

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та
безпеки життєдіяльності

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи бакалавра на тему:

**«РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД
АВТОМИЙНИХ СТАНЦІЙ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ.
АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕНЬ В СТІЧНИХ ВОДАХ, УТВОРЕНИХ НА
АВТОМИЙНИХ СТАНЦІЯХ»**

Студентка групи ТЗНС-41

Спеціальність:

183 «Технології захисту
навколишнього середовища»

Коваленко О.І.

Керівник:

доц. викл., к.б.н.

Маєвська О.М.

Рецензент:

Мякуш О.Р.

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.

“14” 02 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Коваленко Ольги Ігорівни

(прізвище, ім'я, по батькові) «

1. Тема роботи «Розроблення технології очищення стічних вод автомийних станцій в населених пунктах. Аналіз забруднень в стічних водах, утворених на автомийних станціях».

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

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

затверджені наказом по університету від “14” лютого 2025 року № С-91.

2. Строк подання студентом роботи до 18 червня 2025 року

3 Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для роботи є процеси утворення стічних вод автомийних станцій

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

1. Характеристика структури автомийних станцій, розташованих в населених пунктах;

2. Формування стічних вод на автомийних станціях;

3. Аналіз забруднень в стічних водах, утворених на автомийних станціях.

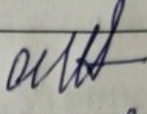
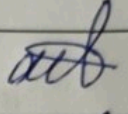
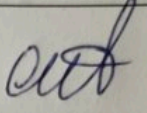
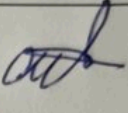
4. Охорона праці

Висновки

Використана література.

Презентація доповіді у слайдах.

5. Консультанти розділів роботи

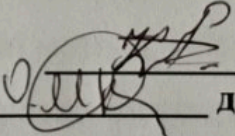
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
1. Значення охорони праці, законодавче підґрунтя	Соколовський І.А.		
2. Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Соколовський І.А.		

6. Дата видачі завдання 18 лютого 2025 року

Керівник проекту _____ доц. Маєвська О.М.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Характеристика структури автоматичних станцій, розташованих в населених пунктах;	До 03.03.2025	
2.	Формування стічних вод на автоматичних станціях;	До 31.03.2025	
3.	Аналіз забруднень в стічних водах, утворених на автоматичних станціях.	До 22.04.2025	
4.	Охорона праці	До 02.06.2025	
5.	Оформлення бакалаврської роботи	До 17.06.2025	

Студентка
Керівник проекту  Коваленко О.І.
доц. Маєвська О.М.

АНОТАЦІЯ

на дипломну роботу бакалавра на тему «Розроблення технології очищення стічних вод автомийних станцій в населених пунктах. Аналіз забруднень в стічних водах, утворених на автомийних станціях»

У даній роботі проведено аналіз утворення забруднень у стічних водах, що утворюється на автомийних станціях самообслуговування в межах населеного пункту.

Робота включає чотири основні розділи, такі як:

Перший розділ: Характеристика структури автомийних станцій, розташованих в населених пунктах. Тут наведено опис зародження ідеї бізнесу та впровадження автомийних станцій, опис структури цих станцій, та санітарні норми щодо цих станцій.

Другий розділ: Формування стічних вод на автомийних станціях. Наведено детальний опис процесу формування стічних вод з деталізацією обладнання та засобів, які при цьому використовуються. Також висвітлені принципи роботи систем збору та відведення стічних вод на автомийках.

Третій розділ висвітлює аналіз забруднень в стічних водах, утворених на автомийних станціях. В ньому описані методи забору проб та їхнє зберігання, методики досліджень, планування і проведення експериментів, їхні результати та статистична обробка. В цьому розділі узагальнюються результати досліджень щодо спектру забруднюючих речовин, які необхідні для розроблення подальших заходів із їхньої корекції та недопущення потрапляння у міські каналізаційні інженерні мережі без очищення.

Розділ четвертий: Охорона праці. У даному розділі наведено основні характеристики та значення охорони праці, приведені законодавчі та нормативно-правові регулюючі документи. Описані основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

З М І С Т

ВСТУП	7
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	9
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРИ АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЙ, РОЗТАШОВАНИХ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ	10
1.1 Виникнення мийок самообслуговування у світі та їхня поява в Україні	10
1.2 Типова структура автомийних станцій самообслуговування у населених пунктах	13
1.3 Санітарні норми	15
РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД НА АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЯХ	17
2.1 Процеси формування стічних вод при митті транспортних засобів	17
2.2 Існуючі системи збору та відведення стічних вод на автомийках	21
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕНЬ В СТІЧНИХ ВОДАХ, УТВОРЕНИХ НА АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЯХ.	24
3.1. Забір та зберігання проб води з автомийних станцій та аналіз композитного складу забруднень у таких стічних водах	24
3.2. Попередній аналіз наявності забруднюючих речовин у пробах вод автомийних станцій.	25
3.3. Проведення якісного аналізу щодо виявлення окремих забруднюючих речовин у складі стічних вод автомийних станцій	27
3.4. Визначення концентрації аніонних поверхнево-активних речовин у пробах води	28
3.5. Визначення концентрації нейоногенних поверхнево-активних речовин у пробах води	33
3.6. Виявлення фосфатів у пробах стічної води автомийних станцій із різних колодязів за допомогою експрес-аналізу	33
3.7. Кількісне визначення концентрації фосфатовмісних речовин у пробах води	37
3.8. Визначення концентрації нафтопродуктів у пробах води	39
3.9. Визначення показника хімічного споживання кисню у пробах води	40
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	44

4.1. Значення охорони праці, законодавче підґрунтя	44
4.2. Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори	45
ВИСНОВКИ	47
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	48

ВСТУП

У зв'язку зі стрімким розвитком автотранспорту в межах населених пунктів, інфраструктура обслуговування автомобілів постійно вдосконалюється, і особливого поширення набули автомийні станції, зокрема мийки самообслуговування. Такі об'єкти, крім очевидних переваг для населення, водночас є джерелом утворення забруднених певними речовинами стічних вод. Вода, що використовується під час миття автомобілів, містить значні кількості хімічних компонентів у складі паливно-мастильних матеріалів транспортних засобів, мийних засобів, твердих домішок, наявних на поверхнях транспортних засобів та доріжок. Очікувано, що без належного очищення до міських каналізаційних мереж можуть потрапити стічні води, насичені синтетичними поверхнево-активними речовинами, фосфатами, нафтопродуктами, завислими домішками тощо. Скидання таких вод у систему централізованого водовідведення може становити серйозну загрозу для функціонування муніципальних очисних споруд і довкілля загалом.

Актуальність даної теми обумовлена зростанням кількості автомийок у міській інфраструктурі та недостатнім рівнем контролю за якістю скидів, що створює потребу у впровадженні ефективних локальних систем очищення. Оскільки вимоги до якості стічних вод суворо регламентуються українським законодавством і санітарними нормами, доцільним є дослідження складу таких стічних вод та підбір відповідної технології їх очищення.

У даній роботі проведено комплексне дослідження складу стічних вод, які утворюються на автомийних станціях самообслуговування. Зокрема, було відібрано проби води з різних етапів водовідведення на діючих автомийних станціях та виконано аналітичні дослідження щодо визначення окремих показників у них (вмісту аніонних та нейоногенних поверхнево-активних речовин, концентрації фосфатів, хімічного споживання кисню, наявності домішок).

Методики аналізу обиралися відповідно до чинних нормативних документів, а частина аналізів виконувалася у партнерстві з акредитованою лабораторією. У ході експериментальної частини було побудовано

калібрувальні графіки, проведено фотометричні вимірювання, а також виконано кількісну оцінку результатів із застосуванням відповідних формул і перерахунків.

Окрім аналітичної частини, в роботі виконано опис типової структури автомийних станцій, визначено основні етапи утворення забруднень у воді, розглянуто системи збору і відведення стічних вод, а також запропоновано технологічне рішення для локального очищення таких стічних вод.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

СТО – станції технічного обслуговування

ДБН – Державні будівельні норми

ДСП – Державні санітарні правила

КНД – Керівний нормативний документ

ЛФП – лакофарбове покриття

ЛОС – локальні очисні споруди

ГДК – гранично допустимі концентрації

ПАР – поверхнево-активні речовини

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини

АПАР – аніонних поверхнево-активних речовин

НПАР – нейоногенних поверхнево-активних речовин

ХСК – хімічне споживання кисню

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту

МНС – Міністерство надзвичайних ситуацій України

НПАОП – нормативно-правовий акт з охорони праці

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРИ АВТОМИЙНИХ СТАНЦІЙ, РОЗТАШОВАНИХ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

1.1. Виникнення мийок самообслуговування у світі та їх поява в Україні

Початковий підхід до миття автомобілів був повністю ручною працею, яке було достатньо трудомістким для перших автовласників. Країною зародження ідеї та концепції бізнесу з миття автомобілів можна назвати Сполучені Штати Америки. "Automated Laundry"¹, відкрита у Детройті, штат Мічиган, в 1914 році Френком Маккорміком та Дж. Хінклом, вважається першим підприємством у США, яке прийняло назву "автомийка" для своїх послуг. Це була неавтоматизована, незважаючи на назву, конвеєрна лінія, де працівники руками виконували різні етапи миття: один змочував автомобіль, інший намилював, третій змивав, а четвертий керував автомобілем. Цей метод, хоча й був складним і втомливим для працівників, виявився популярним, що призвело до створення 32 подібних ручних пунктів миття по всій території США до 1940-х років [1]. Швидке поширення ручних автомийок на початку 20-го століття, навіть до значної автоматизації, свідчить про нагальну та поширену ринкову потребу у професійних послугах з догляду за автомобілями. Цей попит, закономірно, виник у міру того, як володіння автомобілями ставало все більш поширеним, і люди шукали зручні альтернативні варіанти миттю авто вдома, що є втомливим та затратним на час. Це основне бажання споживачів – мати чистий автомобіль без значних власних зусиль і заклало основу для подальших інновацій у галузі. Середина 20-го століття ознаменувала ключовий перехід до механізації та автоматизації в індустрії автомийок. Перша конвеєрна автоматична автомийка з'явилася в Голлівуді, Каліфорнія, у 1940 році, дозволяючи автомобілям рухатися тунелем. Значний стрибок відбувся в 1946 році, коли Томас Сімпсон створив першу напівавтоматичну автомийку в Сполучених Штатах, сконструювавши конвеєрну стрічку, верхню систему розпилення води, щітки з ручним керуванням та сушарку. Подальші інновації призвели до повної автоматизації. У 1951 році брати Андерсон у Сіетлі

¹ "Automated laundry" (англ.) — автоматизована пральня.

винайшли першу безконтактну автомийку, де навіть щітки стали автоматичними. Цей прорив швидко набув популярності, і інші власники бізнесу почали встановлювати автоматичне обладнання. Ден Ханна, який відкрив свою мийку "Rub-A-Dub" в Орегоні в 1955 році, став знаковою фігурою. Пізніше він заснував Hanna Enterprises, яка до кінця 1950-х і 1960-х років перетворилася на провідного виробника обладнання для автомийок. Ден Ханна запровадив такі інновації, як обертові щітки, конвеєрні стрічки з роликами, м'яке тканинне фрикційне² миття та системи рециркуляції води, які стали стандартами у цій галузі.

Саме в цю епоху зростаючої автоматизації з'явилися мийки самообслуговування як відокремлена та популярна модель. Ці об'єкти, як правило, працювали від монет, надаючи клієнтам можливість вручну мити свої автомобілі за допомогою водорозпилювальних пістолетів та щіток низького тиску, часто з функцією струминного миття під тиском. До кінця 1960-х років галузь також почала впроваджувати моделі "flex-serve"³, що відповідали потребам клієнтів, які не бажали повного внутрішнього та зовнішнього прибирання, а до початку 21-го століття поширилися моделі "express exterior"⁴ з комп'ютеризованими системами очікування та користування [2].

В Україні автомийки самообслуговування є достатньо новим явищем, їхнє офіційне впровадження, а потім і поширення, припало на середину 2010-х років. Основною відправною точкою для цієї бізнес-моделі в нашій державі можна вважати запуск першої автомийки самообслуговування в Тернополі 8 грудня 2014 року компанією Washservice (яка тоді діяла як Zevs Engineering). Після цього першопрохідного запуску Washservice швидко розширила свій вплив у цій галузі. До жовтня 2017 року компанія успішно запустила близько двох десятків автомийок самообслуговування в різних регіонах України. Ця траєкторія зростання продовжилася, і до кінця 2020 року компанія Washservice реалізувала понад 60 успішних проектів по усій країні [3].

² Від слова *friction* (англ.) — тертя.

³ *Flexible serves* — гнучкий сервіс.

⁴ *Express exterior car wash* — миття машини лише ззовні.

Інші ключові гравці, такі як SAMWASH та ICW, також вийшли на ринок, значно сприяючи стрімкому розвитку автомийок, як нового «тренду» в Україні. Зокрема, компанія ICW повідомила на своїй основній інтернет-сторінці про встановлення понад 1000 постів по всій Україні, що свідчить про значне входження в ринок та швидке поширення. Просто зайшовши на сайт компанії однієї з найпопулярніших автомийок самообслуговування, можна наглядно побачити видиму присутність їхніх об'єктів в нашому повсякденному житті (рис 1.).

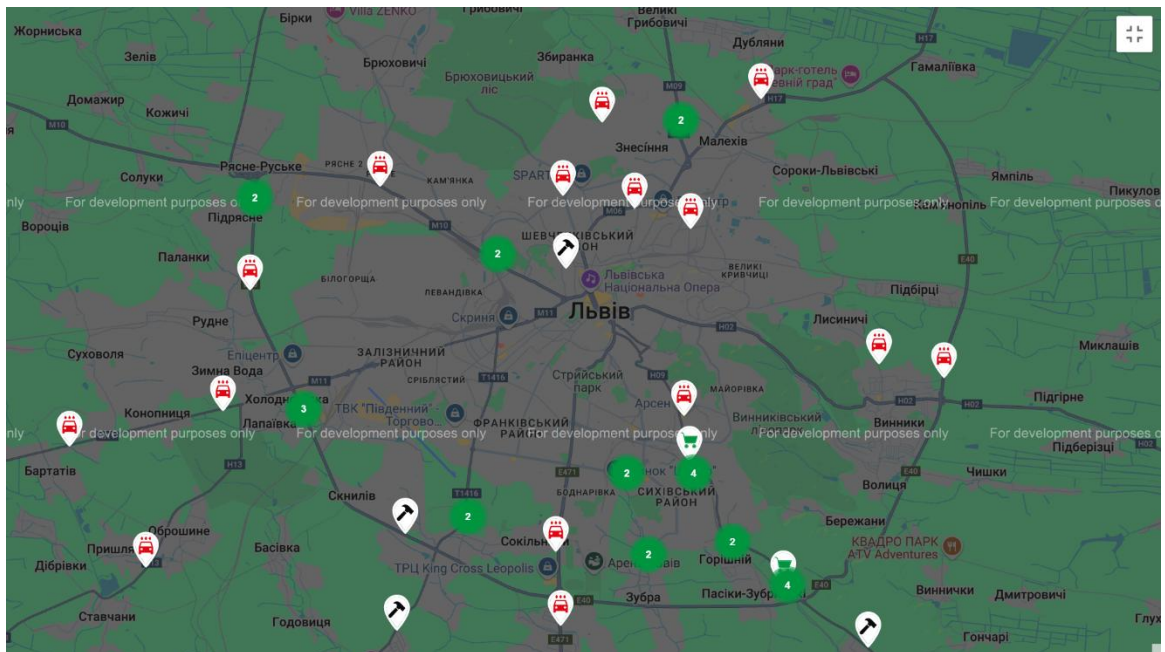


Рис 1. Знімок з офіційного сайту компанії Luxwash з показаними на карті Львівської області точками уже функціонуючих автомийок самообслуговування та автомийками, що уже будуються [4]

Швидке та широке впровадження автомийок самообслуговування в Україні з 2014 року, що підтверджується стрімким розширенням нових компаній та компаній-першопрохідців, вказує на сильну сприйнятливість ринку. Дивлячись на таке швидке зростання, у поєднанні з поточними ринковими даними, можна припустити, що Україна була сприятливим ґрунтом для цієї бізнес-моделі, ймовірно, через існуючий попит, без можливості його вдовольнити. Це може пояснити, чому цей бізнес так швидко набрав обертів й досі вважається затребуваним і прибутковим.

1.2. Типова структура автомийних станцій самообслуговування

Автомийна станція самообслуговування – це об’єкт з певною кількістю інженерних споруд і майданчиків, призначений для самостійного миття автомобілів власниками без участі персоналу.

Типова структура такого об’єкту включає один або кілька окремих зон із обладнанням високого тиску — постів для мийки автомобіля. На території об’єкту передбачено також розподіл ділянок за основними функціями. Зазвичай виділяють окремі зони: в’їзду та виїзду, стоянки для очікування черги, безпосереднього миття на мийних постах. Рідше зустрічаються ще зони прибирання салонів (зони пілососів) та можливі додаткові господарські ділянки. Правильне планування таких зон разом із зручними заїздами допомагає уникнути заторів на переважно невеликій території. При проектуванні такого об’єкта передбачається: розміщення допоміжних будівель та споруд, наприклад адміністративних корпусів, технічних приміщень і очисних споруд (систем очищення стічних вод); також прокладання інженерних мереж водопостачання, каналізації та електромереж.

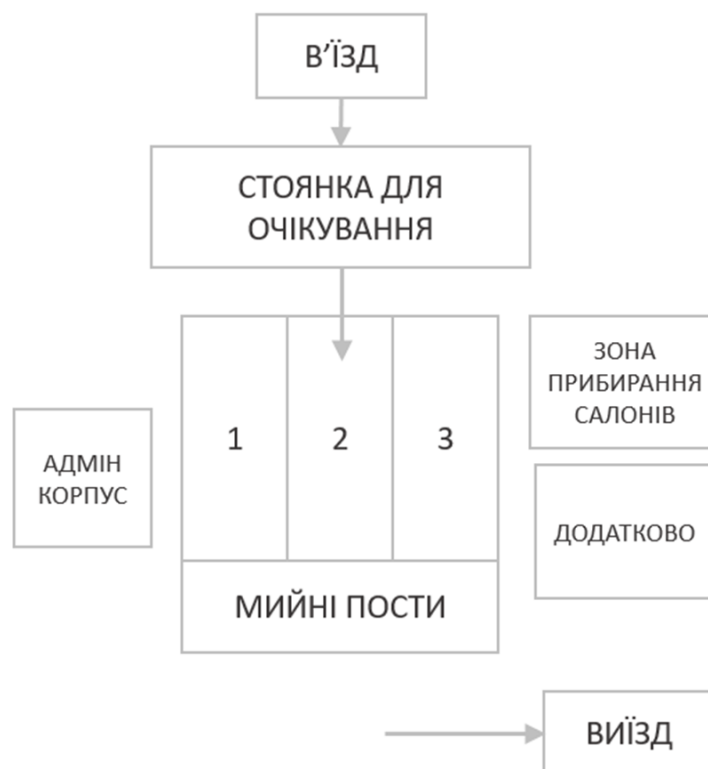


Рис. 2. Типова структура автомийної станції самообслуговування

Типова планувальна організація такого об'єкту зазвичай є дуже практичною. Будівлі виконуються з швидко монтованих конструкцій – сталевого каркасу та панелей, що забезпечує можливість швидкого будівництва. Мийні пости зазвичай розташовують під легкими навісами. Підлогу майданчиків найчастіше вкриває заливний бетон або тротуарна плитка, як водостійке покриття, з нахилом для зливу води. Окрім того, на території обладнують технічні канавки, які б мали бути доповнені спеціалізованим обладнанням (ґратами, пісколовлювачами⁵ і нафтовловлювачами⁶) для видалення твердих завислих домішок та органічних компонентів палива. У технічних зонах може передбачатися невелике будівельне приміщення для насосів, баків, електричних щитів і касового апарату. Зовнішній вигляд автомийної станції самообслуговування зазвичай є суто функціональним і строгим; дизайн, освітлення та розміщення вивісок узгоджується із загальним стилем об'єкта та вимогами містобудівної документації.

Основне технічне оснащення автомийної станції включає комплекти мийних апаратів високого тиску: помпа та пістолет-розпилювач; апарати для нанесення мийних реагентів: активної піни, шампуню, воску; сушильні фени або нагнітачі повітря, а також автоматизовані платіжні термінали (рис 3).

⁵ Пісколовлювачі – це спеціальні споруди для затримування мінеральних суспензій (переважно піску).

⁶ Жировловлювачі (або сепаратори жиру) – затримують масло та мастильні речовини зі зливних вод.



Рис 3. Знімок з офіційного сайту компанії Luxwash з показаною на ньому типовою структурою автомийки самообслуговування [4]

1.3. Санітарні норми, які повинні дотримуватись на автомийних станціях.

Автомийні станції повинні встановлюватися в межах населеного пункту без шкоди для навколишнього середовища та мешканців прилеглої житлової забудови. Їхня будівля зазвичай розташовується уздовж магістральних вулиць чи на територіях громадського обслуговування, але не ближче встановлених норм до житлової забудови. Згідно з державними санітарними правилами планування, відстань від автомийної станції до житлових і громадських будівель має бути такою ж, як і відстань від станції технічного обслуговування [5]. Таким чином, навколо комплексу необхідно передбачити санітарно-захисну зону з обмеженням шумового рівня та запахів. В'їзд та виїзд із території варто проектувати по різних сторонах, щоб потоки автомобілів не перетиналися для попередження виникнення заторів. Паркові зони перед мийкою обладнують поряд з стоянками та зонами відпочинку, а сама ділянка оформлюється з урахуванням відведення транспортних потоків у напрямку головної дороги.

Екологічні і санітарні норми суворо регламентують роботу автомийок самообслуговування. За правилами, стічні води після миття автомобілів і перед потраплянням у зовнішні системи каналізації або навколишнє середовище мають проходити локальну очистку. У воді автомийних стічних вод найчастіше можна визначити присутність поверхнево-активних речовин (ПАР), розчинених масел, восків та нафтопродуктів. Без проходження очисних систем така вода забруднює ґрунтови та поверхневі води. На практиці в Україні на таких об'єктах майже не використовують багатоступінчасті очисні споруди: гравітаційне відстоювання, пісковловлювачі, нафтовловлювачі та інші системи для очищення.

Варто зазначити, що на території автомийних станцій обов'язковим має бути дотримання державних стандартів щодо розміщення антисептичних чи каналізаційних резервуарів, глибини залягання труб та інше. За порушення правил охорони щодо водних ресурсів Кодексом України про адміністративні правопорушення передбачені штрафні санкції [6].

Отже, автомийні станції в Україні й, зокрема, у Львівській області, мають працювати з урахуванням державних будівельних (ДБН) та санітарних (ДСП) норм, реалізуючи комплексну систему утилізації, забору забруднень й повторного використання води для захисту довкілля.

РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ СТІЧНИХ ВОД НА АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЯХ

2.1. Процеси формування стічних вод при митті транспортних засобів

Стічні води на автомийках самообслуговування утворюються в результаті процесу миття автомобіля, що включає як фізичний змив забруднень з поверхні автомобілів, так і хімічну взаємодію миючих засобів з брудом [7]. Типовий процес миття автомобіля на станції самообслуговування включає в себе певну кількість етапів, що йдуть один за одним і кожен з яких відіграє певну роль у видаленні забруднень та формуванні стічних вод:

1. Перед початком миття автомобіль необхідно правильно розташувати по центру боксу, щоб забезпечити достатньо місця для вільного маніпулювання шлангом. Рекомендованим аспектом є охолодження гарячого кузова в тіні перед нанесенням миючих засобів, щоб уникнути їх швидкого висихання та потенційного пошкодження лакофарбового покриття (ЛФП).
2. Попереднє миття, збивання бруду високим тиском. Це початковий етап, спрямований на видалення великих фракцій бруду, пилу, піску та інших механічних домішок. На даному етапі використовуються потужні струмені холодної або теплої води під високим тиском, що подаються через спеціальні форсунки.
3. Нанесення миючого засобу такого як активна піна або шампунь. На цьому етапі на кузов розпилюється активна піна (наприклад, LuxNano, Super LuxWash), яка завдяки своїм поверхнево-активним властивостям абсорбує та розм'якшує залишки налипання, жирів та бруду. Деякі мийки можуть пропонувати контактну щіткову технологію з шампунем, хоча це може потенційно спричинити пошкодження ЛФП. Також часто пропонується використання безконтактних порошкових подавачів, де порошок-шампунь подається під високим тиском. Для специфічних забруднень, таких, наприклад, смола, можуть застосовуватися спеціалізовані засоби.

4. Змивання піни або основне миття. Після витримки активної піни протягом 1-2 хвилин її змивають водою під високим тиском. Рух пістолета здійснюється зверху вниз, щоб запобігти утворенню розводів. Цьому етапу необхідно приділити достатньо часу для повного видалення хімічних засобів та розм'якшених забруднень.
5. Нанесення воску. Наступний етап передбачає покриття кузова рідким воском. Віск створює водовідштовхувальний захисний шар, який оберігає ЛФП від негативного впливу реагентів, вологи, ультрафіолету, надає блиск та прискорює сушіння автомобіля.
6. Фінішне ополіскування. Для досягнення бездоганного результату без краплинних розводів та плям на ЛФП використовується дистильована вода, очищена за технологією зворотного осмосу. Цей режим застосовується наприкінці миття, дозволяючи автомобілю висохнути без розводів.
7. Додаткові послуги. Комплекси автомийок самообслуговування часто пропонують додаткові послуги, такі як використання потужних пілососів для очищення салону, а також пости для підкачки шин, тощо.

Узагальнена схема етапів миття і формування стічних вод при цьому наведена на рис. 4.

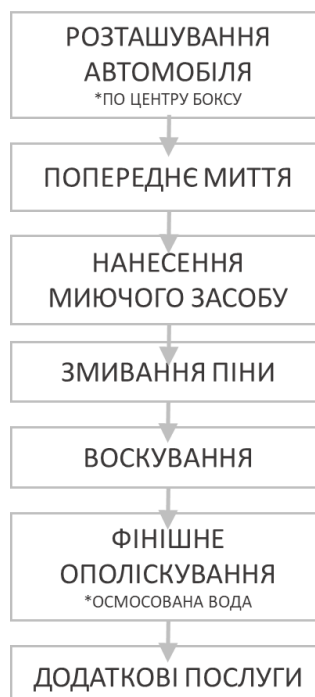


Рис. 4. Типова схема етапів миття та формування стічних вод на автомийних стаціях.

Отже, підсумовуючи: під час попереднього миття та основного ополіскування, вода під високим тиском механічно відриває частинки бруду, пилу, піску, глини, частинки дорожнього покриття та інші нерозчинні тверді частинки з кузова, коліс та днища автомобіля, утворюючи суспензії з завислими речовинами. Нанесення активної піни та шампунів, що містять синтетичні ПАР, призводить до розчинення, емульгування та диспергування жирових, масляних та інших органічних забруднень, а також до змивання залишків палива, мастил та продуктів зносу. Крім того, вода, що використовується для миття, насичується не тільки забрудненнями з автомобіля, але й хімічними компонентами самих миючих засобів, воску, поліролів, а також домішками, що містяться у вихідній водопровідній воді, такими як солі жорсткості, залізо та хлор. Усі ці компоненти змішуються у стічному потоці, який самопливом надходить по дренажних лотках до відстійників у вигляді колодязів. Змивання миючого засобу проводиться до етапу отримання чистої стічної води, завдяки якій відбувається розведення наявних в колодязі високонцентрованих стічних вод, насичених сполуками-детергентами та завислими речовинами, що стікають з поверхонь [8].

На рис 5-7 відображено вигляд стічних вод, які формуються під час змивання піни. Ці води через каналізаційну решітку потрапляють у колодязі, які після наповнення їх стічною водою періодично звільняються. Частота наповнення колодязя залежить від кількості постів на автотомийній станції, розташування самої автотомийної станції та сезону/добі, під час якого відбувається миття. В середньому зливання води із колодязя відбувається через 12-18 годин. На кінцевому етапі стічні води потрапляють в каналізаційні мережі, по яких рухаються господарсько-побутові води населеного пункту, змішуються з ними і потрапляють на міські очисні споруди.



Рис 5-7. Окремі етапи миття транспортних засобів: змивання піни і потрапляння стічної води в каналізаційну решітку.

Скидання неочищених стічних вод від автомийних станцій негативно впливає на функціонування міської каналізаційної системи та централізованих очисних споруд. Забруднені стічні води спричиняють чимало проблем, зокрема:

- Засмічення та відкладення. Високий вміст завислих речовин, таких як пісок, ґрунт та частинки дорожнього покриття, призводить до швидкого засмічення труб, колодязів та решіток, а також до утворення осадів на їх поверхнях. Це збільшує частоту необхідності очищення та обслуговування системи.

- Корозія. Агресивні хімічні компоненти миючих засобів та деякі забруднювачі можуть викликати корозію матеріалів каналізаційних мереж, скорочуючи термін їх експлуатації.
- Порушення роботи очисних споруд. Нафтопродукти та ПАР можуть спричинити піноутворення на очисних спорудах, що порушує їхню нормальну роботу, зокрема процеси аерації та відстоювання [9].

Недотримання екологічних нормативів та правил скидання стічних вод тягне за собою значні екологічні ризики та юридичні наслідки. Забруднення водних об'єктів та ґрунтів може призвести до деградації екосистем, втрати біорізноманіття та загрози здоров'ю населення.

2.2. Практики збирання та відведення стічних вод на автомобільних станціях в країнах ЄС та в Україні.

Стічні води, що утворюються в процесі миття автомобілів на станціях самообслуговування, розташованих у країнах ЄС, збираються та відводяться через спеціалізовані стічні системи. Після використання вода з забрудненнями, спливаючи по схилу, надходить по дренажних лотках, розташованих у боксах мийки, до первинних відстійників або локальних очисних споруд. Ці лотки можуть бути бетонними або пластиковими, з різними класами навантаження, залежно від інтенсивності використання мийки.

Ключовим елементом системи збору є локальні очисні споруди (ЛОС), які є обов'язковими для автомийок перед скиданням стічних вод у централізовану каналізацію.

ЛОС зазвичай включають:

- Пісковловлювачі. Призначені для первинної механічної очистки стічних вод від піску, камінців та інших завислих речовин. Вони є сполучним елементом каналізації та забезпечують ефективну роботу подальших очисних споруд.
- Гравітаційні відстійники. Пристрої, що застосовуються для відділення від стічних вод суспензій, що легко осипаються, щільністю понад 1 г/см³. Їх робота полягає в триманні стічної води в умовах повільної

течії, через що відбувається гравітаційне розділення двох фракцій: води та завислих у ній часток.

- Нафтовловлювачі. Що видаляють нафтопродукти та емульговані масла зі стічних вод. Часто поєднуються з пісковловлювачами в одному корпусі. Їх робота базується на різній щільності води та нафтопродуктів.
- Усереднювачі. Забезпечують накопичення певної кількості стоків за певний проміжок часу та усереднення їх концентрації перед подачею на подальші етапи очищення. Система скиду стічних вод в каналізацію працює 12-18 годин, залежно від потужності автомийки.
- Блоки доочищення, що можуть включати фільтри, біофільтри для біологічної очистки органічних забруднень, а також системи освітлення з дозуванням коагулянтів і флокулянтів [10].

Вагома роль локального попереднього очищення пов'язана з високим вмістом специфічних забруднювачів, які можуть порушити роботу централізованих очисних споруд та завдати шкоди навколишньому середовищу. Локальні очисні споруди виконують функцію зменшення концентрації завислих речовин, нафтопродуктів, ПАР та важких металів до допустимих норм. Це не тільки захищає міські каналізаційні системи від засмічень, корозії та операційних збоїв, але й забезпечує відповідність стічних вод вимогам та нормам перед їх скиданням. Таким чином, ЛОС дозволяє автомийній станції самообслуговування в населених пунктах функціонувати відповідно до екологічних стандартів та мінімізувати негативний вплив на довкілля, що суворо регламентується національним законодавством та місцевими правилами.

В Україні наразі відсутні практики локального очищення стічних вод автомийних станцій, попри те, що є відповідні нормативні документи, які регламентують процедуру управління стічними водами, які потрапляють до каналізаційних мереж [11, 12, 13]. Порівняно низька вартість оплати за водопостачання та водовідведення та недостатньо жорсткі штрафні санкції наразі не спонукають власників автомийних станцій встановлювати навіть

прості ЛОС на території, тому стічні води потрапляють в інженерні мережі практично неочищеними. Тільки зміна підходів до води як безцінного ресурсу може змусити переглянути ставлення до очищення стічних вод. Встановлення локальних очисних споруд й скидання очищення стічних вод в інженерні каналізаційні мережі дасть змогу не перевантажувати й без того обмежені можливості міських очисних споруд, які часто є застарілі, фізично зношені і не здатні до якісного очищення.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕНЬ В СТІЧНИХ ВОДАХ, УТВОРЕНИХ НА АВТОМІЙНИХ СТАНЦІЯХ.

3.1. Забір та зберігання проб води з автоматичних станцій та аналіз композитного складу забруднень у таких стічних водах

Забір проб стічних вод автоматичних станцій проводиться відповідно до національних стандартів, передусім [14, 15], які регламентують способи відбору, підготовки, консервації, маркування, транспортування та зберігання водних проб з урахуванням їх цільового призначення (наприклад, аналіз біохімічного/хімічного споживання кисню, визначення концентрації нафтопродуктів, важких металів тощо). Відбір здійснюється за допомогою чистого посуду — скляного або пластикового, об'ємом 0,5-3 л (залежно від аналітичної потреби), причому для значень нафтопродуктів або жирів бажано використовувати затемнений скляний посуд з притертими пробками. Перед відбором посуд ретельно споліскується пробою (особливо при визначенні ХСК, БСК, фенолів, важких металів), зразок набирають до краю, щоб мінімізувати контакт з повітрям або внесення стороннього забруднення.

Стратегію забору проб слід визначити залежно від цілей: для виявлення композитного складу забруднень, доцільно забезпечити представницьку пробу шляхом періодичного (наприклад, впродовж доби) відбору в години пікового технічного навантаження. Можливо застосування автоматичних пробовідбірників, що забезпечують накопичувальні композитні проби. При ручному відборі використовують батометри (рухливі або статичні) для забору проб із середини потоку. Після відбору зразки негайно опечатуються та маркуються етикеткою, де зазначають: дату, час, місце відбору, тип проби, мету аналізів, номер проби та підписи відповідальних осіб. Очікувана температура транспортування та зберігання при більш тривалому доставлянні води до лабораторії – 0-4 °С (проби поміщають до термосумок або портативних холодильників). Подальше зберігання проб є можливим в холодильнику, за потреби здійснюють відбір проб та додавання до них певних консервантів, які дозволяють подовжити термін проведення хімічних аналізів для деяких показників (до 48 год). Визначення деяких показників потрібно проводити

одразу після забору (як, наприклад, вимірювання концентрації нафтопродуктів).

3.2. Попередній аналіз наявності забруднюючих речовин у пробах вод автомийних станцій.

У зразках проб стічної води будуть присутніми завислі домішки, синтетичні поверхнево-активні речовини, можливими є наявність фосфатів, нафтопродуктів і важких металів.

Завислі речовини займають найбільший відсоток забруднюючих речовин у стічних водах автомийок. Вони включають пісок, ґрунт, глину, частинки дорожнього покриття, пил та інші нерозчинні тверді частинки, що змиваються з поверхні автомобіля. Концентрація завислих речовин у неочищених стічних водах автомийок може бути дуже високою, сягаючи від 200 до 1300 мг/дм³. Для скиду в централізовану каналізацію встановлені такі норми: максимально допустиме значення показника концентрації в пробі стічних вод є рівним 433,0 мг/дм³. Висока концентрація завислих речовин у стічних водах автомийок, що складаються переважно з піску, бруду та частинок дорожнього покриття, вимагає наявності такої очисної споруди, як пісковловлювач. Без ефективного видалення ці тверді частинки можуть призвести до фізичних засмічень та абразивного зносу в каналізаційних системах, що в свою чергу потенційно шкодить інфраструктурі. Крім того, значна кількість завислих речовин може перешкоджати ефективності подальших стадій очищення, таких як нафтовловлювачі або біологічні реактори, зводячи їх продуктивність нанівець.

Нафтопродукти, включаючи моторні масла, залишки палива, мастила, а також продукти зносу шин (гумова крихта), є одними з найбільш небезпечних забруднювачів стічних вод автомийок. Їх концентрація у неочищених стоках може становити від 70 до 150 мг/дм³. Нормативні вимоги для скиду в каналізацію є значно суворішими, всього не більше 10 мг/дм³. Також одним з забруднюючих чинників є значна присутність вуглеводнів (олій, палива, мастил) у стічних водах автомийок, що створює подвійну проблему. По-перше, їх низька розчинність та схильність до утворення стабільних емульсій з миючими засобами ускладнюють фізичне розділення. Емульговані олії є

кінетично стабільними і важко розділяються гравітаційним відстоюванням, що вимагає таких методів, таких як коагуляція, флокуляція або використання спеціальних фільтрів для руйнування емульсії та забезпечення розділення. По-друге, їх токсичність та здатність до виснаження кисню становлять серйозні екологічні ризики у разі скидання без очищення. Вуглеводні утворюють непроникну плівку на поверхні води, що перешкоджає розчиненню атмосферного кисню у водному об'єкті.

Автомобільні шампуні та активні піни, що містять *синтетичні ПАР*, є ще одним ключовим компонентом, що потрапляє у стічні води. ПАР мають здатність знижувати поверхневий натяг рідин, що сприяє ефективному очищенню, але водночас призводить до високої здатності до піноутворення та стабілізації інших забруднюючих речовин (наприклад, емульгування нафтопродуктів). Нормативні вимоги для скиду СПАР у каналізацію рівні 10 мг/дм³. Широке використання СПАР у миючих засобах для автомийок створює значний виклик для очищення стічних вод через їх піноутворюючі властивості та здатність стабілізувати емульсії інших забруднюючих речовин, таких як вуглеводні. Надмірне піноутворення може серйозно порушити фізичні процеси на очисних спорудах, такі як відстоювання та флотація, створюючи стабільний шар піни, що перешкоджає розділенню твердої та рідкої фаз. Це також може перешкоджати перенесенню кисню в біологічних реакторах, впливаючи на мікробну активність. Крім того, багато СПАР нелегко біорозкладаються і можуть зберігатися в навколишньому середовищі протягом тривалого часу (понад шість місяців), що призводить до хронічного забруднення водних об'єктів, накопичення в ґрунті та рослинах, а також потенційної токсичності для водних організмів. Отже, ефективна очистка стічних вод автомийок повинна включати методи, спеціально розроблені для розщеплення або видалення ПАР. Це часто передбачає хімічну коагуляцію/флокуляцію, адсорбцію на активованому вугіллі або біологічні процеси очищення.

3.3. Проведення якісного аналізу щодо виявлення окремих забруднюючих речовин у складі стічних вод автомийних станцій

Мікроскопічний аналіз осаду стічних вод з різних колодязів після фільтрування

Проби стічних вод в об'ємі 100 мл профільтровано і осад після висушування перенесено на предметне скло. Даний осад проаналізовано за допомогою біноккулярного мікроскопа Micromed X S-5520. Мікроскопічний аналіз дозволив віддиференціювати в даному осаді частинки різного складу і дисперсності.

Результати мікроскопіювання осаду стічних вод після фільтрування наведені на рис. 9. Як видно з фотографії 1, кількість осаду з проби є значно більшою, ніж у випадку осадження другої проби.



Рис 9. Фільтри з осадом після фільтрування стічних вод автомийних станцій з різних колодязів

Морфологічний склад осаду стічних вод з ідентифікацією частинок за формою, кольором, величиною поданий на рис. 10. Щодо якісного складу, то переважаючими були частинки глини (темного кольору), пісок (прозорі або сіруваті), волокна (на фотографії 10.2). Проведення морфологічного аналізу дало змогу виявити в осаді частинки різної форми (гострокутна, прямокутна,

округла), різного кольору (чорного, прозорого, сіруватого), різної величини (більші, середні, маленькі).

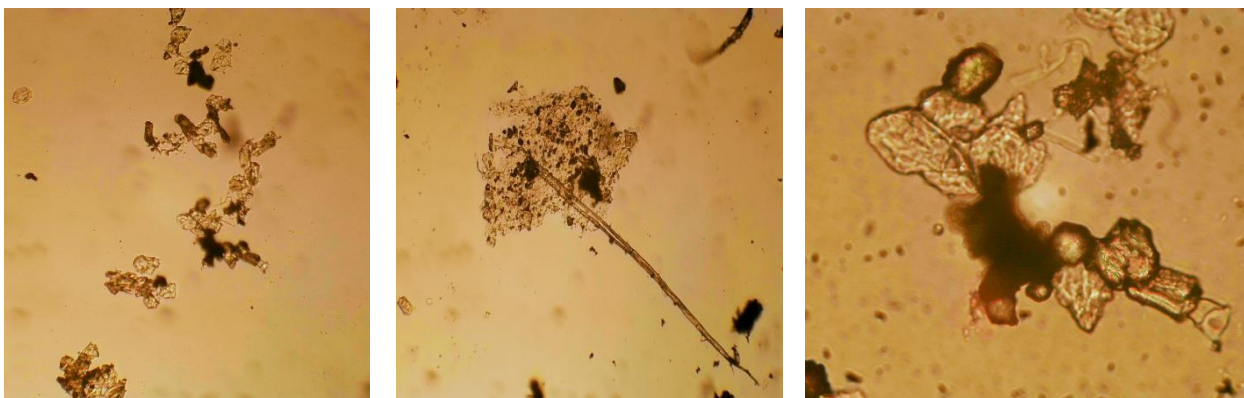


Рис 10. Мікроскопічні зображення різних завислих частинок, осаджених на фільтрувальному папері зі стічних вод автомийних станцій (збільшення у 100x для перших двох фотографій і 400x – для третьої).

3.4. Визначення концентрації аніонних поверхнево-активних речовин у пробах води

Екстракційно-фотометричний метод визначення АПАР базується на утворенні забарвлених у синій колір комплексів АПАР з катіонами метиленового синього, які екстрагуються хлороформом, а потім вимірюється інтенсивність забарвлення на довжині хвилі 650 нм. Метод є досить чутливим, а молярний коефіцієнт поглинання комплексу становить $2.31 \cdot 10^4$. Діапазон визначення вмісту АПАР становить 0.5–5.0 мг/л [16].

Приготування реагентів та розчинів:

1. Фосфатний буферний розчин (рН=10): Розчинити у 900 мл дистильованої води 10 г Na_2HPO_4 , додати 1н розчин NaOH до досягнення рН 10, а потім довести об'єм розчину дистильованою водою до 1 л.

2. Нейтральний розчин метиленового синього: Розчинити 0.35 г метиленового синього в 1 л дистильованої води.

3. Кислий розчин метиленового синього: Розчинити 0.35 г метиленового синього в 500 мл дистильованої води, додати 6.5 мл концентрованої сульфатної кислоти, а потім довести об'єм розчину дистильованою водою до 1 л.

4. Стандартний розчин АПАР: Приготувати стандартний розчин лаурилсульфату натрію з концентрацією 0.01 мг/мл , як це наводиться у [16]

Побудова градуйованого графіку:

1. Відібрати 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 мл стандартного розчину АПАР (0.01 мг/мл).

2. Кожну порцію розбавити дистильованою водою до 100 мл, що відповідатиме концентраціям лаурилсульфату 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 мг/л відповідно.

3. Для кожної з отриманих проб виконати етапи екстракції та фотометрування, описані нижче у пункті «Визначення АПАР у пробі води».

4. Виміряти оптичну густину кожного розчину та побудувати градуйований графік у координатах D – C (мг/л)

Визначення АПАР у пробі води:

1. Вибрати об'єм проби води залежно від очікуваного вмісту АПАР: 250 мл для вмісту менше 0.8 мг/л; 100 мл для 0.8-2 мг/л; 50 мл для 2-4 мг/л. Якщо об'єм проби менше 100 мл, довести його до 100 мл дистильованою водою.

2. Перенести відібрану порцію води в ділительну лійку місткістю 500 мл.

3. Додати 10 мл фосфатного буферного розчину (рН=10) на кожні 100 мл проби, 5 мл нейтрального розчину метиленового синього та 15 мл хлороформу.

4. Обережно збовтувати суміш протягом 2 хв.

5. Після розшарування фаз злити нижній хлороформний шар в іншу ділительну лійку, до якої попередньо налити 100 мл дистильованої води та 5 мл кислого розчину метиленового синього.

6. Вміст другої лійки збовтувати протягом 2 хв.

7. Після розшарування фаз злити нижній хлороформний шар крізь невелику лійку з тампоном вати, просоченої хлороформом, у мірну колбу місткістю 50 мл.

8. Повторити екстракцію, додавши в першу лійку ще 10 мл хлороформу, а потім порціями по 10 мл і 5 мл. Загалом у мірній колбі має зібратися близько 40 мл хлороформних екстрактів.

9. Довести об'єм екстракту в колбі до позначки (50 мл) хлороформом і перемішати.

10. Виміряти оптичну густину хлороформного екстракту (A_x) у кюветі з товщиною шару 3 см відносно кювети порівняння з дистильованою водою. Виміри проводити з червоним світлофільтром при довжині хвилі 650 нм.

11. За градуйованим графіком визначити кількість АПАР (C , мг/л).

12. Концентрацію АПАР у воді (C_x , мг/л) обчислити за формулою:

$$C_x = C \cdot (V_{\text{екстр}} / V),$$

де C – кількість АПАР, знайдена за калібрувальним графіком, мг/л;

$V_{\text{екстр}}$ – об'єм хлороформного екстракту, мл; V – об'єм проби води, мл.

Примітка 1: Сульфіді, сульфіти та інші відновники, а також високий вміст хлоридів, нітратів, роданідів та білків, можуть заважати визначенню АПАР. Вплив відновників можна запобігти попереднім окисненням гідроген перекисом, а вплив інших речовин – екстракцією комплексу з лужного середовища при рН=10. Катіонні ПАР також заважають визначенню, утворюючи безбарвні та стійкі солі з аніонами ПАР, але їх можна видалити, пропускаючи воду через колонку з катіонітом.

Примітка 2: Екстракцію і наступне промивання кислим р-ном метиленовим синім проводився на об'єм екстракту 25 мл (для економії хлороформу та й потреби екстрагувати на 50 мл не було) чотирма порціями по 6 мл, і загальний об'єм екстракту доводили до 25 мл.

Примітка 3: У даній методиці наведені вказівки для виконання досліду на 100 мл проби води, у даному дослідженні, для заощадження ресурсів, але з урахуванням правильності результату, було взято 50 мл проби води, відповідно і наступні кроки ділились на 2.

Відповідно до поданих у методиці вказівок і враховуючи відхилення, які описані у примітках 2 і 3, був зроблений даний експеримент для стічних вод такого складу:

1. Стічна вода з автомийки, неочищена (з першого колодязя), візуальний вигляд якої поданий на рис. 11.



Рис 11. Візуальне зображення досліджуваної стічної води з автомийної станції (колодязь 1)

2. Стічна вода з автомийної станції після відстоювання і перед подачею у міські каналізаційні мережі (візуальний вигляд такої води наведений на рис. 12)



Рис 12. Вигляд досліджуваної стічної води з автомийних станцій із колодязя, з якого вода зливається у каналізаційні міські мережі

Результати визначення концентрації аніонних ПАВ у стічних вод автомийних станцій із різних колодязів, наведений у таблиці 1, а градуирований

графік, за яким знаходять значення C – концентрація аніонних ПАР за вимірною екстинкцією проби, представлено на рис. 13.

Таблиця 1. Вимірювання концентрації аніонних ПАР у пробах стічних вод автономних станцій із різних колодязів

№	C (в воді) мг/мл(г/л)
1	21,35
2	0.51

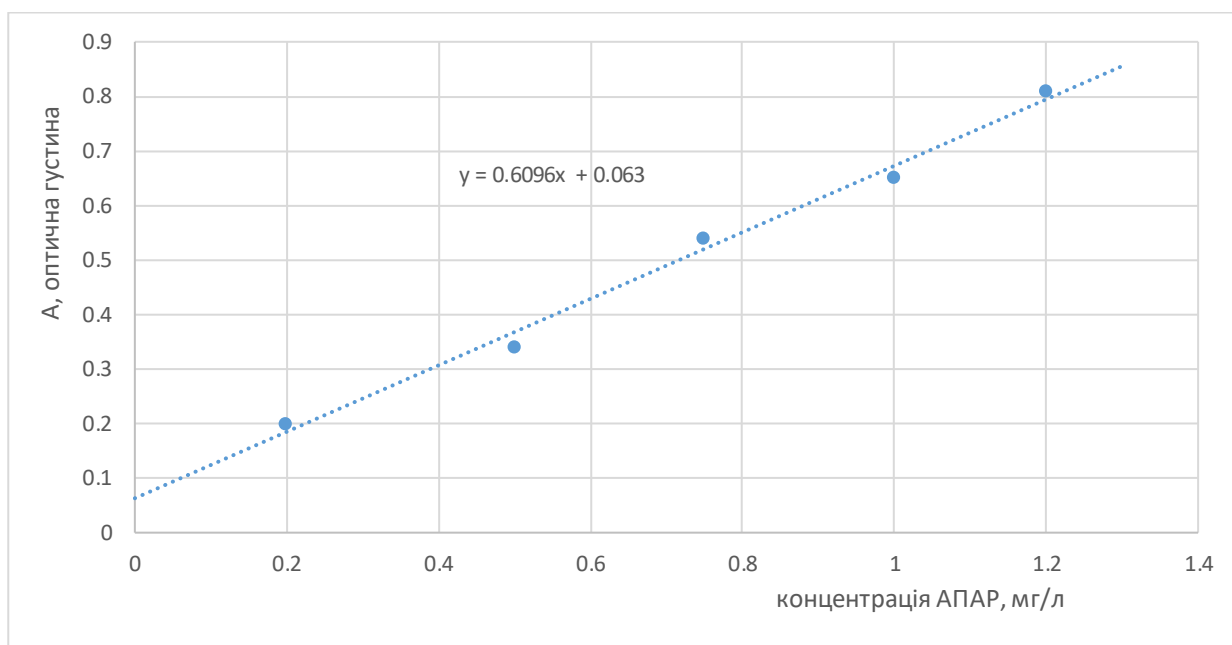


Рис. 13. Градуирований графік знаходження концентрації аніонних ПАР у пробах води автономних станцій

Знаючи, що гранично допустимі концентрації (ГДК) для ПАР аніонних у воді водойм становить $0,5 \text{ мг/дм}^3$, варто порівняти цей показник із знайденими концентраціями АПАР для проб води із різних колодязів, наведених у таблиці 1. Встановлено, що концентрація АПАР у обох пробах більше ніж в 40 разів є вищою за допустиму. Такі високі значення показника вказують, що є необхідним зважати на обрання методу очищення, який би приводив до ефективного окислення органічних речовин, до яких належать АПАР.

3.5. Визначення концентрації нейоногенних поверхнево-активних речовин у пробах води

Метод визначення НПАР у стічних водах, якщо їх кількість менша за 0.2 мг/л, базується на взаємодії НПАР з йодом і хлоридом барію, з подальшим фотометричним вимірюванням оптичної густини [16].

Визначення НПАР у досліджуваній воді:

1. До мірної колби об'ємом 25 мл піпеткою послідовно внести 1.5 мл робочого розчину реагентів.
2. Додати 1-23 мл (залежно від вмісту НПАР у воді) проби досліджуваної води і довести до позначки дистильованою водою.
3. Збовтати розчин і витримати 20 хв.
4. Виміряти оптичну густину розчину за тих самих умов, що й для градуувального графіка (світлофільтр № 5 (490 нм), кювета 10 мм, відносно розчину з реагентами без НПАР).
5. За градууваним графіком визначити вміст НПАР (а, г/л).
6. Концентрацію НПАР у стічній воді розраховують за формулою:

$$C_x = 10V * a \text{ (мг/л)},$$

де а - кількість НПАР, визначена за графіком, г/л; V - об'єм проби, що взяли для аналізу, мл.[16]

Відповідно до результатів проведеного дослідження наявності НПАР у пробах стічних вод не було виявлено, або їхня кількість є невисокою для порогу чутливості даної методики.

3.6. Виявлення фосфатів у пробах стічної води автономних станцій із різних колодязів за допомогою експрес-аналізу

Фосфати, які додають до побутових і професійних миючих засобів, виводяться в стічні води і спричиняють евтрофікацію водойм — активне «цвітіння» води, що призводить до дефіциту кисню та загибелі екосистем [17]. Наприклад, встановлено, що 1 г фосфатної сполуки призводить до росту 5–10 кг синьо-зелених водоростей [18].

Для регулювання цієї проблеми в Україні Кабінетом Міністрів України були застосовані ряд законодавчих актів і постанов [19, 17]. Цими документами

оновлено Технічний регламент мийних засобів, приведені норми у відповідність із регламентом ЄС 648/2004 [19, 17]. Заборона застосування фосфатів поступова й поетапна. Так, встановлено етапи переходу на безфосфатні засоби із 31 грудня 2023 року; зокрема для побутового прального порошку допустимий вміст фосфору не більше 0,2 г на 1 кг прання, інші категорії мають свої ліміти [19].

У таблиці 2 наведені дані про дату впровадження нових лімітів на фосфатовмісні миючі засоби та вказані самі показники лімітів.

Таблиця 2. Регламентовані кількості фосфатовмісних сполук у деяких миючих засобах та дати набуття чинності обмежень

Тип засобу	Ліміт фосфору	Дата застосування
Побутовий пральний	$\leq 0,2$ г/прання	з 31 грудня 2023
Побутовий посудомий	$\leq 0,1$ г/дозу	з 31 грудня 2023
Промислові	0,1–0,25 %	2023–2026 роки

Ця заборона розглядається як надзвичайно важливе досягнення на шляху до використання безпечних засобів, що помірно впливають на довкілля і здоров'я людей [18].

Аналогічні обмеження вже діють у країнах Європейського Союзу. В ЄС ще у 2004 році було ухвалено Регламент № 648/2004: «Засоби для прання не повинні містити фосфати: «total phosphorus <0,5 г/на одне прання», а згодом були введені ще жорсткіші ліміти «0,1 г або 0,25 г/дозу» [20]; Для посудомийних засобів — ліміт 0,3 г/дозу, а через декілька років — ще нижче. З 2012 року у країнах ЄС заборонено використання фосфатів у пральних порошках, а з 2017 року — і в засобах для посудомийних машин. [21].

Дослідження таких авторів, як Kogawa et al. (2017) (огляд побутових миючих засобів і вплив фосфатів на навколишнє середовище) та David W. Litke (1999) (аналіз заходів з обмеження фосфатів у США) підтверджують, що

заборона фосфатів у мийних засобах є ефективним інструментом для покращення якості поверхневих вод [16].

Для якісного виявлення фосфатів у пробах води був використаний експрес-аналіз на наявність ортофосфатів (PO_4^{3-}) із використанням тест-системи компанії Rikka.

Методика проведення дослідження

З відібраної проби стічної води з автомийної станції з першого колодязя, було взято пробу об'ємом 200 мл. З метою зниження впливу завислих речовин, пробу попередньо було фільтровано крізь лабораторний фільтрувальний папір із синьою маркувальною смужкою (тип «синя стрічка»), що відповідає середньому ступеню фільтрації.

З відібраної проби води з автомийної станції після осадження, було взято пробу об'ємом 200 мл.

Для визначення концентрації фосфатів використано експрес-тест на фосфати PO_4^{3-} (виробник Rikka). Цей тест ґрунтується на колориметричному методі: внаслідок реакції ортофосфатів із відповідним реактивом забарвлення змінюється від жовтого до темно-зеленого в залежності від концентрації. Аналіз різних проб наведений на рис. 14.

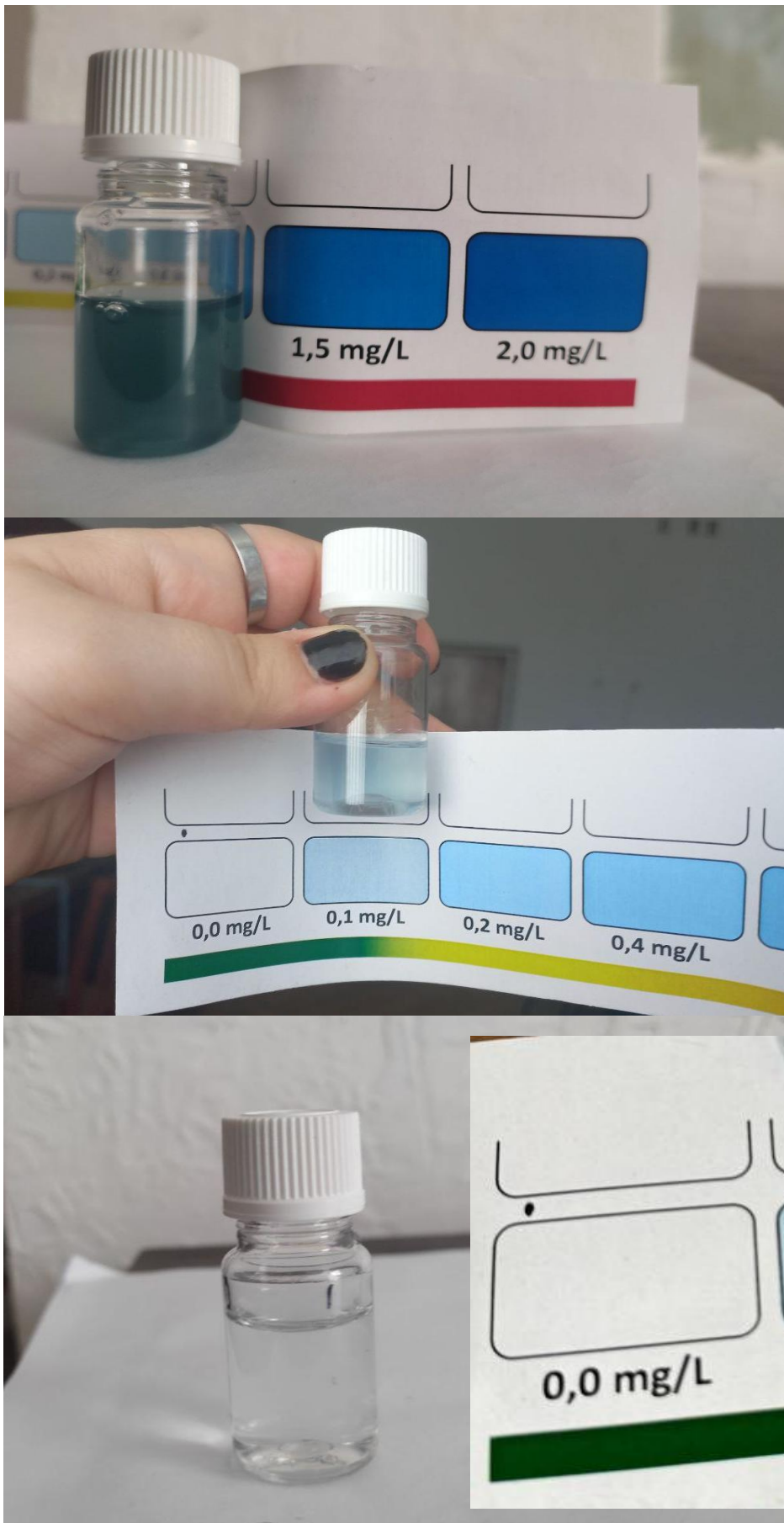


Рис. 14. Визначення вмісту фосфатів експрес-тестом

Візуальна оцінка здійснювалася шляхом порівняння з кольоровою шкалою, що додається до комплекту. Таким чином, діапазон вимірювань знаходився у таких межах: для проби 1 – між 1,5-2 мг/л (рис. 14, верхній), а у пробі 2 – між 0,1-0,2 мг/л (рис. 14, середній). Як нульовий контроль була обрана проба дистильованої води, у якій після проведення експрес-аналізу фосфатів не виявлено (рис. 14, нижній).

Такі розбіжності у пробах стічних вод можна пояснити вибором різних миючих засобів, що використовуються на автомийних станціях.

3.7. Кількісне визначення концентрації фосфатовмісних речовин у пробах води

Оскільки якісне виявлення фосфатів не може достовірно вказувати на точну їхню концентрацію у проаналізованих пробах для кількісного аналізу було використано фотометричний метод.

У кислому середовищі з $pH=0,8-0,95$ в результаті взаємодії ортофосфатів з молібдатом амонію здатна утворитися фосфомолібдеєнова гетерополікислота ($H_3[P(Mo_3O_{10})_4]$) жовтого кольору. При дії відновника, ступінь окиснення молібдену відновлюється до середнього, внаслідок чого утворюється розчин сполуки, забарвлений у синій колір. Насиченість забарвлення р-ну пропорційна концентрації фосфат-йону [22].

Для визначення ортофосфатів беруть мірну колбу об'ємом 50 мл. У неї піпеткою відбирають 25 мл проби води. Додають: 5 мл сірчаної кислоти з молярною концентрацією еквівалента 5 моль/л; 5 мл р-ну сульфату натрію конц. 20%; при енергійному струшуванні по краплях 5 мл р-ну молібдату амонію конц. 5%. Після цього об'єм проби доводять до мітки дистильованою водою. Залишають на 10-15 хв, після чого перемішують.

Оптичну густину вимірюють у кюветі з товщиною шару 1 см з червоним світлофільтром.

Паралельно вимірюють оптичну густину р-ну холостої проби і віднімають від одержаного результату.

Для побудови градуйованого графіка у мірні колби на 50 мл відбирали піпеткою стандартного розчину дигідрогенфосфату калію ($0,01 \text{ г } PO_4^{3-} / \text{мл}$) в

об'ємах: 0,2; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9 мл. При побудові градуйованого графіка беруть до уваги, що в одержаному ряді стандартних розчинів концентрація фосфатів дорівнює 0,04; 0,06; 0,10; 0,14; 0,18; мг PO_4^{3-} мг/мл [22].

На рис. 15 наведені зображення колб із розчинами фосфатів зазначених вищих концентрацій.



Рис. 15. Розчини фосфатів з концентраціями 0,04; 0,06; 0,10; 0,14; 0,18; мг PO_4^{3-} мг/мл, що фотометруються і використовуються для побудови градуйованого графіка

За вказівками, поданими у даній методиці, концентрацію фосфатів у водах визначали за градуйованим графіком, враховуючи коефіцієнт розведення 1/5 при відборі проби для гідролізу та 1/2 при отриманні проби, що фотометрувалась, з результатами: записаними у таблиці 3, та наведеним на графіку 2.

Таблиця 3. Концентрація фосфатів в аналізованих пробах стічних вод

C_x	A_x	C , мг PO_4^{3-}
0.379	0.093	0.930
0.337	0.084	0.840

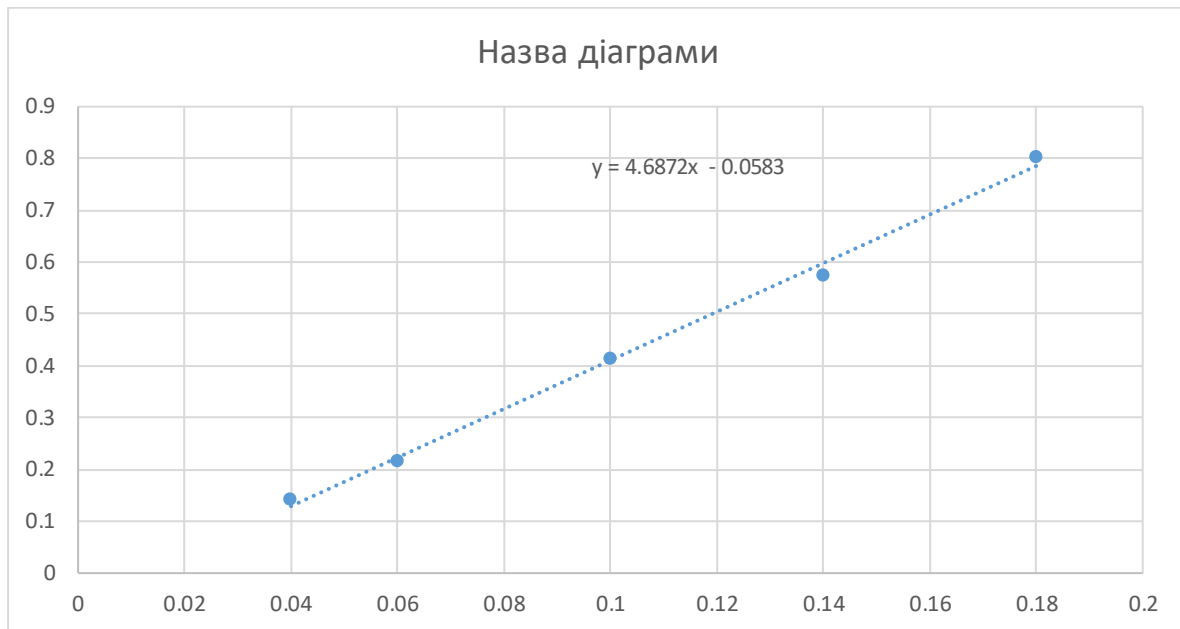


Рис. 16. Побудова градуїованого графіка для знаходження фосфатів у пробах аналізованої води

Таким чином, у стічних пробах води фіксується різний кількісний вміст фосфатів, що є недопустимим відповідно до нормативних показників, які ставляться до миючих засобів, що використовуються в Україні.

3.8. Визначення концентрації нафтопродуктів у пробах води

Оскільки транспортні засоби, які заїжджають на автомийні станції в основному як пальне використовують бензин і дизельне паливо, то залишкові кількості цих палив можуть потрапляти на покриття, на якому розташовується транспорт. Таким чином, при змиванні вони можуть потрапляти у стічні води разом із брудом, глиною, піском.

Для визначення вмісту нафтопродуктів у воді, що утворюється в результаті роботи автомийної станції, було використано автоматичний фотометричний аналізатор "МІКРАН". Даний прилад дозволяє проводити вимірювання в діапазоні від 0,01 до 100,0 мг/дм³ з відносною похибкою не більше $\pm 20\%$, що відповідає вимогам екологічного моніторингу стічних, поверхневих та питних вод [23].

Методика проведення вимірювань

Дослідження базується на фотометричному методі із екстракцією нафтопродуктів гексаном. Аналізатор автоматично здійснює всі стадії процесу:

забір проби, дозування розчинника, екстракцію, поділ фаз, очищення, вимірювання оптичної густини екстракту та розрахунок концентрації нафтопродуктів.

Випробувальний об'єм повинен становити 150 мл, для екстракції використовується гексан кваліфікації "ЧДА", витрати якого на одне вимірювання не перевищують 10 мл. Вимірювання оптичної густини проводиться в діапазоні довжин хвиль 225–358 нм, на основі чого програмне забезпечення приладу виконує обчислення концентрації за градуйованими таблицями та графіками, збереженими у пам'яті мікропроцесора.

Перед кожним вимірюванням здійснюється облік фонові масової концентрації нафтопродуктів, притаманної допоміжному водному розчину. Результат розраховують як середнє арифметичне з двох паралельних вимірювань із поправкою на фон і виводяться на дисплей у мг/дм³ [23].

Отримані значення порівнюють із встановленими нормативами для скидання до централізованої каналізаційної системи, а також екологічними нормативами для поверхневих вод. [11]

Велика кількість СПАР у досліджуваних зразках перешкодила проведенню визначення. Необхідним є пошук більш чутливих методів, за допомогою яких можна більш точно проаналізувати використані проби стічних вод.

3.9. Визначення показника хімічного споживання кисню у пробах води

Визначення показника ХСК у пробах стічних вод проводились в спеціалізованій лабораторії компанії ЗІКО за нижчеописаною методикою.

Послідовні кроки проведення аналізу

Беремо конічну колбу об'ємом 100 мл, відбираємо у неї зразок проби води об'ємом 1-10 мл. Відбір об'єму пропорційний прогнозованій концентрації ХСК, $V=1$ мл.

Доводимо об'єм проби в колбі дистильованою водою до 30 мл. Після чого додаємо 0,1 г сульфату ртуті і 0,2 г сульфату срібла. Перемішуємо пробу до цілковитого розчинення солей. Після розчинення вливаємо 10 мл 0,1 н розчину

дихромату калію, злегка перемішуємо. Поступово вливаємо у пробу 40 мл концентрованої сульфатної кислоти.

Готуємо 3 таких розчини: 1. Проба досліджуваної води, не осаджену; 2. Проба досліджуваної води, після пісковловлювачів; 3. Холоста проба.

Включаємо плитку для нагрівання. Ставимо пробу на плитку і чекаємо поки почне кипіти. Тоді починаємо відлік часу з початку кипіння та кип'ятимо 10 хв (рис 16).

Після кипіння пробу знімаєм з плити і даємо трохи остигнути. Ми використовували імпровізовану водяну баню з холодною водою, щоб остудити розчини.

Паралельно беремо плоскодонну колбу об'ємом 250 мл та заповнюємо її дистильованою водою на 50 мл. Охолоджену пробу переливаємо в колбу з дистиллятом. Додаємо 8 крапель індикатору (0,1 н р-н фенолантралінової кислоти) і бачимо, як проба набуває фіолетового забарвлення (рис 17).

Проводимо титрування 0,1 н розчином Солі Мора до зміни забарвлення в зелений. Результати записуємо в таблицю.

Розраховують значення показника ХСК за формулою:

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

Де a – об'єм розчину Солі Мора, витрачений для титрування холостої проби; b – об'єм Солі Мора, витрачений для титрування досліджуваної проби; N – нормальність титрованого розчину Солі Мора; V – об'єм аналізованої проби; 8 – еквівалент кисню [24].

Результати записують в таблицю 4.



Рис 17. Процес кип'ятіння досліджуваних проб



Рис 18. Протитрований розчин досліджуваної води

Таблиця 4. Результати визначення хімічного споживання кисню в набраних на автомийних станціях стічних водах

№ проби	Об'єм р-ну солі Мора, мл	Показник ХСК
Проба 1 (дуже брудна вода)	-	±2000
Проба 2 (вода із колодязя перед скиданням у каналізаційну мережу)	10,1	240
Холоста проба	10,4	-

Згідно з нормативними вимогами до складу стічних вод, що скидаються в систему централізованого водовідведення [11], гранично допустиме значення (ГДК) хімічного споживання кисню (ХСК) не повинно перевищувати 500 мг/дм³, якщо інше не передбачено умовами договору з підприємством водовідведення.

У пробі 1 (на рис 16 колба, що стоїть на мармуровій поверхні) забарвлення зеленого кольору проявилось уже після етапу кип'ятіння, тому було вирішено, що у подальшому титруванні не було потреби. Таке чітке забарвлення зеленого кольору до етапу титрування свідчить про присутність у пробі досліджуваної води показника ХСК що може бути рівним 5000, що у свою чергу є перевищенням ГДК у 10 разів.

У висновку можна зазначити, що показники ХСК у пробі стічної води з автомийних станцій є достатньо високою після осадження, хоч і не перевищує показник ГДК, але є близьким до нього. Натомість у пробі стічної води з автомийних станцій до осадження цей показник суттєво перевищує нормативне значення, що вказує на потребу в обов'язковому встановленні якісного і надійного очисного обладнання.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Значення охорони праці, законодавче підґрунтя

Автомийки самообслуговування мають в собі велику кількість технологічних процесів, які створюють ризики для здоров'я та безпеки працівників і клієнтів. Зокрема, до таких ризиків належать: контакт з водою під високим тиском, використання агресивних хімічних речовин, небезпека ураження електричним струмом, слизькі поверхні, шкідливі мікрокліматичні умови та вплив механічних факторів. Сама назва виду автомийки «самообслуговування» полягає в тому, що клієнт є безпосереднім користувачем обладнання, а отже – основним об'єктом можливих небезпек.

Забезпечення охорони праці в такому середовищі є не тільки регуляторною вимогою, але й визначальним чинником для життєздатності такого об'єкту. Безпечне середовище зменшує ризик нещасних випадків, судових позовів, фінансових втрат і репутаційних збитків. Отже, інтеграція охорони праці в усі етапи проектування, будівництва, експлуатації та обслуговування автомийки є обов'язковою умовою для сталого функціонування об'єкта.

Основним нормативним актом у сфері охорони праці в Україні є Закон України «Про охорону праці», який закріплює право працівників на безпечні умови праці та визначає обов'язки роботодавця щодо створення безпечного робочого середовища. Крім того, діяльність автомийок регламентується рядом таких галузевих документів [25, 26, 28]

- Правилами охорони праці на автомобільному транспорті (Наказ МНС №964 від 09.07.2012) [25]
- ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів»:[26]
- НПАОП щодо обладнання під тиском (0.00-1.07-94, 0.00-1.59-87);[27]
- НПАОП щодо електроустановок (40.1-1.21-98);[28]

Дотримання цих норм вимагає від власників постійного моніторингу змін у законодавстві, професійного супроводу та належної документальної підтримки.

Невиконання нормативів може призвести до зупинки діяльності або серйозних правових наслідків.

4.2. Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Основними небезпечними факторами на такому об'єкті, як автомобійна станція можна визначити:

- Електричний струм: ризик ураження струмом зростає через вологе середовище, наявність відкритих розеток, порушення ізоляції. Вимога – використання ПЗВ, контроль стану кабелів, заборона експлуатації приладів без заземлення.
- Обладнання високого тиску: вода під тиском 100–200 барів може призвести до травм, опіків, порушення цілісності шкіри. Заборонено направляти струмінь на людину, електроприлади, шланги, корпуси машин. Встановлюється мінімальна безпечна дистанція (30–60 см).
- Хімічні речовини: застосовуються ПАР, луги, розчинники. При потраплянні на шкіру або слизові оболонки можливі хімічні опіки, алергії, отруєння. Необхідне використання ЗІЗ (рукавички, окуляри, фартух), вентиляція та обмеження доступу сторонніх осіб.
- Слизькі поверхні: значний ризик падінь. Рішення – антиковзке покриття, правильна система дренажу, спеціальне взуття.
- Мікроклімат: висока вологість, коливання температури, погана вентиляція. Вимагається 5–20 кратний оборот повітрообміну/год, температура припливного повітря не нижче 15°C.
- Механічні фактори: рухомі частини обладнання, транспортні засоби. Заборонено перебування в зоні маневрування, необхідне чітке зонування території.

Чітке слідування законам для забезпечення охорони праці передбачає:

- призначення відповідального за охорону праці;
- впровадження обов'язків та інструкцій;
- навчання та перевірку знань працівників (вступний, первинний, повторний інструктаж);

- ведення обов'язкової документації (журнали, положення, переліки);
- технічне обслуговування обладнання згідно з регламентом;
- наявність аптечок першої допомоги з урахуванням хімічних ризиків;
- чіткі інструкції для клієнтів (візуальні позначки, попередження, блокування);
- застосування інженерних рішень (ПЗВ, автоматичне відключення, захист від помилок).

Будівельні норми вимагають дотримання:

- розмірів парковок і проїздів відповідно до стандарту;
- ухилів поверхонь для відведення води $\leq 4\%$;
- розділення зон мийки, стоянки, евакуації;
- ефективної дренажної та вентиляційної системи;
- систем очищення стічних вод і утилізації мулу.

Об'єкт має бути «захищеною від помилок» на усіх стадіях, починаючи від будівництва і закінчуючи щоденним контролем функціонування автомийки, а також інтуїтивно зрозумілою для клієнта.

ВИСНОВКИ

1. Збільшення мережі автоматичних станцій самообслуговування в різних населених пунктах України спонукає провести детальний аналіз наявності і кількісного вмісту забруднюючих речовин у стічних водах, що потрапляють у міські каналізаційні мережі.
2. Проаналізовано стічні води автоматичних станцій самообслуговування на наявність забруднень, що спричинені миючими засобами, що використовуються, та брудом на автотранспортних та поверхнях автоматичних станцій.
3. Виявлено наявність таких забруднюючих речовин у стічних водах автоматичних станцій, як: завислі речовини різного складу та дисперсності, аніонні поверхнево-активні речовини і фосфати.
4. У проаналізованих зразках стічних вод не було виявлено катіонних та нейоногенних поверхнево-активних речовин.
5. Показано, що концентрація аніонних поверхнево-активних речовин є особливо високою у стічних водах, що потрапляють у первинні колодязі і знижується після відстоювання.
6. Виявлення різних кількостей фосфатів у проаналізованих пробах стічних вод вказує на недотримання нормативних компонентів і додавання заборонених ними компонентів у склад миючих засобів.
7. Отримані результати щодо наявності деяких забруднюючих сполук у складі стічних вод, що безпосередньо потрапляють у міські каналізаційні мережі вказує на необхідність їхнього первинного очищення за допомогою якісної системи локальних очисних споруд з урахуванням усіх наведених вище тез, щодо забруднення стічних вод.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Коли були винайдені автомийки?. Розумні поради. Технологічний інструмент. URL: <https://dim.uansver.cx.ua/vzaiemodiya/koli-buli-vinaydeni-avtomiyki.html>.
2. A brief blog on the history of car washes - cheetah clean auto wash. Cheetah Clean Auto Wash. URL: <https://cheetahclean.com/technology/a-brief-blog-on-the-history-of-car-washes/>
3. Contributors to Wikimedia projects. Car wash - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Car_wash
4. Обладнання автомийки самообслуговування. Мийки самообслуговування | LuxWash. URL: <https://luxwash.ua/obladnannya-avtomii-samoobslugovuvannya>.
5. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів : Наказ МОЗ України від 19.06.1996 № 173 : станом на 7 берез. 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>
6. Стаття 59 Кодексу України про адміністративні правопорушення із змінами, внесеними згідно із Законами № 81/96-ВР від 06.03.96 , № 55/97-ВР від 07.02.97
7. Очищення стічних вод - ЗІКО. <https://ziko.com.ua/>. URL: <https://ziko.com.ua/ochystka-stokiv/>
8. Бондаренко К. Використання замкненого циклу системи водоочищення на автомийках самообслуговування : Кваліфікаційна робота бакалавра : 183. Суми, 2021. 50 с.
9. Contributors to Wikimedia projects. Car wash - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Car_wash
10. Чи працюють за правилами наші автомийки? – Екологія Право Людина. Екологія Право Людина. URL: <https://epl.org.ua/human-posts/chy-pratsyuyut-za-pravylamy-nashi-avtomiyky/#:~:text=Так,%20відповідно%20до%20п,64:2012>

11. "Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення", які затверджуються Міністерством розвитку громад та територій України (Наказ Мінрегіону від 01.12.2017 р. № 316) та місцевими органами самоврядування
12. ДСТУ 7369:2013 "Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрювання"
13. ДБН В.2.5-75:2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування"
14. ДСТУ ISO 5667 3:2001 «Якість води. Відбір проб. Частина 3»
15. КНД 211.1.0.009-94 Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання природних ресурсів. Гідросфера. Відбір проб для визначення складу і властивостей стічних та технологічних вод. Основні положення : Кер. норм. док. від 28.12.1994 № 211.1.0.009-94.
16. 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.
17. Деякі питання функціонування державної системи моніторингу довкілля та її підсистем. Постанова від 13 червня 2024 р. № 684.
18. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів - «Заборона використання фосфатів у миючих засобах – одне з найважливіших досягнень року», - Владислава Магалецька. Головна. ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБА. URL: <https://dpss.gov.ua/news/zaborona-vikoristannya-fosfativ-u-miyuchih-zasobah-odne-z-najvazhlivishih-dosyagnen-roku-vladislava-magalecka>
19. Міндовкілля: Уряд обмежив вміст фосфатів у мийних засобах. Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mindovkillya-uryad-obmezhev-vmist-fosfativ-u-mijnih-zasobah>
20. EUR-Lex - 52024AP0091 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex – Access to European Union law – choose your language. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/C/2025/1354/oj/eng>

21. Contributors to Wikimedia projects. Phosphates in detergent - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphates_in_detergent
22. ДСТУ ISO 6878:2008 Якість води. Визначення фосфору. Спектрометричний метод із застосуванням амонію молібдату
23. Деякі питання функціонування державної системи моніторингу довкілля та її підсистем. Постанова від 13 червня 2024 р. № 684.
24. ДСТУ ISO 6060:2003 Якість води. Визначання хімічної потреби в кисні (ISO 6060:1989, IDT) : ДСТУ (Держ. Стандарт України) від 10.06.2003 № ДСТУ ISO 6060:2003.
25. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : Наказ М-ва надзвичайних ситуацій України від 09.07.2012 № 964 : станом на 8 квіт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text>
26. ДБН В.2.3-15:2007 Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. Зі Змінами № 1, № 2 та № 3 : ДБН від 07.02.2007 № ДБН В.2.3-15:2007.
27. 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>
28. 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>