

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та
безпеки життєдіяльності

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до комплексної дипломної роботи бакалавра на тему:

**«РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД
АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЙ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ.
ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД
АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЙ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ»**

Студентка групи ТЗНС-41

Спеціальність:

183 «Технології захисту

навколишнього середовища»

Жигаль В.В.

Керівник:

доц., к.б.н.

Маєвська О.М.

Рецензент: Савон Н.Р.

Львів 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут **деревообробних технологій і дизайну**
Кафедра **технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності**
Освітній рівень **бакалавр**
Спеціальність **183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД
проф. Кшивецький Б.Я.

“26” 02 2025 року

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Жигаль Вікторії Володимірівни

(прізвище, ім'я, по батькові) «

1. Тема роботи «Розроблення технології очищення стічних вод автомийних станцій в населених пунктах. Оцінювання ефективності очищення стічних вод автомийних станцій різними методами»

керівник роботи Маєвська Оксана Михайлівна, канд. біол. наук, доцент,

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

затверджені наказом по “26” лютого 2025 року № С-91.

2. Строк подання студентом роботи до 17 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для роботи є технологічний процес використання води на автомийках самообслуговування.

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

1. Структура автомийних станцій самообслуговування, що знаходяться у містах.

2. Оцінювання ефективності очищення стічних вод автомийних станцій різними методами.

3. Визначення концентрації деяких речовин у пробах стічних вод після проведення процедур очищення за допомогою різних методів.

4. Опис технологічної схеми очищення стічних вод автомийних станцій до потрапляння їх у міські каналізаційні мережі.

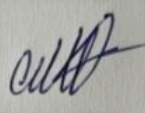
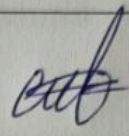
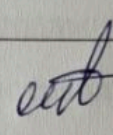
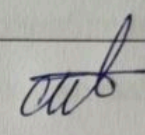
5. Охорона праці.

Висновки

Використана література.

Презентація доповіді у слайдах.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
1. Загальні вимоги з охорони праці на автомийних станціях	Соколовський І.А.		
2. Фактори ризику та заходи запобігання	Соколовський І.А.		

6. Дата видачі завдання 18 лютого 2025 року

Керівник проекту _____ доц. Масвська О.М.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура автомийних станцій самообслуговування, що знаходяться у містах.	До 07.03.2025	
2.	Оцінювання ефективності очищення стічних вод автомийних станцій різними методами.	До 17.03.2025	
3.	Визначення концентрації деяких речовин у пробах стічних вод після проведення процедур очищення за допомогою різних методів.	До 22.04.2025	
4.	Опис технологічної схеми очищення стічних вод автомийних станцій до потрапляння їх у міські каналізаційні мережі.	До 15.05.2025	
5.	Охорона праці	До 13.06.2025	
6.	Оформлення бакалаврської роботи	До 16.06.2025	

Студентка
Керівник проекту  Жигаль В.В.
доц. Масвська О.М.

АНОТАЦІЯ

на дипломну роботу бакалавра на тему «Розроблення технології очищення стічних вод автономних станцій в населених пунктах.

Оцінювання ефективності очищення стічних вод автономних станцій різними методами»

У даній дипломній роботі було проведено оцінювання ефективності очищення стічних вод автономних станцій різними методами та розроблено відповідну технологічну схему очищення стічних вод до потрапляння їх у міські каналізаційні мережі за допомогою локальних очисних систем.

Робота складається з п'яти розділів, а саме:

Розділ 1. Структура автономних станцій самообслуговування, що знаходяться у містах подає. Наведено детальний опис функцій окремого обладнання, а також етапів автотранспорту.

Розділ 2. Оцінювання ефективності очищення стічних вод автономних станцій різними методами містить порівняння ефективності очищення стічних вод за допомогою різних хімічних методів. Як два основні методи очищення було використано комбіноване проведення коагуляції та флокуляції, а також озонування проб.

Розділ 3. Аналіз концентрації деяких забруднюючих речовин у пробах стічної води після проведення процедури очищення включає порівняння концентрацій аніонних поверхнево активних речовин та вмісту поліфосфатів до застосування коагулянтів/флокулянтів, а також до і після проведення озонування. Додатково визначення показника хімічного споживання кисню – одного з основних показників, за яким визначають можливість скидання стічних вод до міських каналізаційних мереж.

Розділ 4. Опис технологічної схеми очищення стічних вод автономних станцій до потрапляння їх у міські каналізаційні мережі включає деталізацію етапів проведення очищення стічних вод автономних станцій за допомогою різних методів та обладнання.

Розділ 5. Охорона праці включає опис дотримання правил техніки безпеки при знаходженні на автомийних станціях, де перебувають автотранспортні засоби, є використання певного обладнання та певних засобів з наявними хімічними компонентами, які можуть спричинити небезпечні прояви у людей.

З М І С Т

ВСТУП	8
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	10
РОЗДІЛ 1. СТРУКТУРА АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЙ САМООБСЛУГОВУВАННЯ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ У МІСТАХ	11
1.1. Основні структурні компоненти типової автомобільної станції самообслуговування	11
1.2. Технологічний процес миття автотранспортних засобів на автомобільних станціях самообслуговування	13
РОЗДІЛ 2. ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЙ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ	17
2.1 Проведення осадження завислих у воді частинок за допомогою коагулянтів і флокулянтів	17
2.2 Проведення озонування проб води	24
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДЕЯКИХ РЕЧОВИН У ПРОБАХ СТІЧНИХ ВОД ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕДУР ОЧИЩЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНИХ МЕТОДІВ	28
3.1. Класифікація поверхнево-активних речовин у мийних засобах	28
3.1.1. Вимірювання концентрації нейногенних поверхнево-активних речовин у пробах води з автомобільних станцій	29
3.1.2. Вимірювання концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин у пробах води з автомобільних станцій після проведення коагуляції/флокуляції та озонування	32
3.2. Якісне оцінювання та кількісне визначення концентрації фосфатів сполук у пробах води після озонування	39

3.3. Визначення показника хімічного споживання кисню у пробах води після коагуляції/флокуляції	44
РОЗДІЛ 4. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЙ ДО ПОТРАПЛЯННЯ ЇХ У МІСЬКІ КАНАЛІЗАЦІЙНІ МЕРЕЖІ	49
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	51
5.1. Загальні вимоги з охорони праці на автоматичних станціях	51
5.2. Фактори ризику та заходи запобігання	51
ВИСНОВКИ	53
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	54

ВСТУП

Індустрія автоматичних станцій самообслуговування стрімко розвивається у всьому світі, зокрема й Україні, завдяки зростанню кількості власників транспортних засобів і попиту на зручні послуги та швидке обслуговування. Наразі більшість таких станцій працюють у форматі самообслуговування, адже він має численні переваги: можливість вибору зручного часу і швидкості проведення процедури миття, дешевша вартість послуги, якісне проведення миття.

Однак використання на автоматичних станціях значних обсягів водних ресурсів, а також великих кількостей миючих засобів із детергентами, приводить до формування значної кількості стічних вод, насичених синтетичними поверхнево активними речовинами. Такі стічні води, потрапляючи неналежно очищеними у муніципальні каналізаційні трубопроводи приводять до загострення проблем, пов'язаних із функціонуванням міських очисних споруд. Більшість очисних станцій в українських містах мають застарілі методи очищення, недосконале обладнання і є значно перевантаженими через збільшені кількості стічних вод, які поступають від добудованих житлових кварталів, функціонуючих закладів міської інфраструктури, скидів неочищених стічних вод від підприємств, у яких відсутні локальні очисні споруди. Існуючі потужності більшості міських очисних споруд першопочатково не були розраховані на такий спектр і кількість забруднень, тому загрозливою є ситуація з потраплянням недостатньо очищених стічних вод у водні об'єкти та забруднення басейнів річок. Дуже часто такі поверхневі водні об'єкти розглядаються як потенційні об'єкти для водозабору і водопідготовки природної води до стану питної. Однак перевищення величини забруднень спричиняє до відмови використання такої води і ускладнює проблему альтернативного пошуку джерел водопостачання.

Стічні води автоматичних станцій містять широкий спектр небезпечних домішок: детергенти миючих засобів, нафтопродукти, завислі речовини, важкі метали та інше. Такі забруднення є загрозливими при потрапленні до водних

об'єктів, ґрунтів і здоров'я людей. З огляду на це, виникає потреба в покращенні наявних технологій очищення стічних вод автомийок, а також розроблення нових способів, які будуть більш дієвими. Помітна нестача комплексних досліджень, які оцінюють ці фактори за всіма відповідними категоріями впливу. Це дослідження має на меті частково заповнити ці прогалини.

У межах дипломної роботи передбачене розроблення технології очищення стічних вод автомийних станцій у межах міста та здійснення порівняльного аналізу ефективності різних методів очистки. Було проведено осадження завислих у воді частинок методом коагуляції та флокуляції, а також озонування проб.

Актуальність проведеного дослідження визначається потребою зниження техногенного впливу на навколишнє середовище та впровадження ефективних систем водовідведення та очищення у межах міста. Результати роботи можуть стати основою для проєктування нових або вдосконалення наявних водоочисних споруд на станціях.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ПАР – поверхнево–активні речовини

СПАР – синтетичні поверхнево–активні речовини

НПАР – нейоногенні поверхнево–активні речовини

АПАР – амфолітні поверхнево–активні речовини

КПАР – катіонні поверхнево–активні речовини

ХСК – хімічне споживання кисню

ГДК – гранично допустимі концентрації

НПАОП – нормативно-правові акти з охорони праці

РОЗДІЛ 1. СТРУКТУРА АВТОМИЙНИХ СТАНЦІЙ САМООБСЛУГОВУВАННЯ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ У МІСТАХ

1.1. Основні структурні компоненти типової автомийної станції самообслуговування

Типова автомийна станція самообслуговування є складним технологічним комплексом, який надає клієнтам можливість самостійного миття транспортних засобів без залучення додаткового персоналу [1]. Структура типової автомийної станції самообслуговування представлена на рис 1.



Рис. 1. Типова автомийна станція самообслуговування з декількома постами

Користувач повністю контролює процес миття, самостійно обирає режим, тривалість та інтенсивність миття, застосовуючи для цього спеціальне обладнання, яке розміщене у мийних постах. Такий формат миття набуває популярності завдяки простоті у використанні, економічності та доступності. Це ще й можливість швидко, якісно та недорого помити автомобіль у зручний час,

без черг. За час миття одного легкового автомобіля зазвичай використовується 60 л води, а витрата води на вантажівку складає приблизно 80 л.

Мийні пости — це відокремлені бокси або відкриті платформи (рис. 2), на яких встановлене необхідне обладнання для миття автомобіля та пульти керування. Кожен пост обладнаний пістолетом високого тиску, що подає воду з різною інтенсивністю, а також пристроями для нанесення миючих засобів і піни. Додатково на постах можуть бути щітки для ручного чищення.



Рис. 2. Мийний пост на автомийній станції самообслуговування

На зображенні, наведеному на рис. 1, подана мийна станція самообслуговування, яка складається з чотирьох постів. Система водопостачання є ключовим елементом, що відповідає за подачу чистої води. Середня витрата води на такій мийці за годину приблизно $2,2\text{м}^3$.

На рис. 3 зображене технічне приміщення, у якому розміщено обладнання для роботи всієї системи. До такого обладнання відносяться насоси високого

тиску, бойлери (для підігріву води), система фільтрації (механічна, осмотична або пом'якшення), хімічні дозатори (для піни, воску тощо), компресор.



Рис. 3. Технічне приміщення автомийної станції самообслуговування

1.2. Технологічний процес миття автотранспортних засобів на автомийних станціях самообслуговування

Технологічний процес миття автомобіля на мийці самообслуговування включає низку послідовних операцій, спрямованих на ефективне очищення кузова автомобіля [2]. На мийному майданчику розміщений пульт керування, який виготовлений з міцної антикорозійної сталі (рис. 4). За допомогою натискання кнопок можна обрати потрібний режим.

1. Вода під тиском — для попереднього змочування, подача звичайної холодної води.

2. Очисник — для видалення різних типів забруднень.

3. Активна піна — через сопло пістолета подається автохімія, яка швидко і якісно розчиняє бруд.

4. Тепла вода — підігріта до певної температури вода, що видалляє залишки бруду та хімії.

5. Віск — з його допомогою обробляється кузов автомобіля, це забезпечує блиск лакофарбовому покриттю.

6. Осмос — вода, яка була очищена за допомогою процесу зворотного осмосу.
7. LuxNano — висококонцентрована рожева піна.
8. Пауза — тимчасове призупинення процесу.
9. Чорніння коліс — процес надання їм насиченого чорного кольору.



Рис. 4. Пульт керування на мийному майданчику станції миття транспортних засобів

Подача піни відбувається з використанням червоного пістолету, який зображений на рис. 5. Для посиленої дії достатньо витримати засіб 2-3 хв. Далі застосування води під тиском з синього пістолету, представленого на рис. 6, для усунення залишків піни. За допомогою нього також можна виконувати ряд інших функцій, перелічених вище.



Рис. 5. Подача піни з червоного пістолету

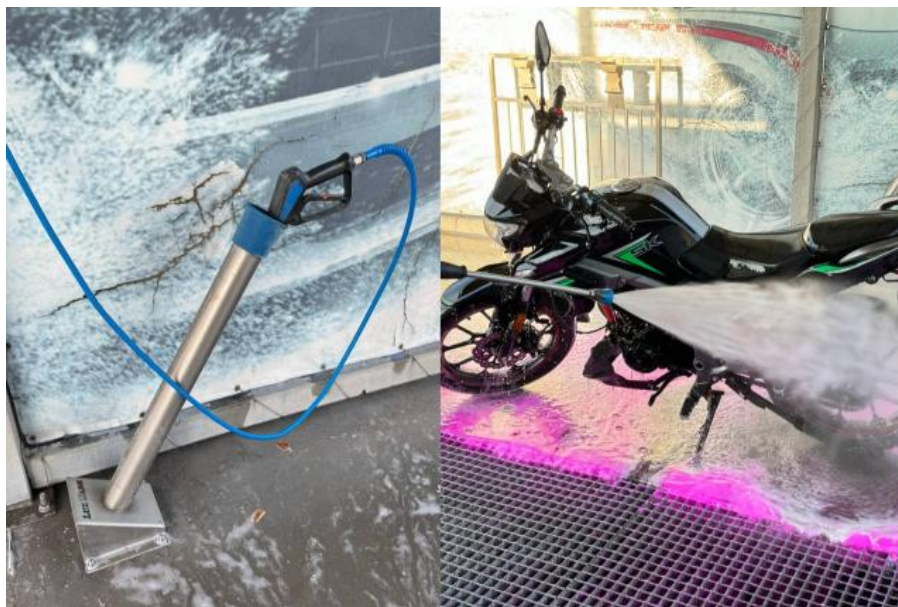


Рис. 6. Подача води з синього пістолету

Завершальним етапом йде нанесення захисного шару воску та фінальне ополіскування водою, яка очищена за допомогою процедури зворотного осмосу. Процес водовідведення відбувається за допомогою жолобів, покритих ґратами, як це зображено на рис. 7. Саме в них стікає вода та піна з поверхні майданчика після миття автомобілів. Вони направляють стічні води далі в систему очищення. Зазвичай жолоби розташовуються у центрі мийного

майданчика під певним кутом для кращого потрапляння стічних вод до колодязів чи каналізаційних мереж.

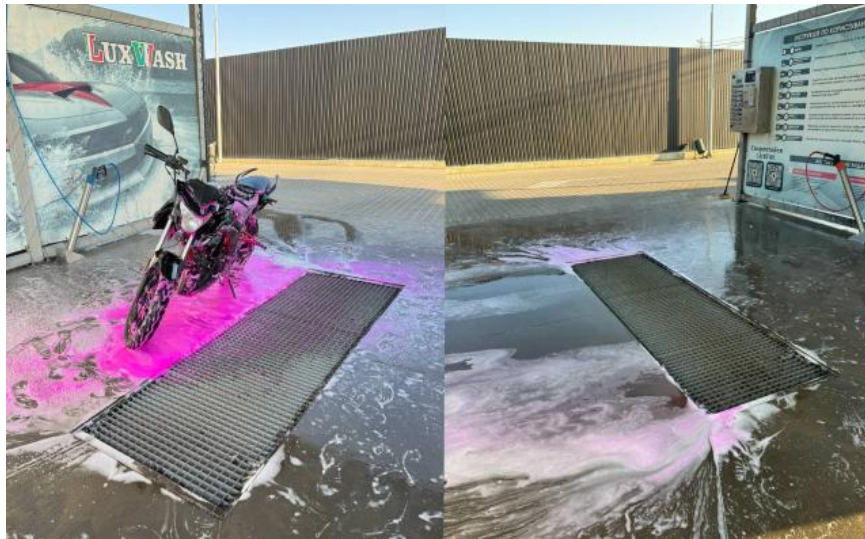


Рис. 7. Вода та піна, які стікають в жолоби

Таким чином, поданий вище опис структури автомийної станції та етапів миття транспортних засобів на ній вказує на строгу послідовність у виконанні процедури миття.

РОЗДІЛ 2. ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД АВТОМИЙНИХ СТАНЦІЙ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

Проведення освітлення відібраних зразків стічних вод проводили за допомогою коагуляції/флокуляції, а деструкцію органічних речовин у них здійснювали при використанні озонатора.

2.1. Проведення осадження завислих у воді частинок за допомогою коагулянтів і флокулянтів

Для вибору методів очищення необхідним є попередній аналіз складу забруднень, які наявні у стічних водах [3]. Розуміння етапів миття автотранспорту, на яких налипають частинки різного бруду – глини, піску, пилу та інших частинок, а також наявність таких забруднень на поверхнях плитки чи іншого покриття на підлогах автомийних станцій вказує на наявність значної кількості завислих частинок. Потрапляння їх у трубопроводи інженерних мереж спричиняє їхнє механічне пошкодження через налипання, а наявність певних хімічних сполук може спричинити й корозійні пошкодження. Тому першопочатковим завданням є осадження таких завислих домішок. Його можна проводити різними методами, найпростішим з яких є гравітаційне осадження. Тривалість його є достатньо високою, а кількість часу впродовж якого стічні води перебувають у колодязях перед скиданням у каналізаційні системи (від 12 до 18 годин) може бути недостатньою для повного осадження таких частинок. Пришвидшення осідання завислих частинок можна досягнути застосуванням різноманітних коагулянтів і флокулянтів [4].

Коагуляція та флокуляція є ключовими стадіями в технологіях очищення природних і стічних вод. Це два окремі процеси, які виконуються послідовно, коли дрібнодисперсні колоїдні та завислі частинки тривалий час не осідають самостійно [5].

Коагуляція – процес, при якому відбувається самовільне об'єднання частинок в крупніші агрегати. Таке укрупнення відбувається завдяки додаванню спеціальних реагентів – коагулянтів. Коагуляція використовується для

освітлення побутових і виробничих стічних вод від завислих домішок, а також органічних компонентів, до яких відносяться й емульсії і суспензії з наявними у них колоїдними частками (їхній розмір коливається в діапазоні від 0,001 до 0,1 мкм). Як коагулянти найчастіше застосовують розчинні у воді солі алюмінію чи феруму, такі як $Al_2(SO_4)_3$ або $FeCl_3$, їхні суміші, які внаслідок гідролізу утворюють гідроксосолі з пористою структурою. Основною причиною є їхня висока ефективність та відносно помірна вартість. Пластівці коагулянтів сорбують речовини, що забруднюють стічні води, і осідаючи разом з ними, очищають воду. Типова схема процесу коагуляції представлена на рис. 8.

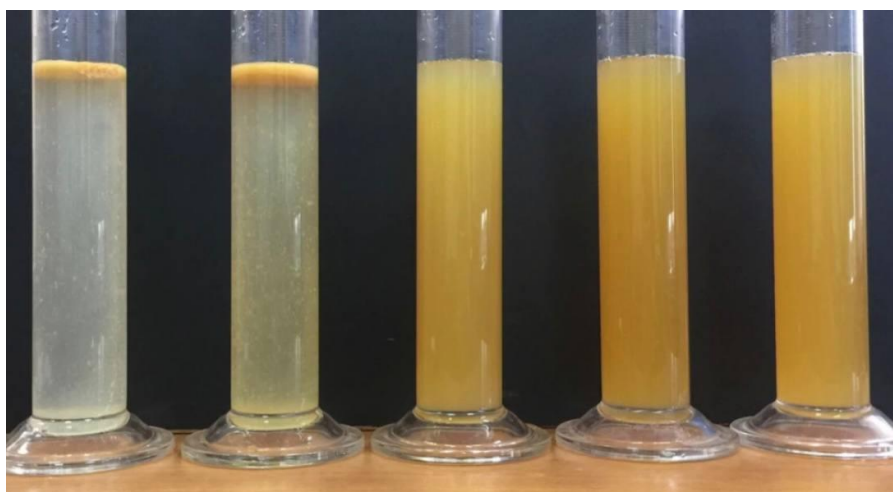


Рис. 8. Схема дії коагулянтів на формування згустків у забруднених стічних водах (фото взяте із сайту <https://ecosoft.ua/ua/blog/chem-flokulyanty-otlichayutsya-ot-koagulyantov/>)

Наступним етапом після коагуляції (нейтралізація заряду) застосовується процес додавання флокулянтів. Флокуляція приводить до збільшення розмірів пластівців, на яких осідають забруднені речовини, та забезпечує їхню тривалу стійкість. Потім вони з легкістю осідають або ж піддаються фільтрації. Флокулянти є органічними полімерними високомолекулярними сполуками. Зразки, у які послідовно додають флокулянти, повільно перемішують для забезпечення контакту частинок і флокулянтів та убезпечення руйнування утворених агрегатів.

Схема дії флокулянтів на осадження завислих частинок у стічних водах, утворення пластівців та формування агрегатів представлена на рис. 9: на зображенні зліва поданий процес оточення скоагульованих пластівців

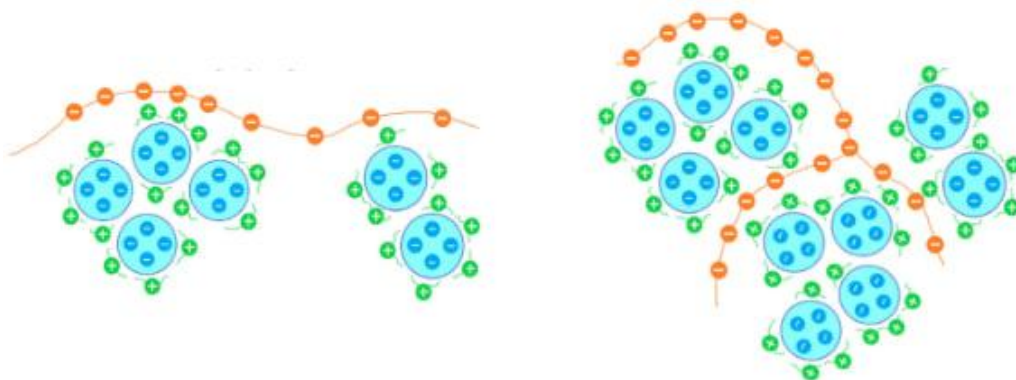


Рис. 9. Схема посилення процесу утворення агрегатів із забрудненими компонентами стічних вод при дії флокулянтів (фото взяте із сайту <https://ecosoft.ua/ua/blog/chem-flokulyanty-otlichayutsya-ot-koagulyantov/>)

ланцюжками молекул флокулянтів; на зображенні справа – збільшення та ущільнення пластівців під дією флокулянта.

У дії коагулянтів та флокулянтів є певні відмінності [6]. Осадження частинок забруднень коагулянтами відбувається завдяки електролітичному впливу. Через це вони втрачають свій заряд і зв'язуються у більші сполуки. Процес коагуляції може займати різний час – від кількох секунд до кількох хвилин. Утворюється осад, який швидко осідає і легко доступний для видалення із води.

Флокулянти забезпечують якісніше очищення води. Дія флокулянтів проявляється в об'єднанні частинок та формуванні полімерних мостів. При цьому зберігаються їхні електролітичні властивості. Процес флокуляції може тривати десятки хвилин.

Алгоритм експериментального дослідження стічних вод

1. Перед початком досліджень пробу стічної зразок перемішують і струшують.
2. У мірний стакан відбирають 200 мл проби.
3. Вимірюють рН середовища і за потреби корегують.

Якщо $pH < 7,5$ — додають розчин NaOH до досягнення $pH = 8,5-9$

Якщо $pH > 9$ — розчин HCl 1:3, до $pH 8,5$.

4. Пробу розливають у дві склянки по 100 мл.

5. У першу склянку додають 3 краплі алюмовмісного коагулянту і перемішують. Спостерігають, чи почався процес розділення фаз.

6. У випадку відсутності початку розділення, додають ще краплю коагулянту. Перемішують та повторюють дію доти, доки не буде бажаного результату розділення фаз. Записують загальну витрату коагулянту.

7. У другу склянку додають 3 краплі розчину залізовмісного коагулянту і проводять процес як описано вище.

Проведення процесу підбору коагулянтів/флокулянтів для оптимального процесу осадження завислих у воді частинок

Дослідження проводилось із використанням різних коагулянтів та флокулянтів, які по-різному впливали на час осадження та показали різну ефективність. Були підібрані найефективніші коагулянти і флокулянт 1011, з якими проводились подальші дослідження.

Осадження відбувалося на двох пробах води з типової мийки самообслуговування. Перший зразок – вода, яка збирається після миття автомобілів, тобто з першого колодязя. Цій воді властивий темний колір, спричинений наявністю великої кількості бруду, який розподіляється у пробі як завислі частинки. Присутній неприємний запах, вода піниться при збовтуванні.

Другий зразок — вода з іншого колодязя, перед скидом у каналізаційну мережу. Має світліший колір, каламутна, піниться, має неприємний запах (рис.10).



Рис. 10. Перша вода – зібрана з колодязя 1. Друга – перед скидом у каналізаційну мережу

Проведення осадження завислих частинок у пробі стічної води з колодязя 1

Відібрано пробу об'ємом 200 мл, перемішано та виміряно рН середовища. Вона становила 7,62. Така вода потребує мінімального коригування рН до досягнення $pH \approx 8,0$. Проба води була розлита у дві склянки по 100 мл. У першу додано 1 краплю каустика, добре перемішано. Наступний крок капаємо 3 краплі алюмовмісного коагулянту. Вкінці додано 3 краплі флокулянту під маркою 1011. Спостерігається розділення фаз, пластівці осіли, але вода залишається не до кінця чистою.

При осадженні завислих частинок у другій склянці проводились ті самі дії, але вже з використанням залізовмісного коагулянту та інших компонентів, доданих у таких співвідношеннях:

- 1 крапля каустика, 3 краплі залізовмісного коагулянту, 3 краплі флокулянту 1011.

Така пропорція доданого коагулянту-флокулянту привела до кращого формування агрегатів і швидшого освітлення вода порівняно із пробою із алюмовмісним коагулянтом. Результати отриманих досліджень представлені на рис. 11.



Рис. 11. Результати формування агрегатів та їхнього осадження під дією різних коагулянтів та флокулянта 1011: у першій склянці – стічна вода, набрана із першого колодязя; друга склянка – використання алюмовмісного коагулянта; третя склянка – осадження завислих речовин при застосуванні залізовмісного коагулянта.

Проведення осадження завислих частинок у пробі стічної води з колодязя 2

Для початку визначено рН у пробі об'ємом 200 мл. Значення становило 9,34, тому проведено мінімальне зниження рН до 8,0 за допомогою додавання кількох крапель HCl. Пробу поділено на 2 рівні об'єми по 100 мл кожен. У першу склянку додано 1 краплю каустика, далі 3 краплі алюмовмісного коагулянту та проведено ретельне розмішування проби. У даному варіанті для розділення фаз знадобилось 4 краплі флокулянту 1011. Спостерігаємо не зовсім інтенсивне розділення фаз, вода залишається каламутною, як це можна спостерігати на зображенні, поданому на рис. 12 (склянка 2).

У склянку номер 2 внесли 1 краплю каустика. Дозу залізовмісного коагулянту було зменшено до двох крапель і додано 3 краплі флокулянту 1011. Бачимо процес розділення, вода чиста, тож дана схема працює краще. Утворений осад забарвлений у помаранчевий колір через наявність феруму у доданому коагулянті, але додавання його меншої кількості, погіршує процес осадження.

Однак для такого випадку необхідним є контроль за вмістом заліза в очищеній пробі.



Рис. 12. Процес осадження завислих частинок у пробі стічної води з колодязя 2: у першій склянці – стічна вода перед скиданням у каналізаційну мережу, у другій склянці представлено осадження при використанні алюмовмісного коагулянта та флокулянта 1011, у третій склянці наведено результати осадження із послідовним застосуванням залізовмісного коагулянта і флокулянта 1011.

Таким чином, проведені дослідження свідчать, що ефективність процесів осадження завислих частинок при використанні коагуляції та флокуляції залежить від таких чинників:

- природи та концентрації забруднень у пробах стічної води;
- типу і дози доданого коагулянта чи флокулянта;
- рН середовища;
- швидкості та часу перемішування.

Для нашого випадку для обох тестованих проб стічної води оптимальним було використання поверхнево-активні речовини залізовмісного коагулянту та флокулянту 1011. Очищені таким чином проби відбирались для подальшого тестування на наявність окремих забруднень і визначенні їхнього кількісного вмісту.

2.2. Проведення озонування проб води

Процес озонування широко застосується як у водопідготовці природної води до стану питної, так і при очищенні стічних вод різного походження на етапі проведення знезараження. Озон як потужний окислювач здатний приводити до деструкції органічних речовин, а також знешкодження мікроорганізмів та вірусів. Озонатори також використовуються для освітлення води та позбавлення її неприємного запаху. Залишковий озон після завершення процесу розпадається на кисень, не залишаючи небезпечних сполук у очищеній воді. Таким чином, перевагою даного методу є ефективне знезараження, відсутнє вторинне забруднення, яке спостерігається при використанні хлоровмісних сполук [7].

Озон – газ із різким характерним запахом, який складається з трьох атомів кисню. Хімічна формула його O_3 . Це один з найсильніших окиснювачів, тому він активно реагує з речовинами, які містяться у стічних водах. Використовується для знезараження води та повітря. Даний газ утворюється з молекулярного кисню (O_2) при пропусканні електричного розряду через воду або під дією ультрафіолетового випромінювання [8].

Прилад, який використовується для озонування, призначений для побутової мети – очищення води чи продуктів від небезпечних домішок. Озонатор, який використовувався у наших дослідженнях, представлений на рис. 13. Комплектація його включає три дифузні насадки-камені та дві силіконові трубки. Продуктивність отримання озону складала 400 мг/год.

Для проведення досліджень нами були обрані два режими отримання і впливу озону на зразки стічних вод автоматичних станцій самообслуговування – 15 і 30 хвилин.



Рис. 13. Озонатор, який використовувався для очищення проб стічної води автомийних станцій

Отриманий внаслідок роботи приладу озон подається у ємність з водою, або реактор зі стічною водою за допомогою розпилювальних камер або пористих дифузорів. Процес його утворення візуально виглядає як утворення дрібних бульбашок (рис.14).



Рис. 14. Процес утворення бульбашок озону під час методу озонування

Під час озонування обох проб води з різних колодязів автоматичних станцій спостерігалось утворення великої кількості піни (рис.15), відсутньої у зразку водопровідної води. Це свідчить про наявність у пробах стічних вод великої кількості синтетичних поверхнево активних речовин.



Рис. 15. Утворення великої кількості піни у зразках стічних вод із різних колодязів при проведенні озонування

Візуальне обстеження зразків води із колодязя 1, де була наявною велика кількість завислих речовин, показав освітлення зразків після обох часових режимів озонування – за 15 і 30 хвилин (рис. 16).

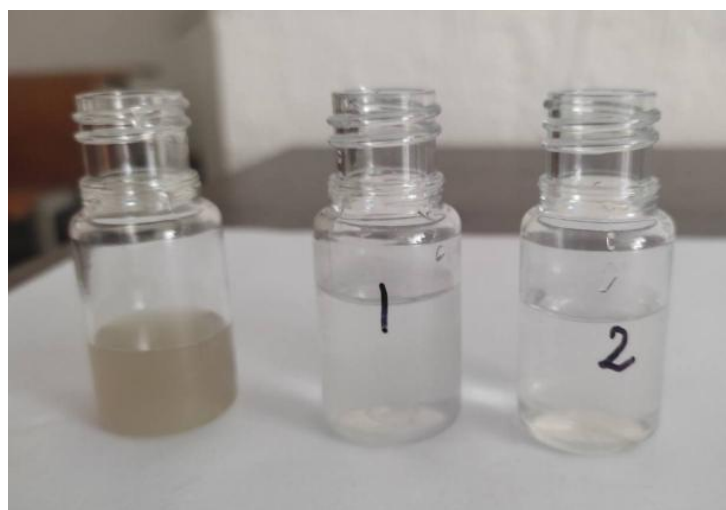


Рис. 16. Освітлення зразка стічної води із колодязя 1 після озонування: непідписаний зразок - до озонування; 1 - після озонування впродовж 15 хв; 2 - після озонування 30 хв.

Отримані після озонування проби відбирались для проведення в них подальшого хімічного аналізу на якісний і кількісний вміст деяких забруднюючих речовин, зокрема синтетичних поверхнево активних речовин і поліфосфатів.

РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДЕЯКИХ РЕЧОВИН У ПРОБАХ СТІЧНИХ ВОД ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕДУР ОЧИЩЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНИХ МЕТОДІВ

3.1 Класифікація поверхнево-активних речовин у мийних засобах

Поверхнево–активні речовини різної хімічної природи можуть бути присутніми в господарсько-побутових і промислових стічних водах виробництв, де активно використовують різноманітні миючі засоби. Скидання таких неочищених або недостатньо очищених вод у водні об’єкти, негативно впливає на стан води у них, позначаючись на змінах фізико-хімічних характеристик і впливаючи на наявні у них живі організми. За походженням бувають природні поверхнево-активні речовини та синтетичні поверхнево-активні речовини. Щодо здатності до розпаду у воді такі органічні сполуки поділяться на іоногенні і неіоногенні. Іоногенні поверхнево-активні сполуки класифікуються як аніонні, катіонні та амфотерні [9].

Аніонні поверхнево-активні речовини зазнають дисоціації у воді, при цьому утворюється поверхнево активний аніон. До сполук цього класу відноситься основна частина вироблених у світі миючих засобів.

До складу синтетичних миючих засобів входять різні компоненти, зокрема малотоксичні алкілсульфати, які здатні до біологічного розпаду на 90-95%. Часто у складі таких засобів зустрічається лауритсульфат натрію, наявність якого асоціюється із появою стійкої піни при застосуванні миючих засобів різного призначення – від побутових до промислових.

Серед поверхнево-активних речовин, зустрічаються такі представники, що легко окислюються (наприклад, первинні та вторинні алкілсульфати), тоді гу синтетичні поверхнево-активні речовини із розгалуженим алкільним ланцюгом практично не піддаються окислення і є дуже стійкими.

Катіонні поверхнево-активні речовини розпадаються у воді, дисоціюючи до поверхнево активного катіона. Представниками такого класу поверхнево-активних речовин є зокрема солі аліфатичних ароматичних амінів та солі

алкілзаміщених амонієвих основ. Такі поверхнево-активні речовини відносяться до найтоксичніших, а час їхнього руйнування є дуже значним.

До складу амфотерних поверхнево-активних речовин входять дві функціональні групи, завдяки яким вони набувають кислотно-основних властивостей. Залежно від рН середовища такі поверхнево-активні речовини часто виступають стабілізаторами емульсій.

Неіоногенні поверхнево-активні речовини дисоціюють на іони у водних розчинах. Зміна довжини поліоксиетиленового ланцюга у їхньому складі спричиняє зміну їхніх колоїдно-хімічних властивостей. Значними недоліками цих нейоногенних поверхнево-активних речовин є їхній тривалий розпад через наявність в їхньому складі ароматичного радикала. Така особливість спричиняє накопичення таких сполук в компонентах навколишнього середовища, зокрема у воді та ґрунтовому покриві. На противагу неіоногенні поверхнево-активні речовини з алкільними радикалами дисоціюють швидко і значною мірою.

Важливим є врахування поведінки поверхнево-активних речовин у воді. Так, одну групу складають органічні сполуки, розчинні у воді, до складу яких входить невеликий вуглеводневий радикал (нижчі спирти, феноли, кислоти тощо). У розчинах такі речовини є в молекулярно-дисперсному стані, тобто знаходяться у двох фазах. Їх використовують як змочувачі, піноутворювачі, диспергатори тощо.

До сполук другої групи відносяться колоїдні поверхнево-активні речовини, які власне і детермінують як «поверхнево-активні речовини». Їхня основна особливість – здатність формувати термодинамічно стійкі гетерогенні системи. Саме ця особливість визначає широке застосування таких сполук у складі миючих засобів.

3.1.1. Вимірювання концентрації нейоногенних поверхнево-активних речовин у пробах води з автомийних станцій

Принцип методу і проведення визначення

Оскільки кількісному визначенню нейоногенних поверхнево-активних речовин не перешкоджає наявність аніонних поверхнево-активних речовин та

катіонних поверхнево-активних речовин, тому їхню концентрацію визначали без додаткової підготовки проби. Проведення визначення проводили, послуговуючись методикою, наведеною у [10].

Послідовність виконання роботи

Для стічних вод, які містять неіоногенні поверхнево-активні речовини у концентрації до 0,2 мг/л, використовують методику, яка ґрунтується на взаємодії нейоногенних поверхнево-активних речовин з йодом та хлоридом барію.

Побудова градувального графіка

Спочатку готують робочі розчини, зокрема

- розчиняють 12,7 г йоду та 25 г калій йодиду в 1 л дистильованої води;
- змішують 100 мл розчину хлоридної кислоти (1:4) із 100 мл 10% розчину барій хлориду у співвідношенні 1:1;
- два вище приготовані розчини змішують у співвідношенні 1:3.

На наступному етапі готують робочі розчини нейоногенних поверхнево-активних речовин з різними концентраціями для побудови градувального графіка. Беруться такі співвідношення 0,01 г/л вихідного неіонного поверхнево-активного розчину, розведеного різними співвідношеннями води, що отримуються 6 розчинів з концентраціями нейоногенних поверхнево-активних речовин - 0,0004; 0,0012; 0,002; 0,0028; 0,004 і 0,0048 г/л. Кожний розчин після 20 хвилинного витримування фотометрували при 490 нм проти контрольного розчину зі всіма компонентами, окрім неіонногенних поверхнево-активних речовин. За отриманими результатами (величиною оптичного поглинання) будують градувальний графік, як це відображено на рис. 17.

Визначення нейоногенних поверхнево-активних речовин у пробах стічної води автомийних станцій. До мірної колби на 25 мл піпеткою послідовно вносять 1,5 мл робочого розчину реагентів, приготування яких зазначене вище і вносять певні кількості проби (від 1 до 23 мл в залежності від передбачуваної у воді концентрації нейоногенних поверхнево-активних речовин)

і доводять до позначки дистильованою водою, збовтують і витримують 20 хв. Далі фотометрують при тих же умовах, як у методиці, описаній вище. Дані фотометрування вносять у таблицю (як це наведено для таблиці 1).

За графіком, наведеним на рис. 17, визначають концентрацію нейоногенних поверхнево-активних речовин у досліджуваних пробах. Їхні концентрації у стічній воді обраховуються за формулою

$$C_x = 10a V \text{ (мг/л), д}$$

де а - кількість нейоногенних поверхнево-активних речовин згідно з графіком, г/л;
V - об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Таблиця 1. Результати фотометрування проб води із заданою концентрацією нейоногенних поверхнево-активних речовин для побудови градуйованого графіка

C, мг/л	A
0.4	0.912
1.2	0.472
2	0.332
2.8	0.292
4	0.242
4.8	0.226

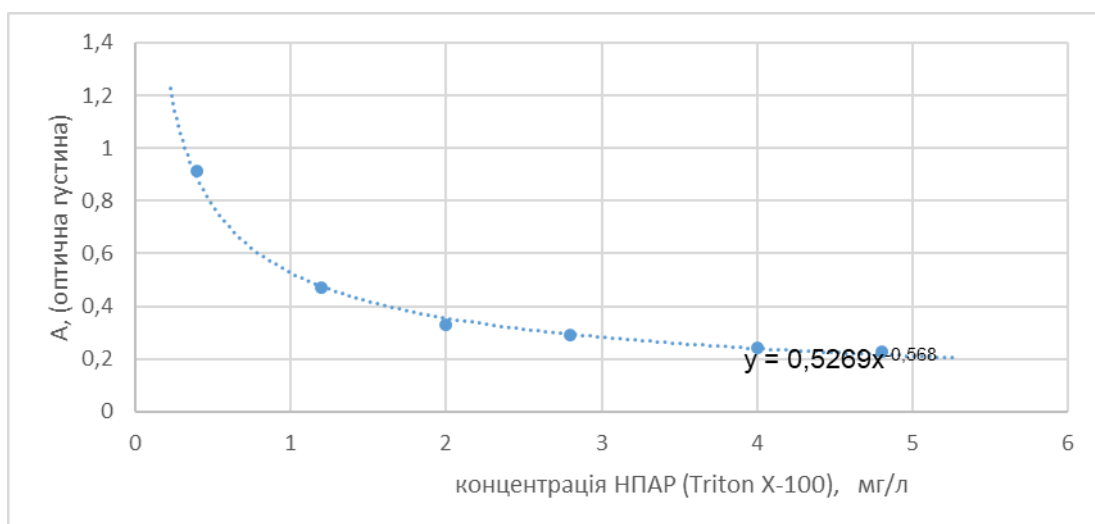


Рис. 17. Градуирований графік для визначення концентрації нейоногенних поверхнево-активних речовин у досліджуваних пробах стічної води

Варто зазначити, що ГДК нейоногенних поверхнево-активних речовин у воді поверхневих водних об'єктів водойм складає 0,1 мг/л.

Для визначення вмісту нейоногенних поверхнево-активних речовин у досліджуваній воді у колбу об'єму 25 мл вносили 1.5 мл робочого розчину барій хлориду і йоду в калій йодиді додавали досліджуваної стічної води до 25 мл. Перемішували і за 20 хв вимірювали оптичну густину, яка становила 1.250.

Висновки: отриманий градувальний графік в літературі розділяють на дві частини і проводять дві прямі. В цьому випадку перша пряма мала би бути по перших трьох точках.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження встановлено, що в даних пробах неіоногенні поверхнево-активні речовини в досліджуваній воді були відсутні, або їхня концентрація була дуже низькою.

3.1.2. Вимірювання концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин у пробах води з автономних станцій після проведення коагуляції/флокуляції та озонування

Оцінювання концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин проводиться з використанням тіазинового барвника відомого як метиленовий блакитний, структура якого наведена на рис. 18.

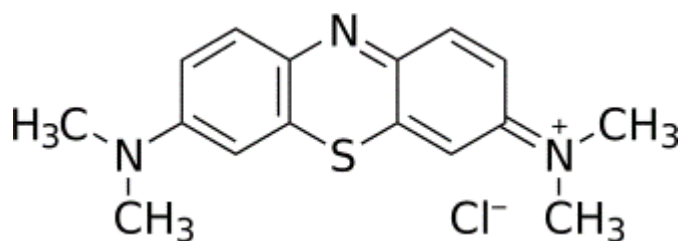


Рис. 18. Формула метиленового блакитного

Вимірювання концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин включає двофазне титрування. Як титрант у даній методиці застосовують хлориду бензотоніум. В процесі титрування відбувається взаємодія аніоногенних поверхнево-активних речовин з катіоногенними з утворенням йонної поверхнево-активні речовини. Результатом такої взаємодії є утворення

незарядженої сполуки, яку легко екстрагувати неполярним розчинником, наприклад хлороформом чи метиленхлоридом.

Протікання цієї реакції контролюється за допомогою застосування водорозчинних катіонних барвників, як, наприклад, метиленового блакитного. Зміна забарвлення органічної фракції відмічається у точці еквівалентності.

Використання цієї методики ускладнюється проблемами із визначенням кінцевої точки, а також формуванням емульсій при наявності певних нижчих спиртів. Варто також відмітити, що зниження отриманих концентрацій може бути пов'язане із наявністю катіонних поверхнево активних речовин. Також перед початком титрування потрібно усунути залишки гіпохлоридних відбілювачів, адже їхня наявність приводить до руйнування більшості використовуваних індикаторів.

Утворений з метиленовим блакитним комплекс аніоногенних поверхнево-активних речовин екстрагують за допомогою хлороформу. Інтенсивність поглинання інтенсивно забарвлених в синій комплексів детектують при $\lambda=652$ нм. Незважаючи на те, що при екстрагуванні в екстракт потрапляє вода, варто зачекати 20-30 хвилин, поки не відбудеться повного розділення фаз. Чутливість методу складає 0,5-5,0 мг/л.

Коректному вимірюванню концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин можуть перешкоджати наявні в пробах стічної води сполуки, такі як сульфідні та/чи сульфатні, які можуть відновлювати метиленовий блакитний. Додавання до розчину гідроген пероксиду запобігає процесам окислення. Негативний вплив на вимірювання може бути спровокований наявністю й інших сполук, наприклад хлоридів чи білків. Запобігти такому впливу можна за допомогою комплексу при створенні лужного рН не менше 10,0. Ще одні перешкоджаючі агенти, а саме катіоногенні поверхнево-активні речовини, які можуть формувати з аніонними поверхнево-активними речовинами стійкі безколірні сполуки, можна вилучити при прогоні досліджуваних проб через колонку, наповнену катіонітом.

Якісні реакції на поверхнево-активні речовини різних класів

Ідентифікацію класу поверхнево-активних речовин проводять з використанням барвника метиленового блакитного (8 мл), до якого додають хлороформ (5 мл) і далі по краплях вводять 0,05% розчин аніоногенної сполуки відомої природи. Внесення порцій такої речовини повинно супроводжуватись інтенсивним перемішування розчинів у пробірці. Найоптимальніше проводити це методом струшування після якого необхідно забезпечити можливість для процесу розділення фаз. Аналізують проходження такого розділення, зокрема відмічають поступову екстракцію розчину сполуки відомої аніоногенної поверхнево-активної речовини з метиленовим блакитним в нижню фазу хлороформу (візуально це спостерігається як менш забарвлена у блакитне фаза). Припинення додавання по краплях розчин аніоногенної сполуки завершують при досягненні однакового рівномірного забарвлення всього досліджуваного розчину.

Розчин останньої додають доти, доки забарвлення водного та хлороформного шарів зрівняється і стане блакитним. Наприкінці вносять 2 мл Потім додають 2 мл розчину проби, в якій проводять ідентифікацію природи поверхнево-активної речовини. Після струшування-відстоювання спостерігають за зміною забарвлення водного і хлороформного шарів. Знебарвлення водної фази і набуття темно-синього кольору фази з хлороформом вказує, що в аналізованій пробі води наявною є поверхнево-активна речовини, яка є аніоногенною. На противагу знебарвлення фази з хлороформом та темно-синій колір водної фази свідчить про наявність у досліджуваній пробі катіоногенних поверхнево-активних речовин. Відсутність зміни забарвлення фаз вказує на неіоногенну природу наявних у стічних водах поверхнево-активних речовин.

У нашому випадку внесення надмірної кількості метиленового блакитного приводив до набуття синього колір верхнім водним шаром, якщо порівнювати його з нижнім шаром, у якому присутній комплекс хлороформ-лаурилсульфат. При внесенні до цієї проби 2 мл досліджуваної води, відмічено потемніння нижнього хлороформного шару.

Це доводить наявність у досліджуваній воді аніоногенної поверхнево-активної речовини, оскільки за присутності катіоногенних поверхнево-активних

речовин нижній шар мав би посвітліти, а натомість верхній - потемніти. Отже, робимо висновок про наявність у пробах стічних вод аніоногенних поверхнево-активних речовин, що візуально можна спостерігати на забарвленнях у пробірках, поданих на рис. 19.

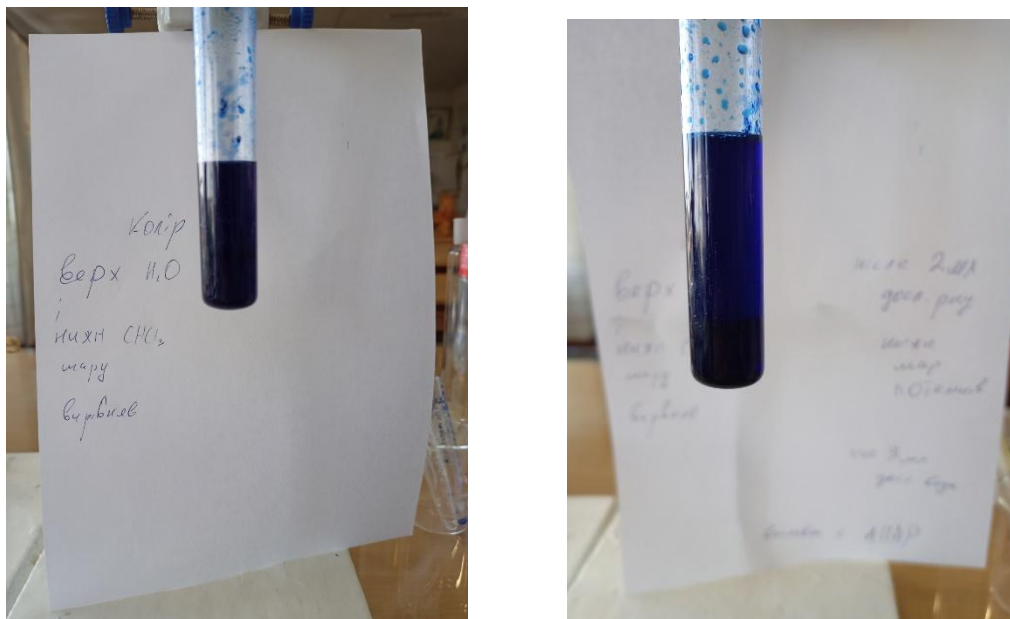


Рис. 19. Якісне виявлення належності поверхнево-активних речовин до аніонного чи катіонного класу

Таким чином, за результатами якісного аналізу встановлено, що наявні у досліджуваних пробах води поверхнево-активні речовини, відносяться до аніоногенних, тому подальше вимірювання їхньої концентрації проводять за допомогою методики, описаної у [11].

Фотометричне оцінювання аніоногенних поверхнево-активних речовин у досліджуваних пробах стічних вод

Для приготування фосфатного буферу розчиняють 10 г Na_2HPO_4 у 900 мл дистильованої води та доводять рН буферного розчину до 10,0 поступовим додаванням по краплях 1 н NaOH . Загальний об'єм розчину становить 1 дм^3 . Для приготування розчину метиленового блакитного з нейтральним рН 0,35 г барвника розчиняють в 1 дм^3 дистилату. Розчин барвника із $\text{pH} \leq 5,0$ готують так: аналогічну кількість барвника, яку наведено вище, розчиняли в 0,5 л дистилату і доводили рН концентрованою H_2SO_4 (орієнтовно 6,5 мл). Загальний об'єм розчину доводять до 1 дм^3 . На наступному етапі у ділильну ліжку об'ємом 0,5 л

додають порцію проби води, так щоб кожні 100 мл розчину були доповнені 10 мл фосфатного буферу з рН, рівним 10,0. Далі вносять розчин метиленового блакитного в об'ємі 5 мл. Після додавання 15 мл хлороформу проводять інтенсивне струшування впродовж 2 хвилин. Спостерігають за розділенням фаз. В подальшому нижню фазу зливають у ділительну лійку, в яку попередньо внесено 100 мл дистильованої води і 5 мл кислого розчину метиленового блакитного. Другу лійку інтенсивно струшують не менше 2 хвилин і забирають нижню фазу з хлороформом. Зливання здійснюють за допомогою маленької лійки, закритої ватою, насиченою хлороформом. До першої лійки додатково вносять 10 мл хлороформу і повторюють вищевказану послідовність подій. Екстрагування триває до досягнення загального об'єму екстракту в 40 мл. На завершальному етапі вносять ще 10 мл хлороформу і змішують отриманий розчин.

Проведення дослідження

В першу лійку додали 50 мл дистильованої води, туди ж 2,5 мл кислого розчину метиленової сині. Перемішуємо протягом 2 хв з хлороформом 7,5 мл. Після розділення шарів злили нижній, як це зображено на рис. 20.

У лійку номер 2 додаємо наш зразок води з автоматйки. Його розводимо 1:5 дистильованою водою, тобто додаємо 40 мл дистильованої води. Наступний крок вливаємо 5 мл буферного розчину (рН = 10). Далі 2,5 мл приготовленого нейтрального розчину та 7,5 мл хлороформу. Збовтування 2 хв. Зливаємо нижній шар з лійки 2 у лійку 1 і знову збовтуємо. Зливаємо нижній шар і так повторюємо три рази.



Рис. 20. Зібраний розчин хлороформу, який після додаткових процедур, використовують для фотометрування

Зібраний розчин хлороформу доводимо до 25 мл хлороформом. Всыпаємо K_2SO_4 , освітлюємо. Даємо час осісти та розливаємо у кювети для фотометрування, як це зображено рис. 21.



Рис. 21. Проведення вимірювання оптичної густини проб у фотоколориметрі

Таблиця 2. Результати фотометрування проб води із заданою концентрацією аніоногенних поверхнево-активних речовин для побудови градуйованого графіка

C, мг/л	A
0.2	0.203
20.0.5	0.342
0.75	0.541
1	0.653
1.2	0.816

За результатами фотометрування будують градуйований графік, який наведено на рис. 22.

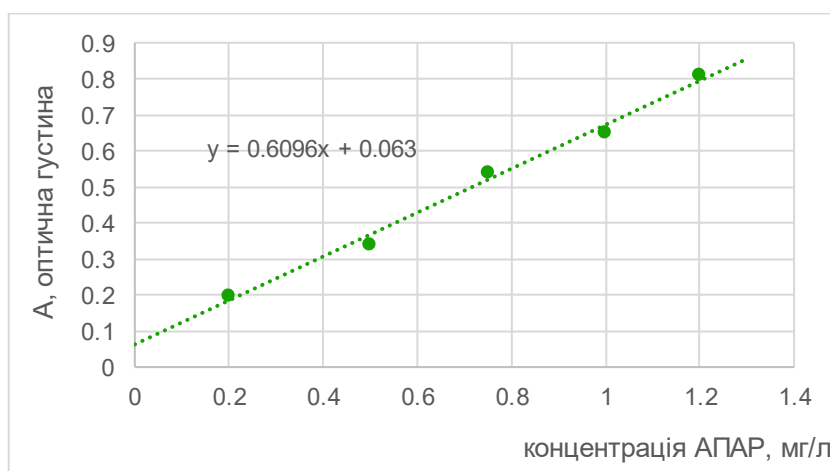


Рис. 22. Градуйований графік для визначення концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин у досліджуваних пробах стічної води

Користуючись даними графіка на рис. 22 знаходять концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин у трьох різних пробах води автомийних станцій, що піддавались озонуванню впродовж 15 та 30 хвилин. Отримані результати відображені у таблиці 3.

Аналіз проведених результатів вказує на ефективне руйнування аніоногенних поверхнево-активних речовин під впливом озонування, особливо якщо його тривалість складає 30 хв (більш як у 50 разів на противагу 14-разовому

зменшенню при 15 хв обробці). Такий часовий вплив дає змогу досягнути значення аніоногенних поверхнево-активних речовин у досліджуваній пробі, яке відповідає гранично допустимій концентрації. У випадку незначного перевищення аніоногенних поверхнево-активних речовин у пробах води озонування не приводить до істотного зменшення визначеного показника.

Таблиця 3. Концентрації аніоногенних поверхнево-активних речовин у пробах води з автомийних станцій до і після проведення озонування (ГДК аніоногенних поверхнево-активних речовин у воді водойм - 0,5 мг/л)

№ проби води	Концентрація АПАР (у мг/л)		
	До озонування	15 хв озонування	30 хв озонування
№ 1	21,35	1,53	0,41
№ 2	0,3645	-	-
№ 3	0,51	0,47	0,46

Загалом, якщо аналізувати всі досліджувані тут проби води з автомийних станцій, то не були виявлені неіоногенні поверхнево-активні речовини та катіонні поверхнево-активні речовини, тоді як аніоногенні поверхнево-активні речовини присутні у різних концентраціях, що може бути пов'язане із різними миючими засобами, що використовуються на автомийних станціях.

3.2. Якісне оцінювання та кількісне визначення концентрації фосфатів у пробах води після озонування

Поліфосфати у стічних водах автомийок – одна з екологічно значущих проблем, яка пов'язана з використанням миючих засобів. Вони містяться у складі миючих розчинів і хімічних реагентів, що покращує піноутворення та ефективність миття автомобілів. Поліфосфати — сполуки, які складаються з ланцюжків молекул ортофосфорної кислоти, з'єднаних між собою [12].

Під час миття транспортних засобів фосфати змиваються разом із залишками миючих засобів у стічну систему. Якщо автомийка не має сучасної системи водоочищення, ці речовини надходять у каналізацію.

Початково провели якісний аналіз наявності фосфатів у досліджуваних пробах. Таке визначення здійснювалось за допомогою експрес-тесту. Спершу провели нульовий контроль, тобто дослідили дистильовану воду. Для цього у мірний флакон налили 5 мл дистильованої води та 5 крапель реагенту під номером 1, закрили флакон та перемішали протягом 10 с. Далі додали 5 крапель реагенту 2 та струсили. Залишили на 2 хв і порівняли колір із кольоровою смужкою зі шкалою. Як бачимо на рисунку 23 підтверджено, що фосфатів у дистильованій воді немає. Подальше дослідження провели з пробєю води з мийки самообслуговування (найбрудніша вода) та двома пробами тієї ж води після озонування протягом 15-ти та 30-ти хвилин.



Рис. 23. Якісне оцінювання наявності фосфатів у пробі дистильованої води

Після проведення усіх цих самих дій з пробєю води з автомийки можна спостерігати, що рівень фосфатів у ній високий і діапазон визначення знаходиться на рівні 1,5-2 мг/л (рис. 24, флакончик зліва).

Пізніше у флакон 1 було додано 5 мл води після озонування, яке проводилось впродовж 15 хв. До цієї проби внесли 5 крапель реагенту 1, перемішали 20 с. Далі додали 5 крапель реагенту 2, перемішали та залишили на 2 хв (рис. 24, флакончик посередині). Аналогічну процедури провели для проби після 30 хв озонування (рис. 24, флакончик справа). Проведено порівняння кольору води по шкалі, наведеній на рис. 25. Зауважено, що рівень фосфатів є набагато нижчим порівняно з пробєю до озонування і знаходиться в діапазоні 0,1 мг/л.

Для більш точного порівняння ефективності озонування на зниження рівня фосфатів в отриманих пробах проводилось кількісне визначення цього показника

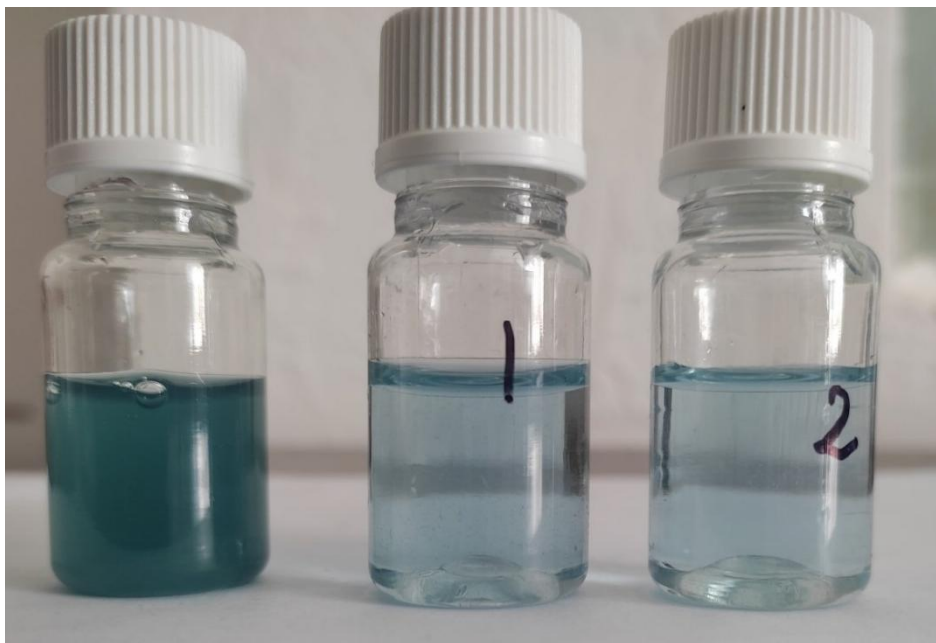


Рис. 24. Рівень фосфатів у пробі води з автомийки до (1 склянка) і після проведення озонування (2 склянка – проба води після 15-хв озонування; 3 склянка – проба води після 30 хв озонування).

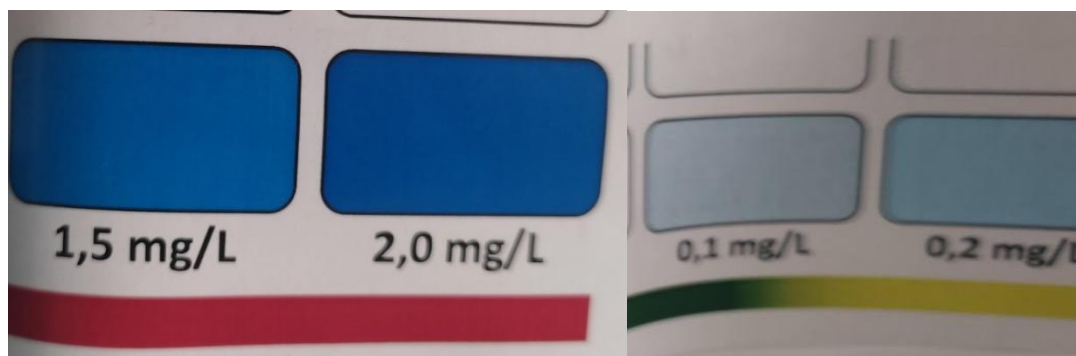
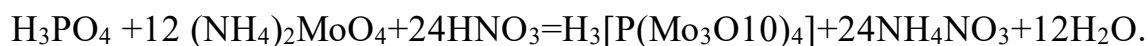


Рис. 25. Шкала для орієнтовного встановлення кількості фосфатів у пробі води

Кількісне визначення концентрації фосфатів у пробах стічних вод.

Взаємодія ортофосфатів з молібденово кислим амонієм у розчині із рН в діапазоні 0,8-0,95 приводить до утворення $H_3[P(Mo_3O_{10})_4]$, сполуки жовтого забарвлення, в якій атоми кисню в ортофосфаті заміщуються на Mo_3O_{10} , що відображено у відповідному рівнянні:



У складі гетерополікислоти молібден з валентністю 6 під дією відновника, це може бути сульфід, відновлюється до ступеня окиснення +5,5. Утворюється сполука синього забарвлення, інтенсивність кольору вказує на відповідну концентрацію фосфору. Точну концентрацію визначають за градуйованим графіком, побудованим на основі розчинів з певними концентраціями фосфору в них. Такий же спосіб використовують для виявлення неорганічного фосфору. Присутність фосфатів обчислюють як різницю неорганічного фосфору та ортофосфатів. Даним методом вдається визначити концентрацію фосфору, яка становить $0,02 \text{ мг PO}_4^{3-} / \text{л}$.

Щоб можна було визначити наявність три-, тетра та пентаполіфосфатів їх необхідно перевести в ортофосфати. Це роблять завдяки кип'ятінню з 37% сульфатною кислотою. Три-, тетраполіфосфати якраз застосовують як миючі засоби.

Відбираємо у стакан 10 мл досліджуваної води, додаємо 30 мл води. Далі вносимо 1 мл 37%-ої H_2SO_4 . Усе це кип'ятимо 30 хв. Коли відбувся кислий гідроліз потрібно нейтралізувати воду розчином 10% NaOH і довели об'єм до 50 мл.

Щоб перевірити наявність ортофосфатів у колбу об'ємом 50 мл відбирають 25 мл проби води, тоді вносять 5 мл сульфатної кислоти, 5 мл розчину сульфату натрію. У процесі перемішування додають по краплях 5 мл 5% розчину молібдату амонію. Дистильованою водою доводять об'єм проби. Залишають на 10 хв та вимірюють оптичну густина у кюветі з червоним світлофільтром. Також беруть холосту пробу і вимірюють її оптичну густина. Отримані значення віднімають.

Щоб побудувати градуйований графік проводять наступні дії. У мірні колби відбирають 0,2; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9 мл стандартного розчину дигідрофосфату калію. Коли будують калібрувальний враховують, що концентрація фосфатів дорівнює 0,04; 0,06; 0,10; 0,14; 0,18. Саме за градуйованим графіком визначається концентрація фосфатів у воді. Варто врахувати коефіцієнт розведення 1/5 при відборі проби для гідролізу та $\frac{1}{2}$ при отриманні фотометрованої форми.

Результати фотометрування наведені у таблиці 4, а градуйований графік відображений на рис. 26.

Таблиця 4. Результати фотометрування проб води із заданою концентрацією фосфатів для побудови градуйованого графіка

C, мг PO ₄ ³⁻ /мл	A
0.04	0.142
0.06	0.215
0.1	0.412
0.14	0.574
0.18	0.803

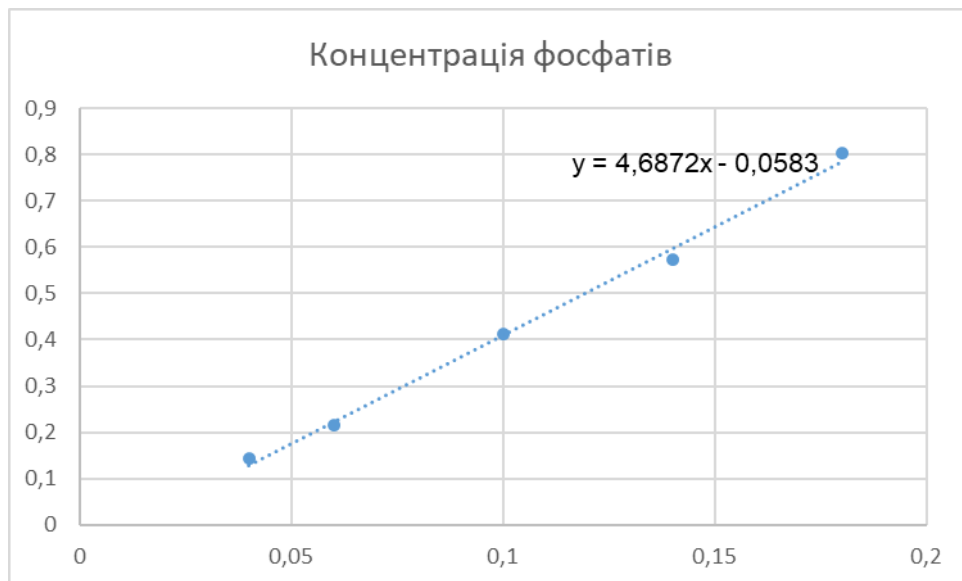


Рис. 26. Градуйований графік для визначення концентрації фосфатів у досліджуваних пробах стічної води

За даними градуйованого графіка по вимірних оптичних густинах аналізованих проб отримано результати, що вносяться у таблицю 5.

Варто зауважити, що рівень гранично допустимих концентрацій щодо фосфатів для водопровідної води - 0,4 мг/дм³; для протічних водойм – 0,1 мг/дм³, для ставків та озер – 0,05 мг/дм³, а для зворотних вод – 0,03 мг/дм³. Відповідно до Державних Санітарних норм 2.2.4-171-10 в Україні гранично допустиме значення для питної води складає 3,5 мг/л, тоді як Директиви ЄС встановлюють його на рівні 0,7 мг/л.

Таблиця 5. Концентрація фосфатів (у мг PO_4^{3-} /мл) в пробах води з автоматичних станцій до і після озонування

№ проби води	Ax	Cx	C (із врахуванням розведення)
№ 1 (до озонування)	0.379	0.093	0.930
№ 1 (15-хв озонування)	0.240	0.063	0.630
№ 1 (30-хв озонування)	0.170	0.049	0.490
№ 2 (до озонування)	0.337	0.084	0.840
№ 2 (15-хв озонування)	0.271	0.070	0.700
№ 2 (30-хв озонування)	0.255	0.067	0.670

Результати, наведені у таблиці 5, свідчать, що концентрація фосфатів після озонування знижується, особливо при більш тривалому процесі у 30 хвилин. Цей показник відповідає тому рівню фосфатів, які встановлені для країн ЄС, де є забороненим використання фосфатів у миючих засобах [13].

3.3. Визначення показника хімічного споживання кисню у пробах води після коагуляції/флокуляції

Хімічне споживання кисню – параметр, який найчастіше використовують для оцінювання ступеня забруднення стічних вод. Він оцінює загальну кількість речовин у воді, що можуть бути окислені хімічними реагентами, і, відповідно, потребують кисню для цього процесу. Цей показник є ключовим при оцінюванні можливості скидання стічних вод у водні об'єкти. Визначення показника проводиться у відповідності із [14].

Методика проведення аналізу ХСК

1. Додаємо в конічну колбу досліджувану пробу води об'ємом 1-10 мл.
2. Доводимо об'єм проби дистильованою водою до 30 мл.
3. Вносимо 0,1 г HgSO_4 та 0,2 г Ag_2SO_4 , перемішуємо та очікуємо розчинення солей.
4. Вливаємо у пробу 10 мл розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 0,1 н.
5. Додаємо 40 мл концентрованої сульфатної кислоти.

6. Для приготування холостої проби у колбу додаємо 30 мл дистильованої води і повторюємо дії, які прописані у пункті 3, 4, 5.

7. Переносимо проби на плиту та очікуємо моменту кипіння. Фіксуємо час 10 хв.

8. Після кип'ятіння переливаємо у колбу, в яку попередньо налито 50 мл дистильованої води.

9. Охолоджуємо проби та додаємо по 8 крапель індикатору. Ним слугує 0,1 н розчин фенілантралінової кислоти. Спостерігаємо забарвлення проби у фіолетовий колір.

10. Проводимо титрування розчином солі Мора 0,1 н. Маємо побачити зміну кольору з фіолетового та зелений.

11. За формулою вираховують значення ХСК.

$$\text{ХСК} = \frac{(a-b) \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{V}$$

де а - об'єм розчину солі Мора, витрачений на титрування холостої проби;

б – кількість у мл солі Мора, який використаний для визначення титру досліджуваної проби;

N – значення нормальності титрованого розчину солі Мора;

V - об'єм проби.

Проведення дослідження ХСК в пробах води з автомобільних станцій.

Спершу взяли чотири колби, в кожна з яких налили по 30 мл чистої води. Далі в першу додаємо 1 мл дистильованої води, в другу 1 мл аналізованої проби світлої води після автомийки. У третю відібрано 1 мл очищеної води після осадження Al, четверта - після осадження Fe. Вносимо у всі колби по 0,1 г ртуті та по 0,2 г срібла, перемішуємо. Додаємо по 10 мл розчину дихромату калію 0,1 н. Потім обережно вливаємо в проби по 40 мл концентрованої сульфатної кислоти. Перемішуємо, накриваємо лійками та ставимо колби на плиту закипати. Відповідне зображення наведено на рис. 27.

Кип'ятіння триває 10 хв, після чого колби обережно знімають та охолоджують під проточною водою.

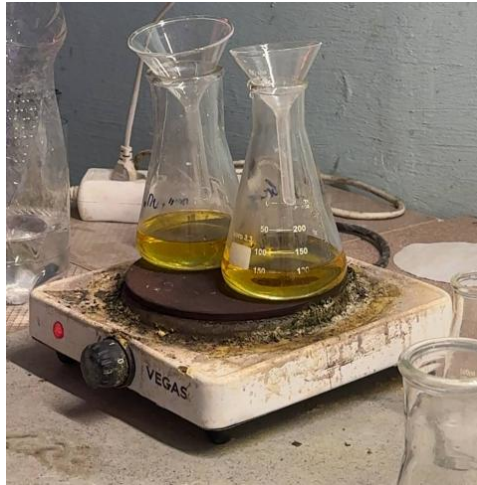


Рис. 27. Процес кип'ятіння розчинів

Проводиться титрування аналізованих зразків. Беремо 4 круглі колби та наливаємо по 50 мл дистильованої води. Переливаємо у кожену відповідний охолоджений розчин і вносимо по 8 крапель індикатора. Спостерігаємо зміну забарвлення на фіолетовий, як це представлено на фотографічному зображенні (рис. 28). Далі повільно (по краплі) піпеткою вноситься розчин солі Мора до зміни забарвлення у колбі на зелений (рис. 29). Аналогічну процедуру проводиться для кожного розчину у решти трьох колбах.



Рис. 28. Зміна забарвлення розчину після додавання індикатора

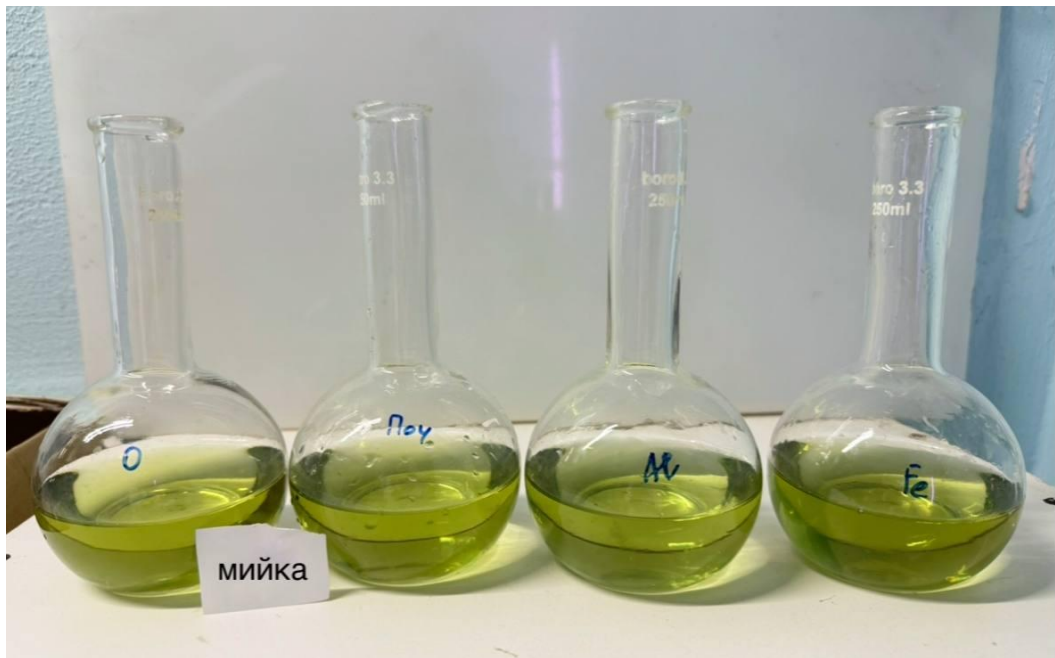


Рис. 29. Зміна забарвлення розчинів після титрування сіллю Мора

Враховуючи витрату солі Мора на титрування, за вищевказаною формулою проводять розрахунки ХСК:

1 колба (холоста, 0 проба) - 10,4 мл; 2 колба (початкова для світлої води з рис. 11) - 10,1 мл; 3 колба (осадження брудної води з рис. 10 Al коагулянт/флокулянт 1011) 10,3 мл; 4 колба (осадження брудної води з рис. 10 Fe коагулянт/флокулянт 1011) 10 мл

Для проби брудної води, зображення якої наведено на рис. 10, визначити показник ХСК даним методом не вдалось, за літературними даними його можна оцінити на рівні не меншому за 2000 мг/л, тому як рівні гранично допустимих скидів нормуються не вищими за 525 мг/л [15]. Дані розрахунків ХСК наведені у таблиці 6.

Таблиця 6. Значення показника хімічного споживання кисню в пробах стічної води автономних станцій

Назва проби	ХСК, мг/л
1 колба (холоста, 0 проба)	-
2 колба (початкова для світлої води з рис. 11)	240
3 колба (осадження брудної води з рис. 10 Al коагулянт/флокулянт 1011)	80
4 колба (осадження брудної води з рис. 10 Fe коагулянт/флокулянт 1011)	320

Як видно з даних, наведених у таблиці 6, показники ХСК у всіх проаналізованих пробах води, що була відстояна природним чином чи піддавалась дії коагулянтів/флокулянтів знаходяться у межах допустимих для скидів стічних вод. Вода, що не зазнає тривалого осадження, має перевищення цього показника, тому не може бути скинута у водні об'єкти без доочищення.

РОЗДІЛ 4. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЙ ДО ПОТРАПЛЯННЯ ЇХ У МІСЬКІ КАНАЛІЗАЦІЙНІ МЕРЕЖІ

Складання технологічних схем очищення стічних вод ведеться насамперед виходячи із компонентного складу цих вод. Проведений якісний і кількісний аналіз на виявлення деяких забруднюючих речовин у складі стічних вод, що формуються на автоматичних станціях самообслуговування, дав можливість скомпонувати можливу технологічну схему очищення утворених стічних вод перед їхнім скиданням у каналізаційні інженерні мережі. Ця схема включає два етапи механічного очищення, які дозволяють позбавити стічні води основної кількості завислих домішок і нафтопродуктів та два етапи фізико-хімічного очищення завдяки яким відбувається осадження залишкових кількостей завислих речовин, завдяки введенню до стічних вод коагулянту/флокулянту і проведенням озонування, яке приводить до окислення наявних органічних компонентів. Така схема може бути спрощена або доповнена, але основа її – етапи механічного і фізико-хімічного очищення є тією мінімальною складовою, яке знизить насичення стічних вод завислими речовинами і органічними компонентами, що, в свою чергу, зменшувати навантаження на міські каналізаційні мережі.

Пропонована технологічна схема, яку можна спробувати на автоматичних станціях самообслуговування для очищення утворених стічних вод, представлена на рис. 30.



Рис. 30. Пропонована технологічна схема, яку можна впроваджувати на автоматизованих станціях самообслуговування для очищення стічних вод перед скидом у каналізаційні міські мережі

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні вимоги з охорони праці на автомийних станціях

Охорона праці на автомийних станціях самообслуговування є невід'ємною складовою безпечної та ефективної роботи. Адже клієнти безпосередньо взаємодіють з обладнанням та середовищем. У зв'язку з цим повинні бути безпечні і нешкідливі умови [16]. Це може прямо впливати на довіру клієнтів. Автомийки самообслуговування містять багато технологічних процесів. Вони можуть мати негативний вплив на здоров'я працівників та клієнтів. Діяльність автомийки регламентується Законом України «Про охорону праці» [17]. Він встановлює право на безпечні та нешкідливі умови праці. Окрім цього основного закону є нормативно-правові акти з охорони праці. Це певні норми, правила та положення, які треба виконувати. Зокрема, для автомийок це:

- Глава 2 розділу X Правил охорони праці на автомобільному транспорті, затверджених наказом МНС від 09.07.2012 № 964. Цей документ включає правила безпеки для операцій на автомобільному транспорті, в тому числі і миття автомобілів.

- Розділ 7 ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів». Це вимоги до конструкції, планування та безпечної експлуатації об'єктів автомийок.

НПАОП також охоплює роботи, які пов'язані з високим тиском (НПАОП 0.00-1.07-94 та НПАОП 0.00-1.59-87 для посудин, що працюють під тиском) або електричними установками (НПАОП 40.1-1.21-98 для електроустановок споживачів).

5.2. Фактори ризику та заходи запобігання

На автомийках існує ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Це потребує певних запобіжних заходів та пильного контролю.

У першу чергу це безпечне **поводження з електрикою**, адже є ризик ураження струмом через порушення ізоляції. Електричні кабелі потребують постійного моніторингу. Детальні вимоги до електробезпеки викладені в НПАОП 0.00–1.21-98 [18].

Вода під високим тиском

Пістолети для миття транспортних засобів працюють під високим тиском, тому робота з ними вимагає обережності [19]. Сопло повинно бути не ближче 30 см від поверхні автомобіля, оптимальною є відстань 60 см. Заборонено направляти струмінь води на людей, чистити взуття чи одяг.

Слизькі майданчики

Через слизькі та мокрі поверхні з'являється ризик падінь, ушкоджень. Тому покриття варто використати епоксидні або полімерні.

Хімічні речовини

У миючих засобах, які застосовують на мийках присутні луги, ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ, різного роду розчинники. Отже, повинно бути правильне водовідведення [20, 21]. Засоби індивідуального захисту необхідні під час роботи з хімічними речовинами. Тут можливі ризики для здоров'я, а саме алергічні реакції, головний біль, подразнення слизових оболонок.

Механічні загрози

Зобороняється перебувати на шляху руху автомобілів. Необхідне чітке розмежування території автомийки. Потрібно уникати контакту з рухомими частинами установок [22].

ВИСНОВКИ

1. Зростання кількості автономних станцій в Україні викликає необхідність аналізу компонентного складу утворених стічних вод та розробки можливих технологічних схем їхнього очищення.

2. Встановлення складу забруднень у стічних водах дало змогу спробувати деякі методи їхнього очищення і проаналізувати залишкові кількості забруднюючих речовин у них.

3. Було проаналізовано два різних способи фізико-хімічного очищення стічних вод, набраних на автономних станціях самообслуговування: послідовне проведення коагуляції/флокуляції та озонування.

4. Встановлено, що проведення коагуляції/флокуляції в пробах стічної води автономних станцій сприяє ефективному осадженню завислих у воді домішок та зниженню показника хімічного окислення кисню.

5. Проведення озонування у досліджуваних стічних водах знижує концентрацію аніонногенних поверхнево активних речовин, особливо у стічних водах первинних колодязів.

6. Показано, що озонування приводить до зниження вмісту поліфосфатів у стічних водах автономних станцій. Особливо ефективним цей процес був при тривалішому озонуванні впродовж 30 хвилин.

7. На основі результатів досліджень розроблено технологічну схему очищення стічних вод автономних станцій самообслуговування.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. LuxWash: Мийки самообслуговування // <https://luxwash.ua/>.
2. Інструкція по користуванню автомийкою самообслуговування // <https://luxwash.ua/instrukciya-dlya-avtolyubiteliv-yak-koristuvatisya-miikoju-samoobslugovuvannya-luxwash>.
3. Який метод очищення стічних вод необхідно застосовувати на підприємстві? Журнал ECOBUSINESS. Екологія підприємства // <https://ecolog-ua.com/news/yakyy-metod-ochyshchennya-stichnyh-vod-neobhidno-zastosovuvaty-na-pidpryyemstvi>.
4. Запольський А.К. та ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод - К.:Лібра. - 2000. -552с.
5. Tzoupanos, N. D., and I. Zouboulis. "Coagulation-flocculation processes in water/wastewater treatment: the application of new generation of chemical reagents." 6th IASME/WSEAS international conference on heat transfer, thermal engineering and environment (HTE'08), August 20th–22nd, Rhodes, Greece. 2008.
6. Чим флокулянти відрізняються від коагулянтів? // https://ecosoft.ua/ua/blog/chem-flokulyanty-otlichayutsya-ot-koagulyantov/?srsrtid=AfmBOoqaCZA4bin-hEQvgGMg0yvr7IOX4R-Dsjhisx_tfavzz8o3sy1n.
7. Очищення води за допомогою озону // [http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exeC21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/mnj_2017_1\(1\)_25.pdf](http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exeC21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/mnj_2017_1(1)_25.pdf).
8. Що таке озон ? // <https://www.deodor.com.ua/blog/blog-ozonirovanie/chto-my-znaem-ob-ozone/>.
9. Михайлюк В. Д. Класифікація поверхнево-активних речовин і їх сучасний асортимент / В. Д. Михайлюк, Б. Л. Литвин, О. В. Карпенко // Використання поверхнево-активних речовин у процесах нафтовидобутку: колективна монографія, ред. В. Д. Михайлюк. - Івано-Франківськ, 2009. - С. 8-34.

10. Andrew D. Eaton, Leonore S. Glesceri, Arnold E. Greenberg. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater/Washington: "American Public Health Association", 19th Edition, 1995, 1157 p.

11. K.Holmberg, B.Jönson, B.Kronberg, B.Lindman, Surfactant Micellization, Surfactants and Polymers in Aqueous Solution (2002), pp. 39-66; Methods for the determination of anionic surfactants / Bazel Ya.R., Antal I.P., Lavra V.M., Kormosh Zh.A. // J. Anal. Chem. – 2014. – Vol.69. – No. 3. – P.211-236].

12. Айранетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Спецкурс з очистки стічних вод» / Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - Х.: ХНУМГ, 2014. - 90 с.

13. Фосфати та поліфосфати // <https://www.softwave.com.ua/uk/fosfati-i-polifosfati-ukr/>.

14. ДСТУ ISO 6060:2003 Якість води. Визначання хімічної потреби в кисні (ISO 6060:1989, IDT).

15. Наказ Міністерства України №316 від 01.12.2020 р.

Нормативні документи:

16. Наказ, Державні будівельні норми від 08.04.2013 № 134, В.2.5-75:2013, «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-75:2013 із Зміною №1».

17. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ : станом на 4 квіт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> .

18. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98) : Наказ М-ва пр. та соц. політики України від 09.01.1998 № 4. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text>.

19. Про затвердження Технічного регламенту обладнання, що працює під тиском : Постанова Каб. Міністрів України від 16.01.2019 № 27 : станом на 27 серп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/27-2019-п#Text>.

20. «Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення» від 1 грудня 2017 року №316.

21. «Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення» №26/31508 від 15.01.2018р.

22. НПАОП 0.00-1.62-12 Правила охорони праці на автомобільному транспорті: НПАОП від 09.07.2012 № 1299/21611. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50023.