стоків) та контроль якості не внесені до розрахунку виробничого циклу.

Підприємство працює 7 днів на тиждень у 3 зміни, тривалість зміни 8 годин. Кількість днів у році 365. Підприємство працює протягом 365 днів.

Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу за формулою:

$$T_{\text{вц}}^{\text{с.р.}} = \frac{24 \cdot D_k \cdot T_{\text{ви}}^{\phi}}{T_p \cdot D_p} \quad (6.1)$$

де 24 – кількість годин у добі;

Дк – кількість календарних днів у році;

Тр, Dr – тривалість роботи цеху протягом доби і кількість робочих днів цеху протягом року;

$T_{вц}^{\Phi}$  – фактична тривалість роботи.

$$T_{вц}^{c.p.} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 365} \cdot 24 = 24 \text{ год.}$$

Оскільки продуктивність підприємства складає 450 м<sup>3</sup>/год. Отже, розрахуємо річний випуск продукції:

$$B = 365 \cdot 24 \cdot 450 = 3\,942\,000 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Кількість одиниць обладнання, яке застосовується під час одного виробничого циклу:

- 1 усереднювач,
- 1 пінний флотатор,
- 1 бак вапнованої води,
- 1 піногаситель,
- 1 вапногасилка,
- 1 мішалка вапняного молока,
- 1 мішалка коагулянту,
- 1 витратний бак коагулянту,
- 2 реактори,
- 1 відстійник,
- 1 вугільно-кварцовий фільтр,
- дозатор суспензії глини,
- 4 баки освітленої води,
- вакуум-фільтр,

- 8 насосів.

## 6.1 Організаційна структура відділення очищення води

Начальник цеху - здійснює керівництво виробничо-господарською діяльністю цеху (дільниці), забезпечує виконання виробничих завдань, систематичний випуск продукції високої якості, ефективне використання основних і оборотних фондів, організовує поточне виробниче планування, облік, складання і своєчасне подання звітності про виробничу діяльність цеху (дільниці); знає, розуміє і застосовує діючі нормативні документи, що стосуються його діяльності.

Технолог - організує виконання робіт (послуг), які забезпечують підвищення рівня технологічної підготовки і технічного переоснащення виробництва, скорочення витрат сировини, матеріалів, трудових затрат, поліпшення якості продукції, робіт (послуг) та прискорення темпів зростання продуктивності праці; виявляє порушення технологічної дисципліни та вживає заходів щодо їх усунення.

Економіст – відповідає за фінансові операції та веде облік підприємства; виконує розрахунки з необхідних матеріальних, трудових і фінансових витрат.

Інженер (начальник зміни) – слідкує за процесом виробництва та дотриманням технології.

Лаборант – вхідний, вихідний та проміжний контролі якості води, також перевірка реагентів на якість; розробляє методи підвищення якості очищеної води.

Оператор обладнання – стежить за роботою всього обладнання, проводить технічний огляд на справність.

Вантажник – завантаження реагентів у витратні баки, завантаження та вивезення відходів, завантаження реагентів на складські приміщення .

Прибиральниця – прибирає приміщення.

Завідувач складом – стежить за наявністю реагентів, що потрібні на виробництві, відповідає за інвентар.

Інженер-механік – ремонт і обслуговування обладнання.

Процес повністю автоматизований, тому безпосередньої участі у виробничому процесі працівники не беруть.

Посади та схема підпорядкування цеху зображена на рисунку 6.1.

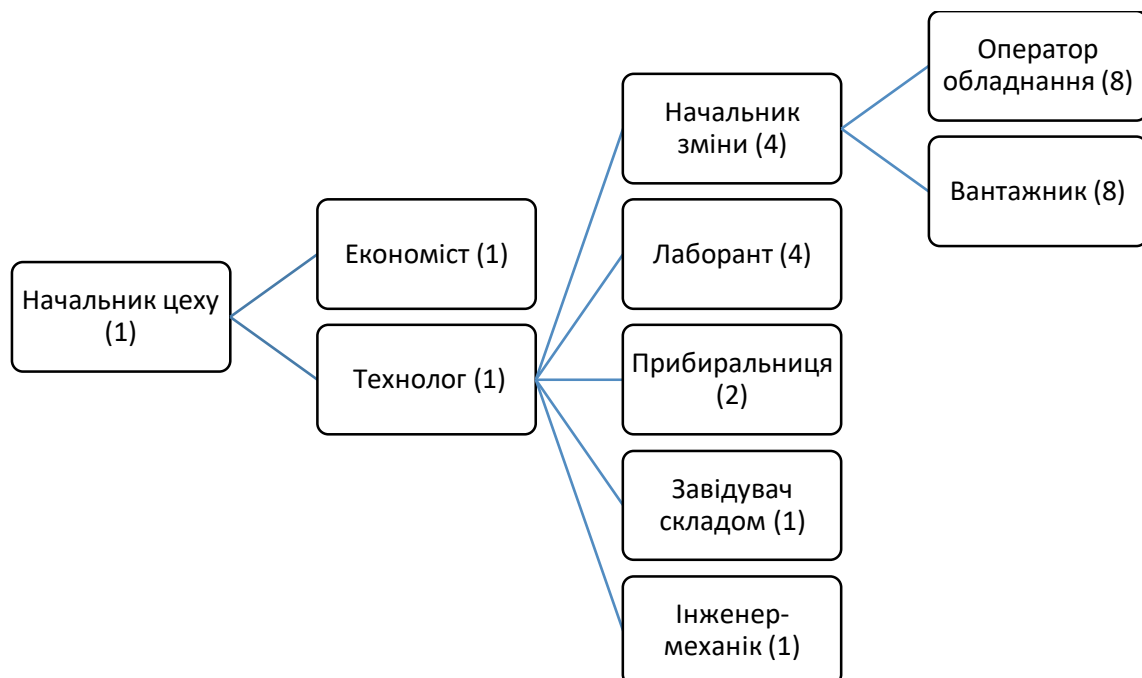


Рисунок 6.1 – Організаційна структура відділення очищення води

Режим роботи для основного персоналу - начальника цеху, економіста, технолога, завідувача складом, інженера-механіка та прибиральниці 5 днів на тиждень, тривалість зміни 8 годин (з 7:00 до 15:00). Для лаборанта, начальника зміни, оператора обладнання, вантажника робочий тиждень складає: режим роботи у 3 зміни, тривалість робочої зміни 8 годин. В одну зміну виходить 1

лаборант, 1 начальник зміни, 2 оператора обладнання, 2 вантажника. Система охорони – автоматична.

Отже, сумарна явочна кількість персоналу складає  $\text{Ч}_{\text{яв}} = 12$  осіб.

Чисельність за списком – це потреба підприємства в кадрах. Крім явочної чисельності включає додатково необхідну для заміни тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин. Для побудови графіку змінності для лаборантів і операторів відділення необхідно розрахувати кількість бригад.

Тривалість роботи підприємства на рік:

$$T_{\text{рік}}^{\text{нідпр}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ годин};$$

Тривалість роботи працівника на рік:

$$T_{\text{рік}}^{\text{прац}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) = 2016 \text{ годин};$$

де  $T_{\text{св}}$  – тривалість свят у році (11 днів);

$T_{\text{св}}^*$  – кількість свят, що не співпадають з вихідними днями (8 днів);

1 – кількість спарених свят.

Кількість бригад:

$$N_{\text{бриг}} = \frac{T_{\text{рік}}^{\text{нідпр}}}{T_{\text{р}}^{\text{прац}}} = \frac{8760}{2016} = 4,3 \approx 4$$

Отже, відділу необхідно 4 бригади працівників для забезпечення заданої продуктивності.

Чисельність працівників за списком і явочна:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} + K_{\text{пер}} \quad (6.2)$$

$$\text{Ч}_{\text{яв}} = 6 + 6 = 12 \text{ осіб.}$$



$$Ч_{\text{сп}} = 19 + 12 = 31 \text{ осіб.}$$

Виробництво працює 7 днів на тиждень в 3 зміни ( з 7:00-15:00; з 15:00-23:00 та з 23:00-07:00). Графіки змінності зображено в таблиці 6.2. та 6.3

Таблиця 6.2 – Графік змінності робочого персоналу:

Бригада	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
1	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3
2	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1
3	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2
4	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В

Таблиця 6.3 – Графік змінності обслуговуючого і керуючого персоналу.

Дні	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Бригада 1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В

Звідси, річна фактична тривалість роботи лаборанта, начальника зміни, оператора обладнання, вантажника за нормальних умов праці складає:

$$T_{\text{рік факт}}^{\text{прац}} = \frac{365}{T_{\text{зм.обор}}} \cdot (T_{\text{зм.обор}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зм}}; \quad (6.3)$$

$$T_{\text{рік факт}}^{\text{прац}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

де  $T_{\text{зм.обор}}$  - тривалість змінообороту, дні;

$T_{\text{вих}}$  - кількість днів відпочинку в змінообороті;

$t_{\text{зм}}$  – тривалість робочої зміни, год.

$$T_{\text{перепрац}} = 2190 - 2016 = 174 \frac{\text{год}}{\text{рік}}.$$

Розрахуємо річну фактичну тривалість роботи начальника цеху, економіста, головного технолога, завідуючого складом, інженера механіка, прибиральниці:

$$T_{n-ва}^{прац} = \frac{365 - T_{св}}{7} \cdot 40 - (T_{св} - 1) \quad (6.4)$$

$$T_{n-ва}^{прац} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) = 2016 \text{ год.}$$

$$T_{\text{перепрац}} = 2016 - 2016 = 0 \text{ год/рік.}$$

Перепрацювання кожного з працівників, що працюють позмінно – 174 год/рік. , працівників, які працюють з 7:00 до 16:00 п'ять днів на тиждень – 0 днів, що враховано при нарахуванні заробітної плати.

## 6.2 Технічний контроль на виробництві

Система технічного контролю (об'єкти контролю, контрольні операції, їхня послідовність, технічне оснащення, режими, методи, засоби механізації та автоматизації) розробляється одночасно з проектуванням технології виготовлення технічних пристроїв службою головного технолога підприємства або відповідними проектно-технологічними організаціями за участю відділу технічного контролю (ВТК).

Контроль якості продукції, що випускається ВТК проводить з таких головних напрямках: контроль технічної документації та технологічних процесів, забезпечення надійності прийнятих виробів, Рекламаційні робота, застосування засобів вимірювань, дотримання метрологічних правил приймання.

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції яка випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вибіркового, вхідний, проміжний і вихідний. Вхідний і вихідний види контролю якості проводить технолог та лаборант.

Технічний контроль включає три основні етапи:

- Отримання первинної інформації про фактичний стан об'єкта контролю, контрольованих ознаках і показниках його;
- Отримання вторинної інформації - відхилень від заданих параметрів шляхом зіставлення первинної інформації з запланованими критеріями, нормами і вимогами;
- Підготовка інформації для вироблення відповідних керуючих впливів на об'єкт, що піддавався контролю.

Вибірковий - контроль частини продукції, результати перевірки якої поширюються на всю партію. Даний тип є попереджувальним, звідси він проводиться по всьому виробничому процесу з метою попередження виникнення браку.

Вхідний контроль - перевірка якості сировини і допоміжних матеріалів, що надходять у виробництво. Постійний аналіз сировини, що поставляється, і матеріалів дозволяє впливати на виробництво підприємств-постачальників, домагаючись підвищення якості.

Проміжний контроль охоплює весь технологічний процес. Цей вид іноді називають технологічним, або поточним. Мета проміжного контролю - перевірка дотримання технологічних режимів, правил зберігання та пакування продукції між операціями.

Вихідний (приймальний) контроль - контроль якості готової продукції. Мета вихідного контролю - встановлення відповідності якості готових виробів вимогам стандартів або технічних умов, виявлення можливих дефектів. Якщо всі умови виконані, то поставка продукції дозволяється. ОТК перевіряє також якість упаковки і правильність маркування готової продукції.

Відділення очистки води працює у автоматичному режимі. Тому безпосередньої участі у виробничому процесі працівники не беруть. Вхідний контроль проходить сировина (вапно, активоване вугілля, кварцовий пісок,

глина) та коагулянти. Частина продукції відбирається, перевіряється на технічні, фізико-хімічні показники, а результати аналізу поширюються на всю партію, що прибула. Якщо сировина не відповідає заданим фізико-хімічним, структурним та технічним показникам – партія продукції повертається. Також вхідний контроль проходить і вода, що подається на систему очистки. Вимірюються її органолептичні, загально санітарні, гідробіологічні та токсикологічні показники хімічного складу води. З результатів даних досліджень робляться висновки щодо часу перебування води в усереднювачі та процентному співвідношенню розбавлення води для забезпечення подання на наступні стадії очистки води зі сталим показником ПАР та барвників. Вхідний контроль води проводять кожні 2 години.

Вихідний контроль очищеної води проводять теж кожні 2 години. Порівнюють отримані показники хімічного складу води з нормативними. Якщо вода після повної очистки не задовольняє дані показники – її направляють в усереднювач для розбавлення вхідної води. Якщо задовольняє – в бак для збереження води та подальшого використання в межах підприємства.

Проміжний контроль охоплює весь технологічний процес. Перевіряються показники води після кожної стадії очистки води, та в кожному з реакторів, баків та у відстійнику. За даними, отриманими з проміжного контролю, можливо з'ясувати технічну несправність деяких апаратів, недостатню ступінь очистки води. Технічний контроль здійснюється лаборантом, на основі яких технолог приймає рішення щодо вдосконалення роботи окремих апаратів та підприємства в цілому. Здійснюється один раз на добу.

Вибірковий контроль проводиться з метою уникнення браку, для більш повного контролю системи очистки води, контролю певного обладнання та апарату. За показниками даного контролю оцінюється якість роботи робочої лінії. Проводиться лаборантом тричі на день.

Таблиця 6.4 – Характеристика вихідної сировини

Найменування	Міждержавний, державний або галузевий стандарт, технічні умови, регламент або методика	Показники, обов'язкові для перевірки (назва і одиниця вимірювання)	Показники, що регламентуються з допустимими відхиленнями	Частота контролю	Спосіб контролю, виконавець
Стічна вода	Регламент відділення очищення стічної води від ПАР та барвників	Барвники, мг/дм <sup>3</sup>	Не більше 0,5	Кожні 2 години	Аналітичний, лаборант
		Поверхнево-активні речовини, мг/дм <sup>3</sup>	Не більше 0,5		

На підставі даних заключного контролю формують паспорт якості.

Відділення очищення стічної води від барвників та ПАР

Паспорт № 45326

Найменування продукту: Вода очищена

Партія №: \_\_\_\_\_

Якість відповідає технічним нормам.

Об'єм \_\_\_\_\_ дм<sup>3</sup>

Дата і час виготовлення: \_\_\_\_\_

Виконавець: \_\_\_\_\_

Шифр	Найменування показників	Значення показника вимогам ДСТУ	Відповідність показника вимогам ДСТУ
1	Зовнішній вигляд	Прозора, безбарвна рідина. Без запаху	Прозора, безбарвна рідина. Без запаху
2	Поверхнево-активні речовини, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	0,4
3	Барвники, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 5	3

Умови зберігання: в герметичних резервуарах.

Висновки: субстанція придатна для повторного використання

Лаборант \_\_\_\_\_.

Технолог \_\_\_\_\_.

До основних фондів відділу контролю якості належать хімічний посуд, прилади та лабораторне обладнання, необхідні для виконання відповідного аналітичного контролю. Перелік основного інвентарю наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Перелік інвентарю відділу технічного контролю якості

№	Назва	Кількість, шт	Вартість, грн
1	Спектрофотометр	1	3 500
2	Ваги	1	1 000
3	Тензиометр	1	3 000
4	Термометр	1	500
5	Хімічний посуд	–	2 000
6	Всього		10 000 грн

### 6.3 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва

Калькуляція (від лат. *Calculato* — обчислення) — це обчислення собівартості одиниці продукції, виконаних робіт і послуг, а також заготівельної собівартості матеріальних цінностей та засобів виробництва за елементами витрат.

Калькулювання має суттєве значення в діяльності підприємства й застосовується там, де безпосередньо відбуваються процеси виробництва.

Калькуляції складають на кожному підприємстві за встановленим переліком статей витрат. Розрізняють такі калькуляції собівартості: цехову, виробничу, галузеву й інші витрати, пов'язані з виробництвом, які групуються за відповідними статтями калькуляції.

Наведемо перелік статей витрат, з яких складається виробнича собівартість продукції (робіт, послуг) у бухгалтерському обліку.

1. Сировина й матеріали, що входять до складу продукції, яка виготовляється, створюючи її основу, або є необхідним компонентом для виготовлення продукції (робіт, послуг).

2. Купівельні напівфабрикати, комплектуючі вироби, роботи й послуги виробничого характеру сторонніх підприємств і організацій. До цієї статті включають вартість:

3. Паливо й енергія на технологічні цілі, витрати на всі види палива, що безпосередньо використовуються в процесі виробництва.

4. Основна заробітна плата.

5. Додаткова заробітна плата (доплати, надбавки, гарантійні та компенсаційні виплати, премії, передбачені чинним законодавством України).

6. Витрати на утримання та експлуатацію. До цієї статті включаються:

- Амортизація основних фондів, інших необоротних матеріальних активів та нематеріальних активів виробничого призначення.
- Витрати на ремонти, утримання й експлуатацію виробничого устаткування.

#### 6.3.1 Склад основних фондів

Основні фонди — це засоби праці, які мають вартість, функціонують у виробничому процесі тривалий час, не змінюючи при цьому своїх форм і розмірів, а свою вартість переносять на вартість готової продукції поступово, шляхом амортизаційних відрахувань.

Залежно від функціонального призначення основні фонди підрозділяються на виробничі і невиробничі.

До основних засобів належать:

- земельні ділянки;
- капітальні витрати на поліпшення земель;
- будинки, споруди та передавальні пристрої;
- машини та обладнання;
- транспортні засоби;

- інші основні фонди.

Згідно з наведеною класифікацією та роллю, яку відіграють основні фонди в процесі виробництва, розрізняють активну і пасивну частини основних фондів.

До активної частини відносять основні фонди, які беруть безпосередню участь у процесі виробництва. Це машини та устаткування, інструменти, приладдя та пристрої для вимірювання тощо. До пасивної частини (будівлі, споруди) належать основні фонди, що забезпечують нормальне функціонування виробничого процесу, створюють умови для нього.

Вартість основних фондів наведена у таблиці 6.6, до яких входять витрати на обладнання, з суми яких вираховуємо амортизаційні відрахування.

Таблиця 6.6 – Ціна основних фондів

Основні фонди	Кількість одиниць	Вартість, грн.	Мінімально допустимі строки корисного використання, роки	Сума амортизаційних відрахувань, грн/рік
1	2	3	4	5
Усереднювач	1	186000	5	400 000
Флотатор	1	258000	5	19536
Піногаситель	1	136000	5	18 000
Реактор	2	181 000	5	18 000
Мішалка розчину коагулянту	1	25 000	5	7 000
Мішалка вапняного молока	1	25 000	5	7 000
Витратний бак коагу- лянта	1	50 000	5	18 000
Бак освітленої води	4	200000	5	50 000



Закінчення таблиці 6.6

1	2	3	4	5
Бак	1	50000		
Відстійник	1	326500	5	18 000
Вакуум-фільтр	1	390000		78000
Фільтр вугільно-кварцевий	2	60000	5	12000
Дозатор	1	115000	5	
Насос	8	680000	5	24 000
Труби	-	25000	5	5 000
Інвентар	-	720000	4	18000
Прилади, для технічного контролю якості води	-	10000	5	2000
Технічна документація	-	220000	12	18333,33
Обчислювальні машини	-	100000	2	50000
Всього		3 420 500		692 033,3

З таблиці 6.4 розрахуємо вартість амортизаційних відрахувань:

$$A = A(\text{обл.}) + A(\text{інвентар}) + A(\text{нем. акт.}) \quad (6.5)$$

$$A = 692\,033,3 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Тоді вартість основних фондів:

$$\text{ОФ} = \text{В(буд.)} + \text{В(обл.)} + \text{В(інвентар)} + \text{В(нем. акт)} \quad (6.6)$$

$$\text{ОФ} = 3\,420\,500 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

### 6.3.2 Склад оборотних засобів

Оборотні засоби – предмети праці, які повністю витрачаються в виробничому циклі і переносять свою вартість на вартість готової продукції повністю і одразу. Оборотні засоби поділяються на оборотні фонди (що обслуговують сферу виробництва) і фонди обігу (що обслуговують сферу обігу).

До оборотних засобів відносять:

- Сировина.
- Електроенергія.
- Заробітна плата.

#### 1. Розрахунок витрати сировини за рік:

Вихідною сировиною є вода з природнього джерела (річки). У якості реагентів у процесі реагентного очищення природної води використовуються глина яка є промисловим відходом, вапно будівельне негашене, а також використовується вода, яка йде на реагентне господарство. Оцінку вартості допоміжних процесів при реагентному очищенні наведено в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Витрата та вартість реагентів та сировини у реагентному господарстві очищення СВ

Реагент	Витрата, т	Ціна на ринку, грн./т	Вартість, грн./рік
Глина	100000	150	15000
Вапно будівельне повітряне негашене ГОСТ 9179-70	400000	4500	1800000
Коагулянт	3000	45000	135000
Активоване вугілля	500	32000	16000
Кварцовий пісок	500	500	250
Невраховані витрати (5 %)			98312,5
Всього			2064562,5

За рік очищується  $4618000 \text{ м}^3$  забрудненої води. Вартість забору води зі скважини складає  $1,16 \text{ грн/м}^3$ . Звідси вартість сировини (води) становитиме  $5356880 \text{ грн/рік}$ . Вартість реагентів для контролю якості води –  $15\,000 \text{ грн}$ . (поновлюються 6 разів на рік).

Вартість сировини, що витрачається на річний випуск продукції:

$$\text{Ц}_{\text{сиров}} = 2064562,5 + 5356880 + (15\,000 \cdot 6) = 7511443 \text{ грн/рік}.$$

2. Розрахуємо витрати електроенергії.

Період роботи підприємства за рік  $\tau = 8760 \text{ год}$ .

$$\text{Ц}_{\text{ел}} = \sum (T_{\text{рег}} \cdot \tau) \cdot P_{\text{обл}}^{\text{рік}} \quad (6.7)$$

де  $T_{\text{рег}}$  – тарифна ставка за регульованим тарифом:

$$T_{\text{рег}} = 2,69 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год.}$$

$P_{\text{обл}}^{\text{рік}}$  – річна потужність обладнання,  $900 \text{ кВт/год}$  (сумарна по всьому технологічному обладнанню та освітленню).

$$\text{Ц}_{\text{ел}} = (2,69 \cdot 8760) \cdot 900 = 21\,207\,960 \text{ грн/рік}.$$

3. Фонд оплати праці:

В таблиці 6.8 наведені заробітні плати працівників для розрахунку ФОП.

Таблиця 6.8 – Заробітна плата працівників

Посада	Кількість	ЗП працівника, грн/міс	Всього
Начальник цеху	1	18 000	18 000
Головний технолог	1	12 000	12 000
Економіст	1	8 000	8 000

Закінчення таблиці 6.8

Начальник зміни (інженер)	4	7 500	30000
Оператор обладнання	8	5 500	44 000
Вантажник	8	5 500	44 000
Лаборант	4	5 500	22000
Інженер-механік	1	5 000	5 000
Завідувач складом	1	5 000	5 000
Прибиральниця	2	4 500	9 000
Всього:	33	-	197 000

Фонд оплати праці відділення попереднього очищення природної води:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування} \quad (6.8)$$

$$\text{ФОП} = 197\,000 \cdot 12 \cdot 1,22 = 2\,884\,080 \text{ грн/рік.}$$

Вартість оборотних засобів відділення:

$$\text{ОбЗ} = \text{Цсиров} + \text{Цел} + \text{ФОП} \quad (6.9)$$

$$\text{ОбЗ} = 7\,511\,443 + 21\,207\,960 + 2\,884\,080 = 31\,603\,483 \text{ грн/рік.}$$

#### 6.4 Розрахунок техніко-економічних показників

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОбЗ} = 3\,420\,500 + 31\,603\,483 = 35\,023\,983 \text{ грн.}$$

Собівартість:

$$\text{Срічн. вип.} = A + \text{ОбЗ} = 692\,033 + 31\,603\,483 = 32\,295\,516 \text{ грн/рік}$$

Собівартість 1 м<sup>3</sup> очищеної води:

$$C = \text{Срічн. вип.} / \text{Врічн} = 32\,295\,516 / 3\,942\,000 = 8,19 \text{ грн/м}^3.$$

Прибуток і, як наслідок рентабельність, дорівнює 0, оскільки очищена вода використовується лише в рамках потреб одного підприємства і слугує сировиною для подальшої обробки [26].

Таблиця 6.9 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Капіталовкладення	35 023 983 грн
Собівартість	8,19 грн/м <sup>3</sup>
Чисельність явочна	12 осіб
Чисельність за списком	31 особа
Прибуток	0
Рентабельність	0

### 6.5 Ключові фактори успіху проекту

Ключові фактори успіху (або конкурентні переваги) — це характерний для певної галузі перелік чинників, що приносять їй переваги перед іншими галузями (наприклад, у боротьбі за інвестиції за рахунок більшої прибутковості або швидкості обороту капіталу), а також одним підприємствам галузі над іншими.

Ключові фактори успіху базуються на: науково-технічному рівні виробництва та продукту; рівні маркетингу; рівні менеджменту; організаційно-технічному рівні виробничих процесів; фінансово-економічному рівні підприємства; рівні персоналу тощо.

Для більш наочної оцінки конкурентоспроможності процесів очистки СВ було використано метод Шонфільда. Задля цього було виділені конкурентні

фактори успіху кожного з трьох методів, які потім оцінені за п'ятибальною шкалою. Також у оціненні враховується коефіцієнт значущості кожного показника.

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначається бальна оцінка кожної характеристики для кожного з трьох методів, яку приведено у таблиці 6.10. Вагомість факторів визначалася як середній показник переваг при виборі того чи іншого методу очистки СВ.

Таблиця 6.10 - Оцінки характеристики за методом Шонфільда

Показник	Коефіцієнт значущості	Оцінка за п'ятибальною шкалою		
		Флотація	Коагуляція	Адсорбція
Повнота очищення СВ, %	0,4	3	3	4
Кількість відходів, м <sup>3</sup>	0,1	3	3	5
Швидкість очищення СВ м <sup>3</sup> /год	0,15	5	4	4
Екологічність процесу та складових	0,15	4	4	5
Вартість, грн	0,2	4	4	5

Результати з урахуванням коефіцієнтів вагомості факторів систематизовано у вигляді таблиці 6.11.

Таблиця 6.11. - Оцінки характеристики з урахуванням коефіцієнту вагомості

№	Показник	Оцінка за п'ятибальною шкалою		
		Флотація	Коагуляція	Адсорбція
1	Повнота очищення СВ	1,2	1,2	1,6
2	Наявність відходів	0,3	0,3	0,5
3	Швидкість очищення СВ	0,75	0,6	0,6
4	Екологічність процесу та складових	0,6	0,6	0,75
5	Вартість	0,8	0,8	1

На підставі отриманих бальних оцінок візуалізується графік порівняння конкурентних переваг трьох методів очистки СВ від ПАВ та барвників.

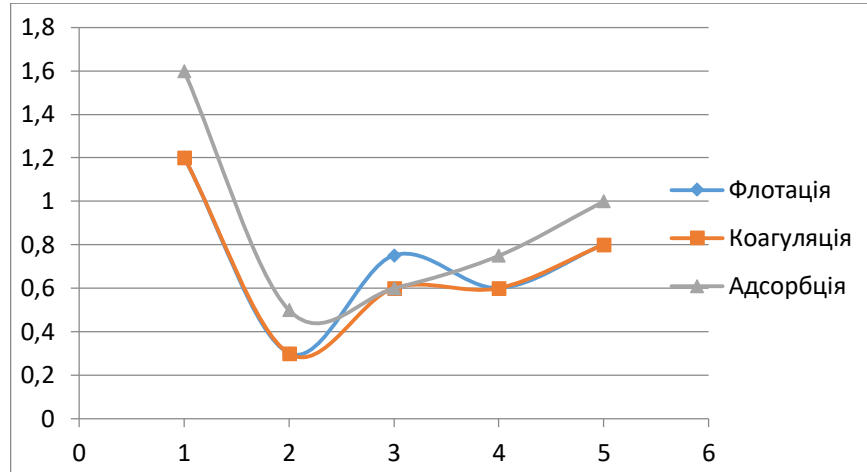


Рисунок 6.2 - Порівняння конкурентних переваг обраних методів очистки СВ

Таким чином, як видно з таблиці та рисунку, всі три методи очистки СВ є конкурентоспроможними та мають право на використання. Найкращими факторами переваг володіє метод адсорбції на активованому вугіллі по всім показникам окрім «Швидкості». Найважливішим фактором успіху є «Повнота очистки». Для того, аби повністю вилучити ПАВ та барвники з оборотної води, необхідно включити в систему очистки всі три методи послідовно.

## ВИСНОВКИ

В ході науково-дослідної роботи проаналізовано сучасний стан проблеми забруднення стічних вод барвниками та ПАР, розглянуто існуючі методи їх вилучення..

Досліджена адсорбція аніонних та неіоногенних ПАР із водних розчинів до ККМ на гідрофільних сорбентах оксиді алюмінію, оксигідратах заліза та феруму. На оксиді алюмінію має місце двовимірна асоціація адсорбованих іонів та молекул ПАР. Після завершення формування на поверхні сорбенту моношару горизонтально орієнтованих іонів або молекул ПАР при ККМ спостерігається подальше збільшення адсорбції, причиною чого є тривимірна асоціація адсорбованих молекул або іонів ПАР на поверхні.

Досліджено асоціацію і адсорбцію водорозчинних барвників, що використовуються в текстильному виробництві, на вуглецевих сорбентах і осаді оксигідратів алюмінію та заліза. На поверхні вуглецевих сорбентів барвники утворюють іонні асоціати. Використання активованого вугілля доцільно для вилучення барвників із стічних вод при концентраціях, що не перевищують критичну концентрацію асоціації. Барвники ряду прямого чисто блакитного і прямого алого практично не поглинаються вуглецевими сорбентами і повинні видалятися іншими методами. Використання коагулянтів для вилучення барвників вирішується хімічною природою барвника. Найбільш повно вилучається дисперсні та діазобарвники (найкраще – при великих концентраціях).

Досліджено кінетику пінної сепарації неіоногенного, катіонного та аніонного ПАР і показано, що застосування пінної сепарації для вилучення ПАР доцільно при концентраціях, що не перевищують критичну концентрацію міцелоутворення. Наявність в молекулах оксietiленових груп прискорює процес пінної сепарації. В процесі пінної сепарації в шар піни разом з ПАР переходять барвники різної хімічної будови. Суміш барвників, що однотипно взаємодіють з ПАР, при пінній сепарації переходять в шар піни у такій самій



ступені, як і окремі барвники. Зменшення рН розчину до 3-4 підвищує ступінь переходу барвників у шар піни в 2-3 рази.

Досліджено очищення стічних вод текстильних підприємств від ПАР та барвників методами адсорбції на активованому вугіллі, оксигідратах алюмінію та заліза та методом пінної сепарації. Найбільш ефективна очистка досягається при раціональному поєднанні методів.

Об'єм стічних вод необхідно піддати флотаційній обробці, аби сконцентрувати забруднення в невеликій кількості флотоконденсату. Далі слід обробити стічні води коагулянтном з метою зниження концентрації барвників, що важко адсорбуються на вугіллі, частково видалити ПАР. Залишкові концентрації ПАР і інші забрудники можливо видалити шляхом сорбції. Очистку флотоконденсату можливо проводити на відпрацьованому вугільному фільтрі.

Запропоновано принципову технологічну схему очистки стічних вод текстильних підприємств з різним вмістом ПАР та барвників у вихідній воді.

В економічній частині дисертації розраховано техніко-економічні показники для очистки стічних вод від полютантів у промислових масштабах та порівняно конкурентні переваги трьох методів очистки СВ від ПАР та барвників.

Науково-дослідна робота виконувалася з врахуванням вимог охорони праці. На основі аналізу шкідливих та небезпечних виробничих факторів розроблено заходи щодо оптимізації умов праці на робочому місці, пожежної безпеки та безпеки навколишнього середовища

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гончарук В.В. Создание современных технологий подготовки питьевой воды с целью уменьшения генетического риска / Гончарук В.В., Клименко Н.А., Савчина Л.А., Врубель Т.Л. // Химия и технология воды. – 2000. – Т. 22, № 5. – С. 17 – 25.
2. Субботкин Л.Д., профессор, Вербицкая Н.Ю., магистр. Национальная академия природоохранного и курортного строительства. Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом электрофлотокоагуляции. /Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 38, 2011 год.
3. Саввин С. Б. Поверхностно-активные вещества / С. Б. Саввин, Р. К. Чернова, С. Н. Штыков. – М. : Наука, 1991. – 251 с
4. Киселев В. Я. Адсорбция на границе раздела твердое тело - раствор / В. Я. Киселев, В. М. Комаров. – Москва: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2005. – 81 с.
5. Wang L. K., Hung Y., Lo H. Waste treatment in the Process Industries. Taylor & Francis Group, 2006. 622 p.
6. Ebrahimi A., Ehrampoosh M., Samaei M. Survey on removal efficiency of linear alkylbenzene sulfonate in Yazd stabilization pond. Int J Env Health Eng. 2015. № 4. P. 1–5.
7. Волкова Г.А., Сторожук Н.Ю. Методы очистки сточных вод, содержащие синтетические поверхностно-активные вещества./ Вестник Брестского государственного технического университета. 2012. №2.
8. Diaper C., Correia V. M., Judd S. J. The use of membranes for the recycling of water and chemicals from dyehouse effluents: an aconomic assessment. J. Soc. Dyers Colour. 1996. № 112. P. 270–280.
9. Dr. Harald Schönberger. Beste verfügbare Techniken in Anlagen der Textilindustrie / Dr. Harald Schönberger, Dr. Thomas Schäfer. – Berlin, 2003. – 379 с.

10. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. [Чинний від 2014-10-23]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 30 с.
11. Венгржановський В. А. Хімічна технологія опоряджувальних матеріалів (Хімія барвників). Хмельницький: Вид-во ХНУ, 2004. 199 с.
12. Papic S., Koprivanac N., Bozic A. L. Removal of reactive dyes from wastewater using Fe(III) coagulant. J. Soc. Dyers Colour. 2000. № 116. P. 352–359.
13. Шевцов В.Н. Глубокая очистка природных и сточных вод на биосорберах / Шевцов В.Н., Яковлев С.И., Морозова К.М. // Водоснабжение и сан. техника. – 1995. – № 11. – С. 6 – 9.
14. Коренман Я. И. Ароматические соединения – экоаналитические проблемы / Коренман Я. И. // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – Т. 12. – С. 35 – 39.
15. Венгржановський В. А. Хімічна технологія опоряджувальних матеріалів (Хімія барвників). Хмельницький: Вид-во ХНУ, 2004. 199 с.
16. Клименко Н. А. Физико - химические методы очистки сточных вод от поверхностно - активных веществ / Клименко Н. А., Тимошенко М.Н. // Химия и технология воды. – 1993. – Т. 15, № 7 – 8. – С. 534 – 566.
17. Fischer, L. Observations and modelling of the reactions of 10 metals with goethite: adsorption and diffusion processes [Text] / L. Fischer, G.W. Brümmer, N.J. Barrow // Eur. J. Soil Sci. – 2007. – № 58. – P. 1304– 1315
18. Вода - самое большое богатство [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.recyrc.ru/article/detail.php?ID=1065>.
19. АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ БАУ-А (1000 ГРАММ) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://alcofanshop.com/aktivirovanniyugol1kg>.

20. Когановский А.М. Адсорбция органических веществ из воды / Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М., Рода И.Г. – Л.: Химия, 1990 – 256 с.
21. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод: Справочник / Лурье Ю. Ю. – М.: Химия, 1984. – 448 с.
22. Montgomery–Brown J. Behavior of alkylphenol polyethoxylate metabolites during soil aquifer treatment / Montgomery–Brown J., Drewes J.E., Fox P., Reinhard M. // *Water Research*. – 2003. – V. 37, № 15. – P. 3672 – 3681.
23. Aktas I. Effect of type of carbon activation on adsorption and its reversibility / Aktas I., Gegen N. // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. – 2006. – V. 81, № 1. – P. 94 – 102.
24. Міхеєв Ю. В. Цивільний захист: метод. вказівки до виконання практ. роб. / Ю. В. Міхеєв, О. В. Землянська – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – електронне видання. URL: <http://ela.kpi.ua/kandle/123456789/3568>.
25. Метод. вказівки до викон. розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах для магістрів хіміко-технологічного факультету / Уклад.: Н. А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, О. В. Землянська – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 62 с.
26. Підлісна О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політех-ніка”, 2002 – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27.