

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
зі спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища

Тема роботи: Інтеграція досвіду країн ЄС щодо технологічної модернізації
муніципальних споруд очищення стічних вод

Виконала:
студентка Науменко Лідія
Сергіївна

Залікова книжка
№ 22510247

Підпис: _____

Захищена з оцінкою

_____ оцінка, дата

Керівник:
доцент, д.т.н., доцент Черниш
Єлізавета Юріївна

Підпис: _____
дата, підпис

Консультант з охорони праці:
старший викладач Фалько В.В.

Підпис: _____
дата, підпис

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 20____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА
Науменко Лідії Сергіївни

1.Тема проекту (роботи) Інтеграція досвіду країн ЄС щодо технологічної модернізації муніципальних споруд очищення стічних вод

затверджена наказом по університету від “21” листопада 2023 р. № 1315-VI.

2.Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 25 грудня 2023 року

3.Вихідні дані до проекту (роботи) Наукові джерела з питань модернізації муніципальних очисних споруд, інформація про PFAS як забруднюючі речовини стічних вод.

4.Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Дослідження сучасних технологій муніципальних очисних споруд в країнах ЄС та України, аналіз сучасних інформаційних баз даних таких як Scopus та Web of Science, провести аналіз бази даних про водоочищення Publicly Available Drinking Water Treatability Database, Проведення огляд методів очищення стічних вод, забруднених ПФАС речовинами, провести WOT-аналіз методів поводження з ПФАС.

5. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Фалько В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд екологічної проблематики модернізації муніципальних споруд очищення стічних вод	Вересень 2023 р.	
2	Аналіз методологічного підходу до оцінювання технологій видалення забруднювальних речовин зі стічних вод	Жовтень 2023 р.	
3	Науково-теоретичне обґрунтування технологій видалення пер- і поліфторакільних речовин (ПФАС) зі стічних вод: порівняльний аналіз ефективності різних методів	Жовтень 2023 р.	
4	Огляд методів очищення стічних вод, забруднених ПФАС на муніципальних очисних спорудах в країнах ЄС	Листопад 2023 р.	
5	Проведення SWOT-аналіз методів поводження з ПФАС	Листопад 2023 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	Грудень 2023 р.	
7	Оформлення роботи	Грудень 2023 р.	

6. Дата видачі завдання 25.09.2023 року

Студентка _____

Л.С. Науменко

Керівник проекту _____

Є.Ю. Черниш

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 34 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 70 с., у тому числі 5 таблиць, 14 рисунків, список використаних джерел на 5 сторінках.

Мета роботи – підвищити екологічну безпеку шляхом модернізації міських очисних споруд та технічного аналізу видалення стічних вод пер- та поліфторалкільних речовин (ПФАС)..

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: провести огляд літератури з теми дослідження; проаналізувати сучасний стан екологічно безпечного процесу водовідведення; проаналізувати досвід країн ЄС щодо впровадження нових технологій очищення стічних вод на міських очисних спорудах; застосовувати наукометричних бази даних для аналізу наукових публікацій за темами дослідження; дослідити методи очищення забруднених PFAS стічних вод міських очисних споруд; провести SWOT-аналіз підходів до роботи з PFAS.

Об'єкти дослідження — екологічно безпечні процеси водовідведення, міські очисні споруди України та країн ЄС, огляд методів очищення стічних вод на основі пер- та поліфторалкільних речовин (ПФАС).

Тема дослідження – підвищення екологічної безпеки навколишнього середовища шляхом впровадження нових технологій на міських очисних спорудах.

Методи дослідження — аналітичне дослідження, літературний пошук, статистична обробка. У роботі використовувався метод SWOT-аналізу

Ключові слова: Scopus, ПФАС, Web OF SCIENCE, МУНІЦИПАЛЬНІ ОЧИСНІ СПОРУДИ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, SWOT-АНАЛІЗ.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Екологічна проблематика модернізації муніципальних споруд очищення стічних вод.....	9
1.1 Поточна ситуація щодо функціонування очисних споруд в містах України.....	9
1.2 Досвід країн ЄС у сфері впровадження нових технологій в очищенні стічних вод на муніципальних очисних спорудах.....	13
Розділ 2. Методологічний підхід до оцінювання технологій видалення забруднювальних речовин зі стічних вод.....	18
2.1 Застосування наукометричних баз даних Scopus та Web of Science для аналізу наукових публікацій за темою дослідження.....	18
2.2 Загальнодоступна база даних про водоочищення Publicly Available Drinking Water Treatability Database: інструменти для прогнозування продуктивності та вартості технологій очищення стічних вод.....	24
Розділ 3. Науково-теоретичне обґрунтування технологій видалення пер- і поліфтораکیلєних речовин (ПФАС) зі стічних вод: порівняльний аналіз ефективності різних методів.....	27
3.1 Огляд методів очищення стічних вод, забруднених ПФАС на муніципальних очисних спорудах в країнах ЄС.....	40
3.1.1 Адсорбція активованим вугіллям.....	40
3.1.2 Іонний обмін	44
3.1.3 Мембранна фільтрація.....	46
3.2 SWOT-аналіз методів поводження з ПФАС.....	48
3.3 Варіаційний вибір технологічного рішення в контексті Водних рамкових директив ЄС.....	51
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
4.1 Техніка безпеки праці на очисних спорудах.....	53
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях на очисних спорудах.....	58
Висновки.....	60
Перелік посилань.....	66

Підп. і дата		Інв.№ДУБ.		Взаєм.інв.		Підп. і дата		Інв.№ПОДА.				
ТС 22510247												
Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат	Технологічні основи утилізації і переробки оксидів азоту з отриманням			Літ.	Аркуш	Аркушів		
									5	70		
Розроб.	Науменко							СумДУ, ф-т ТеСЕТ				
Перев.	Черниш							гр. ТС.м—21				
Н.Контр	Батальцев											
Затв.	Пляцук											

ВСТУП

Очисні споруди є абсолютно необхідними для будь-якої ділової та житлової зони, щоб відходи, які утворюються громадськими, житловими, сільськогосподарськими та промисловими об'єктами, не потрапляли в навколишнє середовище у сирому вигляді.

За розміром і розташуванням вони бувають:

- Загальноміський. Вони приймають сміття з великих міст і житлових районів і стічні води з підприємств, а потім проходять локальне попереднє очищення. Відрізняються максимальною продуктивністю і великою площею.
- Місцевий. Їх встановлюють на підприємствах, невеликих селах. Стічні води, як правило, попередньо очищаються перед скиданням у міську мережу.
- Станція біологічної очистки. Компактна автономна система для приватних будинків.

Своєчасна очистка стічних вод має перш за все екологічне значення. Це може запобігти необоротному забрудненню водойм, ґрунту та підземних вод. Забруднена вода руйнує цілі екосистеми на кілометри навколо. Це також впливає на здоров'я флори, фауни, людей і домашніх тварин.

Наявність очисних споруд на підприємствах робить процеси їх роботи більш економними, оскільки іноді очищені стічні води повторно використовуються для господарських потреб.

Постійно з'являються нові технології та нові методи. Їх формулювання та реалізація на законодавчому рівні є необхідними кроками для захисту екології, навколишнього світу та самого людства. Сучасні автоматизовані системи оснащені аварійними механізмами, тому ризик викидання необроблених небезпечних або токсичних відходів практично зведений до нуля.

Актуальність теми дослідження. Конструкція очисних споруд дуже важлива і актуальним в сучасній Україні, оскільки ці інженерні споруди

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата	ТС 22510247	Арк
						6
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

захищають довкілля від забруднення стічними водами. Значна частина пов'язаної інфраструктури знаходиться в занедбаному стані, це часто призводить до надмірного скидання забруднюючих речовин у водойми.

Очисна споруда – інженерна споруда в системі стічних вод, яка використовується для очищення, нейтралізації та дезінфекції стічних вод для подальшого використання або скидання у водойму.

При проектуванні очисних споруд населених пунктів або окремих об'єктів враховується добова витрата стічних вод найбільших водостоків і загальна кількість забруднюючих речовин різних видів стічної води, які потрапляють на ці очисні споруди. Визначення ступеня очищення стічних вод залежить від місцевих умов з урахуванням необхідності промислового чи сільськогосподарського використання очищених стічних і поверхневих вод. Чистота стічних вод, які скидаються у водні об'єкти, мають відповідати вимогам чинних нормативних документів «Правил охорони поверхневих вод від зворотних забруднень», затверджених постановою Кабінету Міністрів України № 465 [1]

Метою роботи — підвищення ступеня екологічної безпеки за допомогою модернізації муніципальних очисних споруд та аналіз технологій видалення перфторалкільних і поліфторалкільних речовин (ПФАС) зі стічних вод.

Для досягнення поставлених цілей були визначені та вирішені такі **завдання**: провести огляд літератури з теми дослідження, проаналізувати сучасний стан екологічно безпечного процесу водовідведення, провести аналіз досвіду країн ЄС в сфері впровадження нових технологій в очищенні стічних вод на муніципальних очисних спорудах, застосувати наукометричних баз даних для аналізу наукових публікацій за темою дослідження, проведення огляду методів очищення стічних вод, забруднених ПФАС на муніципальних очисних спорудах, провести SWOT-аналіз методів поводження з ПФАС, аналіз охорони праці.

Об'єкт дослідження: екологічно безпечні процеси водовідведення, муніципальні очисні споруди України та країн ЄС та огляд методів очищення стічних вод від перфторалкільних і поліфторалкільних речовин (ПФАС).

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510247

Арк
7

Предмет дослідження — підвищення екологічної безпеки довкілля за рахунок впровадження нових технологій муніципальних очисних споруд.

Методи дослідження: аналітичне дослідження, літературний пошук, статистична обробка. В роботі використано SWOT аналіз.

Наукова новизна — вперше на його основі проведено комплексний SWOT-аналіз технології захисту гідросфери комбінування декількох методів для ефективного видалення ПФАС з одночасним усуненням обмежень окремих методів очищення може бути корисним.

Практична цінність. Результати досліджень можуть бути корисними під час проектування або реконструкції муніципальних очисних споруд, що дасть можливість зменшити антропогенне навантаження на НС.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дата				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247			
					Арк			
					8			

Розділ 1 ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМАТИКА МОДЕРНІЗАЦІЇ МУНІЦИПАЛЬНИХ СПОРУД ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Проблема міських очисних споруд в Україні досить складна. Ось кілька ключових питань:

Модернізація: Комплексна модернізація очисних споруд України потребуватиме щонайменше 300 млрд євро. Модернізація очисних споруд коштує чималих грошей.

Забруднення: В Україні 90% корпоративних очисних споруд застарілі та забруднюють річки синтетичними сполуками. **Фінансування:** Місцева влада однозначно не любить підвищення ставок, оскільки воно дуже непопулярне. Водночас водопровідні підприємства за рахунок плати з користувачів фінансування, звісно, не отримують.

Громадська охорона здоров'я: через погану якість очисних споруд або через відсутність очисних споруд люди, які живуть там, пили воду, хворіли та ходили в аптеки купувати ліки.

Ці проблеми потребують негайного вирішення, оскільки вони впливають на якість життя громадян та стан довкілля.

1.1 Поточна ситуація щодо функціонування очисних споруд в містах України

Реальність, з якою стикаються більшість невеликих міст і містечок, полягає в тому, що існуючі очисні споруди мають термін служби понад 50 років. Існуючі споруди очисних споруд застаріли та не можуть виконувати свою основну функцію з очищення побутових стоків. Відповідно, неочищені стічні води забруднюють навколишнє середовище, особливо поверхневі водойми. Очисні споруди та основне обладнання експлуатувалися неналежним чином після

Інв. № ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм. інв.	Інв. № АУБ.	Підп. і дата	ТС 22510247	Арк
						9
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

закінчення гарантійного терміну, що призвело до погіршення якості очищеної води. Основні проблеми, які існують на очисних спорудах, наведені в таблиці 1 [2]. Такі очисні споруди потребують негайної модернізації або реконструкції.

Таблиця 1.1 — Основні проблеми існуючих очисних споруд

Будівельна частина	Технологічна частина
Аварійні ситуації для основних залізобетонних і металевих конструкцій	Встановлення на очисних спорудах енергоефективного (з високим енергоспоживанням) радянського повітродувного обладнання
Знос технологічних трубопроводів і запірної арматури	Технічне обладнання пошкоджене та недоступне (компресори, насосне обладнання), внаслідок чого очисні споруди працюють не на повну потужність або водопідготовка нижчої якості.
Пошкоджені або знаходяться в незадовільному стані решітки, піщані кар'єри, шламові майданчики, відстійники тощо	Технологія очищення стічних вод відстає, а якість очищеної води не відповідає нормативним нормам.

Інв.№ПОДА. Підп. і дата. Взєм.інв. Інв.№ДУБЛ. Підп. і дата.

Вип. Арк. № докум. Підп. Дат.

ТС 22510247

Арк
10

<p>Зanedбано стан допоміжних будівель та споруд (адміністративні будівлі, каналізаційні насосні станції тощо)</p>	<p>Проблема опадів ще не вирішена: відсутня система зневоднення осадів, мулове поле в незадовільному стані, мул переповнений, і він займає велику площу.</p>
<p>Статус пошкодження зовнішньої мережі</p>	<p>Очисні споруди не мають або мають досить примітивні системи автоматизації, вимагають великого обслуговуючого персоналу і навряд чи зможуть працювати безперебійно в разі будь-якої поломки або аварійної ситуації</p>
	<p>Немає системи дезінфекції очищених стічних вод, що призводить до інфільтрації патогенні мікроорганізми в ґрунтових водах</p>

На сьогодні майже 100% покриття міських централізованим водопостачанням майже в усіх регіонах, крім Львівської (95,5%) та Чернівецької (90,9%).

Централізоване водопостачання в Україні мають 99,1% міст, 89,8% селищ міського типу та 30,1% сільських населених пунктів (відповідно до Державної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні за 2018 р.).

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата. Взєм.інв. Інв.№ДУБЛ. Підп. і дата

Проте лише 69% населення мають доступ до системи централізованого водопостачання та 47,8% – до системи централізованого водовідведення.

На даний час очисні споруди не мають права очищати стічні води відповідно до вимог законодавства, в результаті чого забруднені стічні води скидаються в джерела питної води, що призводить до погіршення якості питної води.

Із загального об'єму скидів у водні об'єкти забруднено 737,2 млн. куб. метрів (13,72%). Основним джерелом забруднення поверхневих вод є пряме скидання забруднених міських і промислових стічних вод у водойми та через міські каналізаційні системи, а також надходження забруднюючих речовин із населених пунктів і міський поверхневий стік у водойми. Землі сільськогосподарського призначення.

Основні фонди централізованого водопостачання та централізованого водовідведення мають недосконалий технічний стан та значний знос (в аварійному стані – 35% мережі водопостачання та 38% мережі водовідведення, майже 30% водяні насоси знаходяться в несправному (аварійному стані).

Насосні станції потребують заміни) та значні втрати питної води (в середньому по Україні 36%).

Однією з головних причин такої ситуації є те, що очисні споруди та водопровідна мережа були побудовані в 1970-1980-х роках і на сьогоднішній день застаріли та не відповідають сучасним вимогам, аварійні ситуації на каналізаційній мережі не були вчасно ліквідовані, а також очищення стічних вод. об'єкти не перевірялися існуючі та капітально відремонтовані не проводився постійний контроль за їх роботою, що призвело до забруднення земель та підземних водоносних горизонтів очисні споруди передано сільському комітету, але у сільського комітету не було коштів на ремонт і нормальні операції.

Загальна протяжність водопровідної мережі (без урахування Донецької та Луганської областей) становить 102,759 млн. км, з них критична водопровідна мережа – 34,216 млн. км, що становить 33,3% [3].

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						12

У 2021 році він становитиме 1 074,84 млн. куб. м [4] стічних вод, 95 % яких проходить через очисні споруди. Це величезна кількість стічних вод, від якості очищення яких залежить екологічний стан нашої країни та наше здоров'я. Причому наведені вище цифри в основному стосуються міст, а понад 95% сіл в Україні не мають каналізації.

Усі очисні споруди в Україні побудовані 50-70 років тому. Термін його експлуатації 50 років.

До того ж каналізація в той час була інша, хімії не було так багато. Зараз, з розвитком суспільства та технологій, у каналізацію потрапили речі, про які раніше неможливо було навіть уявити.

Візьмемо за приклад миючі засоби. Більшість миючих засобів, які продаються в нашій країні, містять фосфати, що створює великі проблеми з очищенням стічних вод. Раніше для миття посуду використовували звичайний гірчичний порошок. До речі, і зараз він чудово миє посуд і не шкодить навколишньому середовищу.

Згадані нами побутові споживачі – це лише крапля в морі. Різноманітні малі та великі підприємства утворюють велику кількість сильно забруднених стічних вод: автомийки, автозаправні станції, ресторани, великі харчові комплекси, виробництва з використанням шкідливих речовин тощо [5].

1.2 Досвід країн ЄС в сфері впровадження нових технологій в очищенні стічних вод на муніципальних очисних спорудах

У промислово розвинутих країнах на кожного жителя утворюється приблизно 19-20 кг твердого осаду стічних вод на рік. Наприклад, як видно з таблиці 1, такі країни, як Франція (54,2 мільйона осіб) і Сполучене Королівство (56,1 мільйона осіб), мають подібне населення та відрізняються у видобутку опадів у 2,4 рази: Франція має 510 000 тон, тоді як Велика Британія – 1 240 тис. т; Україна має 42,22 млн. населення, Франція та Великобританія виробляють більшу

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

кількість опадів – 1 802 тис. т на рік. Лідером з виробництва осадів стічних вод є Німеччина [6-8]. Як видно з таблиці 2, значна частина осаду стічних вод хоронять на звалищах. Утилізація/утилізація осаду стічних вод відбувається шляхом сільськогосподарської утилізації, видалення, скидання або спалювання. У таблиці 2 наведено методи утилізації осаду стічних вод, визначені розвиненими країнами світу. У майбутньому країни планують скоротити захоронення відходів на звалищах.

Таблиця 1.2— Кількість осаду стічних вод в різних країнах світу

Країна	Кількість осаду, млн. тон/рік
США	7,000
Німеччина	2,750
Японія	2,300
Південна Корея	1,902
Україна	1,802
Англія	1,240
Італія	0,800
Франція	0,510
Австрія	0,320
Іспанія	0,300
Швеція	0,180

Таблиця 1.3 — Основні методи утилізації осадів стічних вод (в %)

Країна	Використання в с/г	Захоронен ня на звалищах	Спалюван ня	Скидання в море, океан
Англія	53	16	7	24

Продовження таблиці 1.3

Австрія	20	49	31	-
Німеччина	25	55	15	5
Данія	45	28	18	9
США	25	25	35	15
Італія	20	60	-	20
Франція	23	46	31	-
Фінляндія	40	41	-	19
Швейцарія	50	30	20	-
Швеція	60	30	-	10

У Німеччині планують збільшити використання сільськогосподарських відходів з 25% до 40%. У Фінляндії із загальної кількості опадів, які використовуються як добриво, одна третина використовується в сільськогосподарських угіддях і одна третина використовується при будівництві магістральних доріг; 17% використовується в міських ландшафтах і близько 16% використовується в компості [6-8].

У країнах ЄС пріоритет надається аеробній та анаеробній обробці осаду стічних вод. Найчастіше в Іспанії, Італії, Фінляндії та Словаччині застосовують анаеробну обробку осадів стічних вод, а в Чехії та Польщі – технологію аеробного перетворення осадів стічних вод [9]. Дослідження показали, що при аеробному перетворенні осаду стічних вод буде утворюватися велика кількість гумінових кислот, а в процесі анаеробного перетворення — білки та ароматичні амінокислоти, які є компонентами сільськогосподарських органічних мінеральних добрив [10].

У деяких країнах ЄС спостерігається зростаюча тенденція до обробки осаду сільськогосподарських стічних вод. Тому в Німеччині осад стічних вод

ТС 22510247

Арк

15

Підп. і дата

Інв.№ДУБ.

Взаєм.інв.

Підп. і дата

Інв.№ПОД.

Вип Арк № докум. Підп. Дат

використовується як добриво - стабілізований, компостований і пастеризований. Пастеризація полягає в нагріванні до 65-70°C протягом 20-30 хвилин для знищення яєць глистів і патогенних мікроорганізмів. Вони також використовують спалювання активного мулу як альтернативу нафті та вугіллю. Крім того, Німеччина та Австрія надають великого значення розвитку комбінованих установок для компостування відходів і осадів стічних вод [11].

У сучасних умовах у багатьох країнах використовується метод спалювання твердих побутових відходів і осадів стічних вод. Але при цьому вміст твердих речовин в осаді не повинно бути менше 40%, а загальний вміст води - не більше 60%. Перед спалюванням його необхідно зневоднити і висушити. Для спалювання опадів використовують спеціальні печі (циклонні печі, барабанні печі, печі з киплячим шаром). Оксиди сірки, миш'як, важкі метали та газоподібні продукти згоряння, такі як сірководень і хлор, забруднюють атмосферу.

З кожної тони перероблених відходів в атмосферу викидається 27 кілограмів токсичних речовин. Розрахунки підтверджують, що теплова енергія, яка споживається при спалюванні відходів, на 30 % перевищує енергію, отриману під час захоронення відходів [12].

В Європі все більшої популярності набуває технологія виробництва біовугільних пелет або пелет ASV (від англ. Accelerated Carbonized Biomass). Використання цієї технології на біомасі, що містить органічні відходи, покращує теплоту згоряння, енергоємність і параметри горіння. Процес карбонізації осаду стічних вод цікавий з цієї точки зору, а термічна обробка осаду на місці не тільки зменшує накопичений об'єм, але й дозволяє використовувати осад як альтернативне паливо [13].

Низькотемпературний піроліз – це новий наукомісткий процес обробки суміші побутових відходів і осаду стічних вод, який впроваджується в Італії, Німеччині та інших країнах. Піроліз відходів відбувається при температурах від 250 до 400°C. Характерною рисою низькотемпературного піролізу є те, що

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
	Взаєм.інв.
	ІНВ.№ДУБЛ.
	Підп. і дата
	Вип

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						16

оброблений осад спочатку переходить у вуглеводні і в газоподібний стан, а потім після конденсації виходить основний продукт «сира нафта» [8].

В європейських країнах технологія переробки органічних відходів реалізується на біогазових установках, основою яких є біогазовий реактор.

Щоб ефективно функціонувати, необроблений осад необхідно завантажити, попередньо нагріти та змішати з ферментованим осадом. Співвідношення змішування сирової та ферментованої гязі повинно бути 1:10. Біогазова технологія вважається одним із найефективніших способів очищення та обробки органічних відходів з різних джерел з одночасним отриманням біогазу, електроенергії та екологічно чистих добрив [11]. Залежно від типу органічних речовин, що містяться у стічних водах, змінюватиметься склад біогазу та частка метану в ньому.

Економічно розвинена Чехія проводить дослідження на цю тему протягом останніх 40 років. Доведено, що активний мул (мул), що утворюється після біологічного очищення стічних вод, має високі живильні властивості. Додавання 2-3% активного мулу в раціони курей і свиней збільшує приріст на 20% [8].

Незважаючи на те, що технологія утилізації мулу від розмноження дощових черв'яків є новою, вона має значні результати: вона може значно підвищити ефективність очищення та дезінфекції мулу та зменшити викид осаду з мулових полів. З точки зору ефективності вермикомпостування з опадів стічних вод є економічним. Вартість обробки однієї тони сухої речовини осаду стічних вод за допомогою хробаків становить у середньому 120 грн, що дешевше в порівнянні з вартістю традиційної обробки на зрошуваних полях або за допомогою зневоднення та компостування. Оскільки 100% осад спричинить загибель черв'яків, рекомендовано додавати біомасу, особливо листяний опад, у пропорції 60–40% маси осаду, що є оптимальним [14].

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБ.
Підп. і дата	
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
	Дат

ТС 22510247

Арк

17

Розділ 2 МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ЗІ СТІЧНИХ ВОД

Оцінка технологій видалення забруднювачів стічних вод включає наступні методи:

1. Механічний метод: Цей метод включає фільтрацію, подрібнення, осадження та фільтрацію.

2. Хімічний метод: Цей метод включає метод окислення, метод нейтралізації, метод відновлення, метод коагуляції та метод флокуляції.

3. Біологічний метод: цей метод використовує мікроорганізми для розкладання органічних речовин.

4. Анаеробний процес і анаеробно-аеробна технологія: ці методи використовуються для очищення стічних вод з високою концентрацією органічних речовин.

5. Методи фотоокислення: ці методи використовуються для видалення барвників зі стічних вод.

Вибір конкретного методу залежить від типу забруднюючих речовин, які необхідно видалити, і конкретних умов стічних вод. Крім того, важливо враховувати економічну вигоду та екологічну безпеку обраного методу [15].

2.1 Застосування наукометричних баз даних Scopus та Web of Science для аналізу наукових публікацій за темою дослідження

Наукометричний підхід використовується для огляду технічної модернізації міських систем водовідведення у співпраці з різними базами даних. Тому аналіз проводився з використанням баз даних Scopus і Web of Science.

Scopus — це найбільша в світі єдина мультидисциплінарна реферативна база даних, яка пропонує унікальну систему оцінки частоти цитувань. Для аналізу

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взяєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

даних публікації було використано онлайн-інструмент для обробки результатів запити (рис. 1) для різних комбінацій ключових слів (табл. 2.1.)

Таблиця 2.1— Ключові слова пошуку бази даних Scopus

НАЗВА-АБС-КЛЮЧ	Результати, номер видання
municipal AND sewage AND treatment AND plants	8370
modernization AND of AND industrial AND buildings	486
new AND technologies AND of AND treatment AND facilities AND in AND eu AND countries	10
pfas AND technology AND treatment AND water	126
powdered AND activated AND carbon AND pfas	10
ultraviolet AND irradiation AND pfas	17
ozone AND pfas	24
membrane AND separation AND pfas	13
ion AND exchange AND pfas	101
activated AND carbon AND pfas	168
granular AND activated AND carbon AND pfas	75
electrocoagulation AND pfas	5
electrochemical AND treatment AND pfas	57
adsorptive AND pfas	12
reverse AND osmosis AND pfas	30

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗАСЕМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБ.
Вип	Арк
№ ДОКУМ.	Підп.
Дата	

ТС 22510247

Арк

19

Scopus бази даних

Кількість публікацій

Сфери досліджень

Вибір ключових слів

Документи по роках

Документи за країнами

Тенденції

за видами видання

за предметними галузями тощо

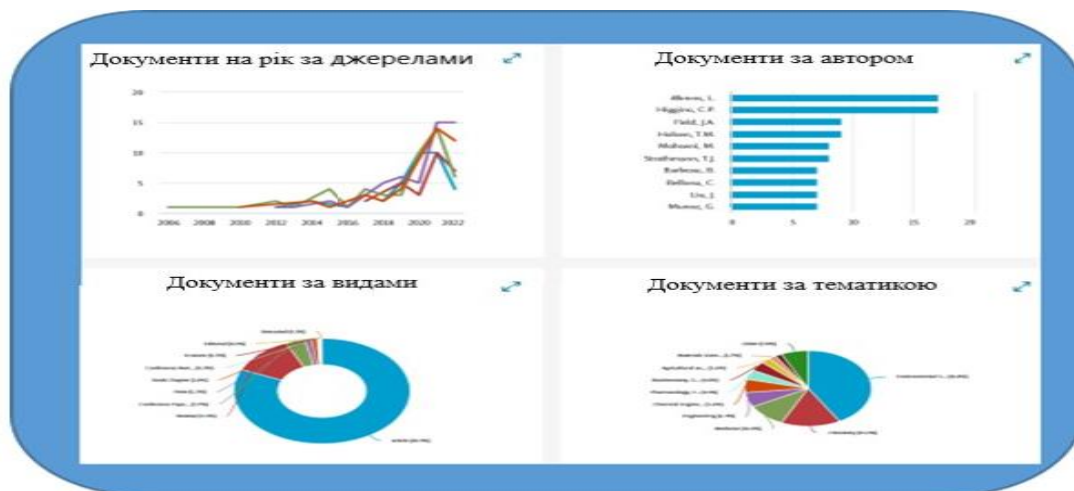
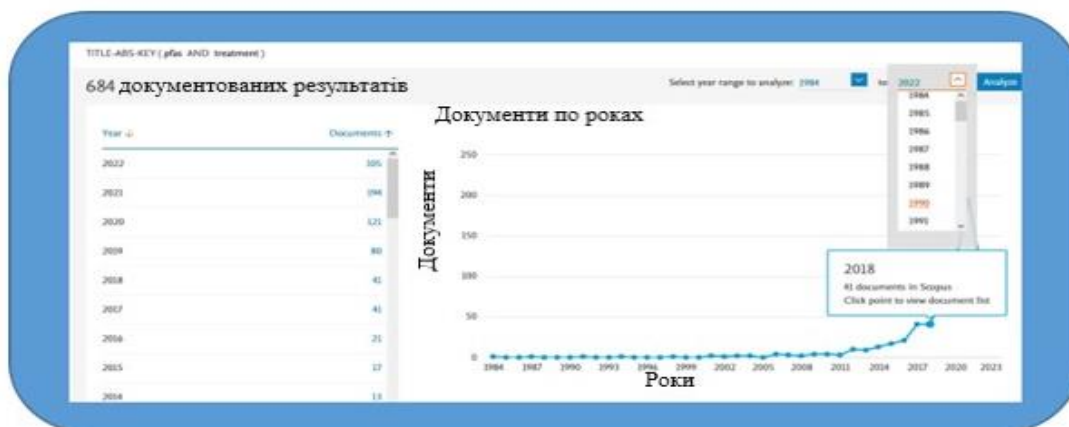


Рисунок 2.1 — Інструменти бази даних Scopus

Web of Science – це платформа, яка містить наукову літературу та патентні бази даних і належала Thomson Reuters до 2016 року. У листопаді 2016 року підрозділ інтелектуальної власності та науки був придбаний інвестиційним фондом і працює під назвою Clarivate Analytics. Web of Science охоплює матеріали

з природничих, технологічних, біологічних, соціальних, гуманітарних наук і мистецтва.

Web of Science або Web of Knowledge — пошукова платформа від Thomson Reuters, яка об'єднує бази даних рефератів наукових журналів і патентних публікацій, в тому числі з урахуванням перехресних посилань на публікації.

Web of Science є найавторитетнішою у світі міждисциплінарною аналітичною базою даних, яка включає такі основні ресурси:

- Web of Science Core Collection (база даних наукових журналів з високим імпаکت-фактором з 1970 р.);
- China Science Citation Database (база цитування китайських наукових публікацій з 1989 р.) - Derwent Innovation Index (база наукових патентів з 1963 р.);
- KCI-Korean Journal (регіональна база корейських наукових журналів);
- MEDLINE (бібліографічна база даних Національної медичної бібліотеки США);
- SciELO Citation Index (база даних наукових публікацій Іспанії, Португалії, ПАР та країн Латинської Америки).

Web of Science охоплює матеріали з природничих наук, технічних наук, біології, соціальних наук, гуманітарних наук і мистецтва. Система містить вбудований функціонал для пошуку, аналізу та керування бібліографічною інформацією.

Web of Science містить понад 12 000 журналів, понад 23 мільйони патентів і понад 160 000 матеріалів конференцій

Сьогодні він став універсальним інформаційним ресурсом, використання якого забезпечує оптимальний і ефективний пошук організаціями необхідної інформації практично в усіх основних галузях наукових досліджень.

Ці ресурси включають бібліографічний список усіх посилань, знайдених у кожній публікації, надаючи на перший погляд найповнішу бібліографію на тему за останнє десятиліття, а також посилання на повнотекстові документи.

Підп. і дата
Інв.№ДУБ.
Взєм.інв.
Підп. і дата
Інв.№ПОДЛ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк 21
-----	-----	----------	-------	-----	-------------	-----------

Наразі Web of Science містить 18 українських видань, з них 17 наукових установ НАН України.

В результаті пошуку ми отримуємо не тільки перелік документів, а й можливості подальшого оформлення. Наприклад, ми зробили запит на «сайт бібліотеки».

1. Кількість результатів тестування;
2. Вказаний пошуковий запит (назва пошукового запиту);
3. Уточніть результати за конкретними критеріями (пошук за ключовим словом, базою даних, областю дослідження тощо).

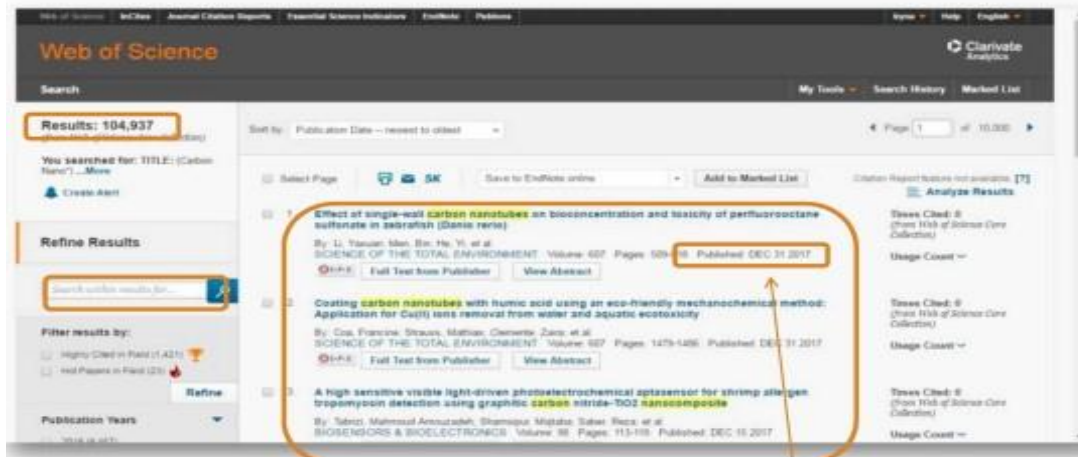
У верхній центральній частині ми маємо можливість зберегти результати в EndNote.

В правому верхньому куті є перехід до статистичної обробки результатів.

Сам аналіз виглядає так. Зверніть увагу, що знак питання переходить безпосередньо до відповідного розділу довідки. Вся наведена статистика зведена по роках [17].

ІНВ.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дата						
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247					Арк
										22

Отримані результати



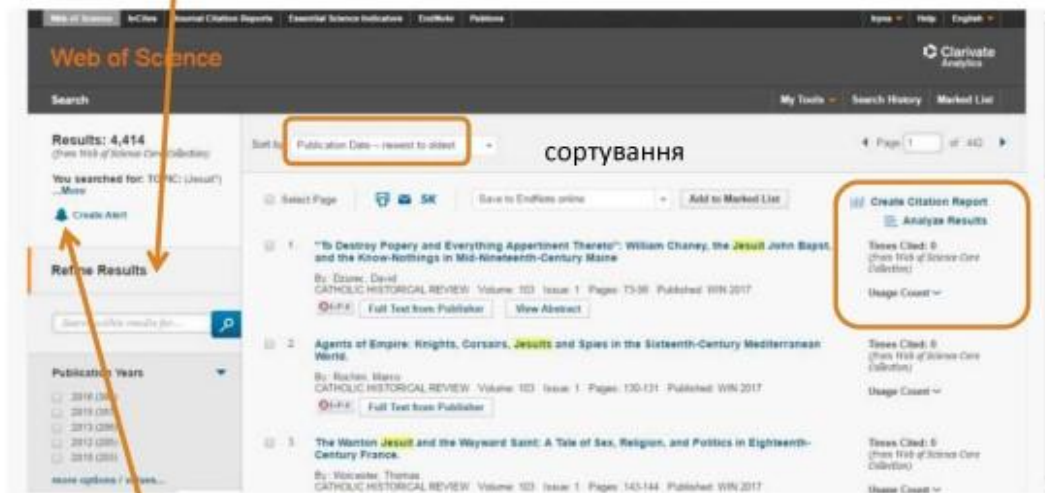
точнення результатів

Результати
Статті з майбутнього?

Цитування



Цитування і використання Панель уточнення результатів



Повідомлення про новинки



Рисунок 2.2 — Інструменти бази даних Web of Science

ІНВ.НОПОД. Підп. і дата. Взаєм.інв. ІНВ.НОДУБ. Підп. і дата.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510247

Арк
23

2.2 Загальнодоступна база даних про водоочищення Publicly Available Drinking Water Treatability Database: інструменти для прогнозування продуктивності та вартості технологій очищення стічних вод

Загальнодоступна база даних очищення питної води (PADWTD) надає комплексний, гнучкий і прозорий інструмент для оцінки витрат на очищення, використовуючи інформацію про ефективність і вартість технологій очищення стічних вод для різних структурних характеристик моделей WBS.

PADWTD – це база даних, яка надає інформацію про ефективність і вартість технологій очищення стічних вод. Він використовується, щоб допомогти оцінити вартість обробки різних структурних особливостей у моделі WBS.

База даних про обробку питної води (TDB) Агентства з охорони навколишнього середовища США (USEPA) є загальнодоступним ресурсом, який надає інформацію про контроль забруднюючих речовин у питній воді.

Базу даних було розроблено для використання різноманітними зацікавленими сторонами, включаючи служби водопостачання, перші служби реагування на розливи або надзвичайні ситуації, регуляторні органи, консультанти та постачальники технічної допомоги, розробники процесів очищення та дослідники.

База даних містить інформацію про 35 процесів і 123 регульованих і нерегульованих забруднюючих речовин, включаючи 26 хімікатів PFAS. Інформація в TDB зібрана з тисяч літературних джерел, присвячених лабораторним, пілотним і комплексним дослідженням поверхневих і підземних вод.

Однак важливо зазначити, що ця база даних не надає інформації про вартість. Однак сторінка даних вказує, чи містить джерело інформацію про вартість і чи описує джерело або цитує аналітичний метод, використаний для вимірювання забруднення.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк 24
-----	-----	----------	-------	-----	-------------	-----------

База даних про чистоту питної води (TDB) EPA — це простий у використанні інструмент, який надає довідкову інформацію про контроль забруднень питної води. Він розроблений для використання комунальними компаніями, службами швидкого реагування на розливи або надзвичайні ситуації, регуляторними органами, консультантами та постачальниками технічної допомоги, розробниками процесів очищення та дослідниками.

Надається інформація про 35 процесів очищення та 142 регульованих і нерегульованих забруднюючих речовин, включаючи 37 пер- та поліфторалкільних речовин (ПФАС). Серед них 11 нових хімікатів PFAS, доданих у травні 2021 року, і нові публікації PFAS, додані восени 2022 року.

Інформація про очищення та забруднення в TDB зібрана з тисяч літературних джерел, присвячених лабораторним, пілотним і повномасштабним дослідженням поверхневих, підземних і лабораторних вод. Література була взята з рецензованих журналів і конференцій, інших конференцій і семінарів, звітів про дослідження, тез і дисертацій. Витрати не вказані. Однак сторінка даних вказує, чи містить довідник інформацію про вартість і чи описуються чи цитуються аналітичні методи, що використовуються для вимірювання забруднень.

Забруднювачі: TDB включає питання безпеки води, питання реєстрації пестицидів, а також хімічні, мікробні та радіоактивні забруднювачі, які регулюються в питній воді в Ендокринних руйнівниках і Списку забруднювачів, кандидатів на застосування лікарських засобів (CCL). Оскільки стратегії контролю за побічними продуктами дезінфекції (DBP) відрізняються від забруднюючих речовин, присутніх у вихідній воді, DBP не включено до TDB. Інформація про забруднюючі речовини включає такі параметри, як розчинність, тиск пари та константи закону Генрі; мікробні параметри, такі як розмір і форма; а також параметри долі та транспортування, які можуть допомогти оцінити наявність забруднюючих речовин у вихідній воді.

Процеси очищення: TDB пропонує широкий спектр процесів очищення питної води, включаючи найпоширеніші та рідше використовувані, але відомі як

ІНВ.№ПОДА.	Піап. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						25

ефективні. Надається інформація, від якої залежить ефективність процесу очищення, включаючи ключові параметри процесу та якості води, а також значення забруднюючих речовин.

Інформація, зібрана в TDB, може бути використана для нормативних цілей, таких як регулятивний огляд і визначення списку кандидатів-забруднювачів (CCL), а також визначення найкращої доступної технології. Він також може охоплювати різноманітні види використання: від реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з безпекою води, до проектування водоочищення та визначення потреб у дослідженнях.

Застосування:

- Визначити ефективні процеси очищення питної води.
- Планування майбутньої модернізації очисних споруд.
- Допомогти регуляторам прийняти найкращі доступні технології та рішення CCL.
- Надайте інформацію особам, які першими реагують на розлив або надзвичайну ситуацію.
- Визнавати потреби в дослідженнях.
- Огляд додаткової літератури та пошук літератури.

TDB доступний як мобільний веб-додаток, який вимагає підключення до Інтернету. Мобільні веб-програми можна використовувати на настільних і мобільних пристроях, таких як смартфони та планшети, і вони сумісні з усіма операційними системами [16].

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дат	

ТС 22510247

Арк

26

Розділ 3 НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ПЕРФТОРАКІЛЬНИХ І ПОЛІФТОРАКІЛЬНИХ РЕЧОВИН (ПФАС) ЗІ СТІЧНИХ ВОД: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ МЕТОДІВ

Поліфторалкільні речовини та перфторалкільні речовини (PFAS) є шкідливими хімічними речовинами, які широко присутні у водоймах, особливо у водопровідній воді. Традиційні процеси очищення, які використовуються на великих очисних установках для питної води, не можуть ефективно видалити PFAS з води, створюючи потенційний ризик для здоров'я людей, які п'ють водопровідну воду.

Традиційні технології очищення питної води, такі як коагуляція, флокуляція, седиментація, фільтрація, біофільтрація та окислення (звичайні чи передові) часто неефективні для видалення PFAS. База даних очищення питної води ЕРА США показує, що гранульоване активоване вугілля, іонообмін, нові адсорбуючі матеріали та мембранне розділення можуть досягти >99% видалення кількох типів PFAS (перевірено на видалення PFOA та PFOS). Полімерні коагулянти, особливо катіонні полімери, повинні мати певну змінну ефективність як частину процесу попередньої обробки, принаймні для кислотних сполук PFAS, таких як PFOA та PFOS. Відбувається певний ступінь утворення катіон-аніонного комплексу, а також гідрофобне поглинання неполярних частинок молекули та затверділого полімеру [18].

Динаміка активності публікації щодо PFAS шляхом абсорбції показана на рис. 3.1.

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБ.
Підп. і дата	
Інв.№ПОДА.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						27

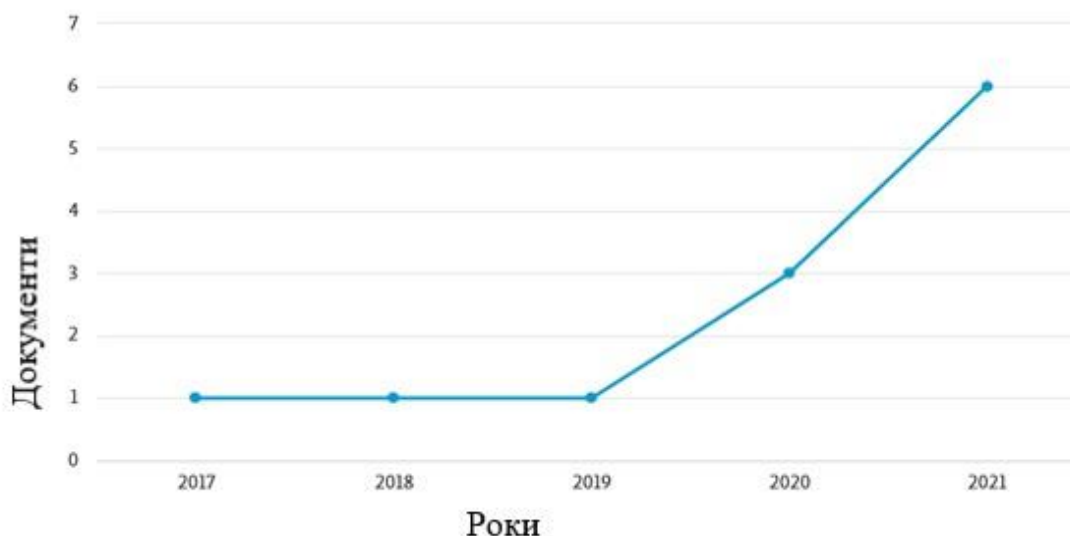


Рисунок 3.1 — Видавнича діяльність за роками

Активоване вугілля (АС), особливо певне гранульоване активоване вугілля (GAC), здатне видаляти довголанцюгові сполуки PFOS. Різні типи GAC відрізняються за ефективністю та потужністю. Рівень видалення перевищує 90%, з кінцевою концентрацією води на дуже низьких твердих частинках і рівнях, які неможливо визначити, як правило, більше, ніж звичайний час контакту з ліжком, і зміна постелі досить часта. Як завжди, склад води та наявність конкурентоспроможних адсорбентів впливатимуть на результати та економіку конкретної води. Певне порошкоподібне активоване вугілля (РАС) також доступне для короткочасних витоків або в поєднанні з процесами коагуляції. РАС має вищу адсорбційну здатність, ніж еквівалент GAC. Усі неруйнівні методи створюють проблеми при поводженні з відходами та отриманими концентратами [19].

Також був розроблений метод для повторної активації GAC на місці без необхідності повертати його постачальнику. Такий спосіб регенерації ГАС знижує експлуатаційні витрати та подовжує термін служби системи [20].

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

Це видно з малюнка. Як показано на рисунку 3.2, ГАС ширше використовується, ніж порошкоподібне активоване вугілля в літературі з рекультивації PFAS (рис. 3.3).



Рисунок 3.2 — Публікаційна активність за роками в базі даних Scopus виконує пошук за ключовими словами «гранульоване активоване вугілля» та «PFAS»

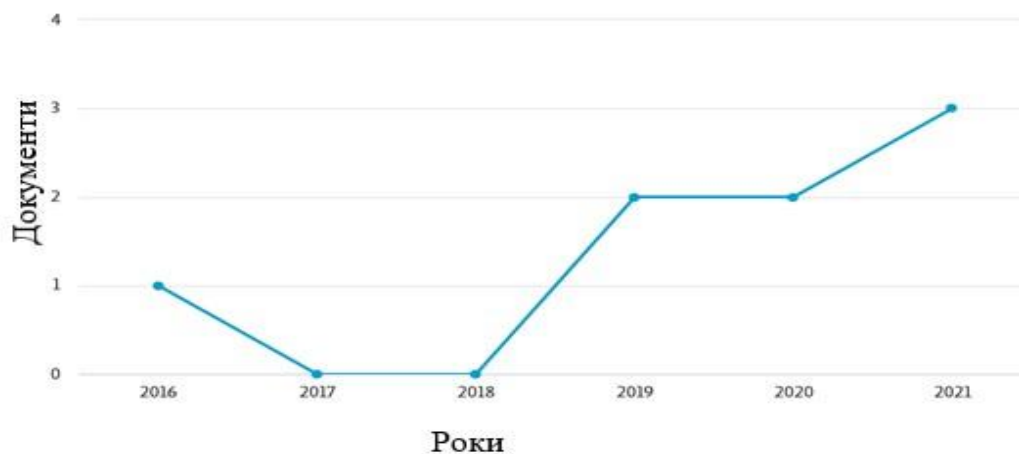


Рисунок 3.3 — Публікаційна активність за роками в базі даних Scopus виконує пошук за ключовими словами «порошкове активоване вугілля» та «PFAS»

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510247

Арк

29

Основні міркування щодо вартості вибору адсорбційних середовищ [21]:

1. Суміші PFAS і конкуруючі види.
2. Вимоги до попередньої обробки.
3. Впливає на концентрацію.
4. Рух.
5. Норми викидів.
6. Критерії зміни ЗМІ.
7. Утилізація носія.

Основною характеристикою змінного струму, що впливає на видалення PFAS, є поверхневий заряд змінного струму, що вказує на роль електростатичних взаємодій у видаленні PFAS.

Нейтральний змінний струм має найгіршу продуктивність порівняно з позитивно зарядженим змінним струмом. У позитивно заряджених модуляторах розподіл розмірів пор і площа поверхні мікропор мають вирішальний вплив на адсорбцію PFAS, залежно від гідрофобності PFAS і середньої повномасштабної швидкості видалення гідрофільних і злегка гідрофобних PFAS. Для PFAS з вищою гідрофобністю роль мезопор, присутніх у реактивованому АС, більш важлива, оскільки пори GAC у мезопорах менш забиті порівняно з мікропористим АС (Cantoni та ін., 2021).

Крім того, іонообмін (IX) пропонує значні переваги перед середовищем-сорбентом з активованим вугіллям, зокрема завдяки його можливостям регенерації та повторного використання та здатності ефективно захоплювати коротколанцюгові та нові PFAS. Однак більшість досліджень обмежується PFOA та PFOS, за винятком кількох досліджень, присвячених регенерації та повторному використанню смол IX з дискретними короткими ланцюгами та новим PFAS (Dixit et al., 2021). Порівняно з адсорбцією, іонний обмін є швидким реакційним процесом, який потребує значно коротшого часу контакту між кульками смоли та забруднювачами (зазвичай 2-3 хвилини), що призводить до менших конфігурацій системи та меншої площі слідів, таким чином заощаджуючи капітальні витрати.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510247

Арк

30

Було доведено, що іонообмін має вищий і довший термін служби, як правило, 6-18 місяців, тоді як фільтри GAC, які видаляють PFAS, мають термін служби 9-12 місяців [22].

Таким чином, одним із найперспективніших методів видалення ПФАС вважається іонний обмін; в останні роки інтерес до цього методу різко зріс, про що свідчить динаміка публікаційної активності, представлена на рис. 3.4.

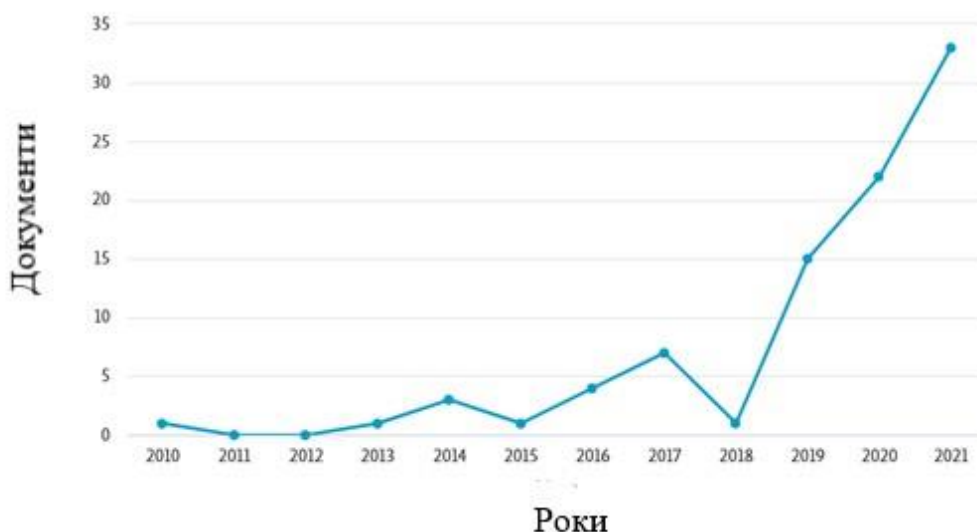


Рисунок 3.4 — Публікаційна активність за роками в базі даних Scopus шукає за ключовими словами «ion exchange» і «PFAS»

Аніонообмінна смола може видаляти різноманітні аніони перфторвуглецю з високою ефективністю та малим розміром. Смола може бути регенована на місці, що є перевагою її використання. Розсил, який утворюється в процесі регенерації, необхідно зберегти та належним чином утилізувати або розщепити. Деякі води потребують попередньої обробки через наявність конкуруючих факторів відповідності води, включаючи інші аніони, які можуть вплинути на ефективність видалення (Fuhar Dixit et al., 2021). Електрохімічне окислення (ЕО) стає одним із найперспективніших методів розкладання стійких пер- і поліфторалкільних речовин (ПФАС) у воді та стічних водах, після чого ці

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.

сполуки неможливо розкласти за допомогою традиційних біологічних методів або хімічних методів для ефективного очищення.

Оцінка демонструє необхідність використання екологічно відповідних середовищ для належного кількісного визначення ефективності/впливу ЕО на лікування PFAS. Крім того, наразі немає кількісного визначення втрат адсорбції, що може призвести до переоцінки ефективності процесу. Більшість експериментальних результатів на сьогоднішній день вказує на те, що коротколанцюгові PFAS є найскладнішими та мають бути пріоритетними, оскільки екологічні норми стають суворішими (Veciana, 2022).

На рисунку 3.5 показано динаміку активності публікації з використанням електрохімічних методів окислення PFAS, причому електроліз є найбільш помітним.

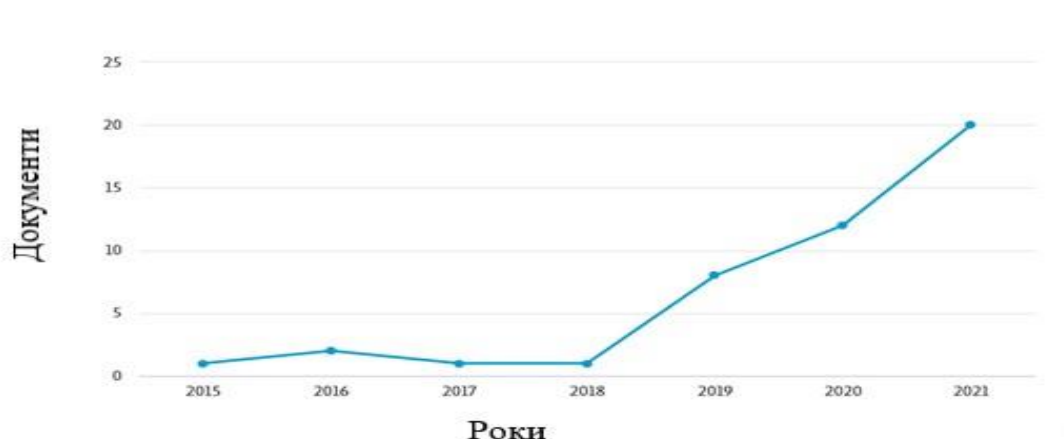


Рисунок 3.5 — Публікаційна активність за роками в базі даних Scopus шукає за ключовими словами «електрохімічна обробка» та «PFAS»

У дослідженні Schaefer et al. (2020) Стендові експерименти для оцінки ЕО шляхом прямого анодування та непрямого окислення сольових похідних розведеної водної плівкоутворюючої піни (AFFF) у сольових розчинах для моделювання завантаження поліфторалкільних речовин і перфторалкільних речовин (PFAS) у регенераційний розчин аніонообмінної смоли. На поліфторовані сполуки припадає приблизно 45% фторорганічних сполук у

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.
Підп. і дата	

вихідній суміші, і їхнє початкове перетворення відбувається в основному шляхом непрямого окислення, націленого на нефторовані головні групи (Schaefer et al., 2020). Графенові губчасті електроди, розроблені в рамках проекту ELECTRON4WATER, продемонстрували здатність розщеплювати C-F зв'язки та дефторувати PFAS. Досліджується [23].

Результати показують, що фторидні радикали та/або HF, що вивільняються в результаті розщеплення C-F зв'язку, залишаються включеними в структуру графену в дуже низьких слідових рівнях. Загальна схема показана на рисунку 3.6.

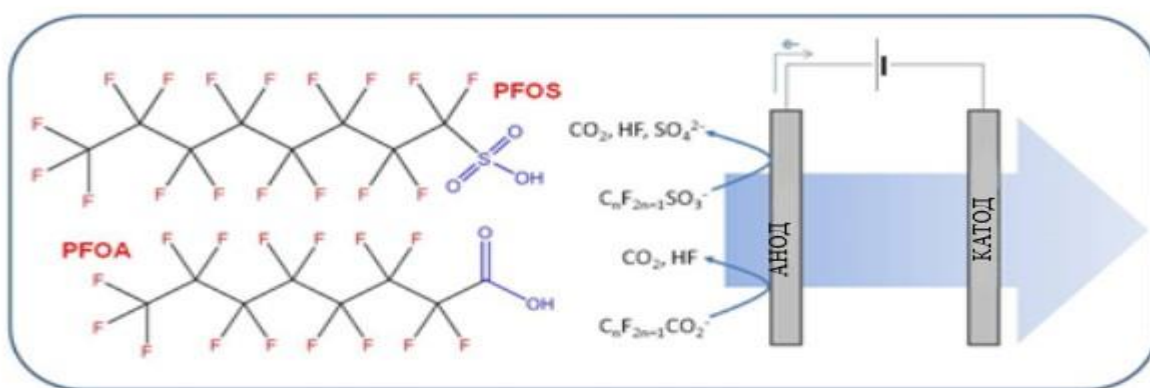


Рисунок 3.6 — Принципова схема видалення PFAS за допомогою електролізу [24]

Таким чином, ЕО на графенових губчастих анодах може призвести до дефторування PFAS і утворювати очищені стічні води без вмісту фтору. Здатність графенових губчастих анодів розривати зв'язки C-F є багатообіцяючою, оскільки в той же час матеріал не окислює хлориди, що дозволяє обробляти потоки солоної води, багаті PFAS, без збільшення їх токсичності (наприклад, розсоли зворотного осмосу, звалища). фільтрат). Безперервна електрохімічна деградація PFAS на графенових губчастих анодах, легуваних різними двовимірними (2D) матеріалами, вивчається в пілотному масштабі з використанням комерційного пластинчасто-каркасного реактора [25].

ІНВ.№ПОДА.	ПІДП. І ДАТА	ВЗЯЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДАТА
------------	--------------	------------	------------	--------------

Мембранний процес. Серед різних методів очищення води мембранні процеси високого тиску, такі як нанофільтрація (NF) і зворотний осмос (RO), вважаються найперспективнішими завдяки їхнім відмінним можливостям інгібування коротко- та довголанцюгових PFAS та їх здатності до доведеної технологічної зрілості. Було продемонстровано при обробці води джерело води. Зворотний осмос досяг понад 99% видалення PFOS і PFOA з питної води та 90% видалення PFOS з деяких стічних вод. Для низькомолекулярних хімічних речовин нанофільтрація має вищу пропускну здатність, але може бути менш ефективною, ніж RO. Обидва вимагають попередньої обробки в багатьох випадках, але можуть не вимагати такої попередньої обробки, коли застосовуються до високоякісних ґрунтових вод. Обидва створюють стічні води, що містять накопичені хімічні речовини PFAS, які потребують відповідної обробки. Об'єм стічної води становить приблизно від 5% до 25% об'єму води, що надходить, залежно від складу води, конкретної мембрани, конструкції та робочого тиску [26].

Мембранна технологія має великий потенціал застосування в процесах очищення стічних вод PFAS, але, згідно з базою даних Scopus, кількість публікацій із ключовими словами «мембранне розділення» та «PFAS» є незначною (рис. 3.7).

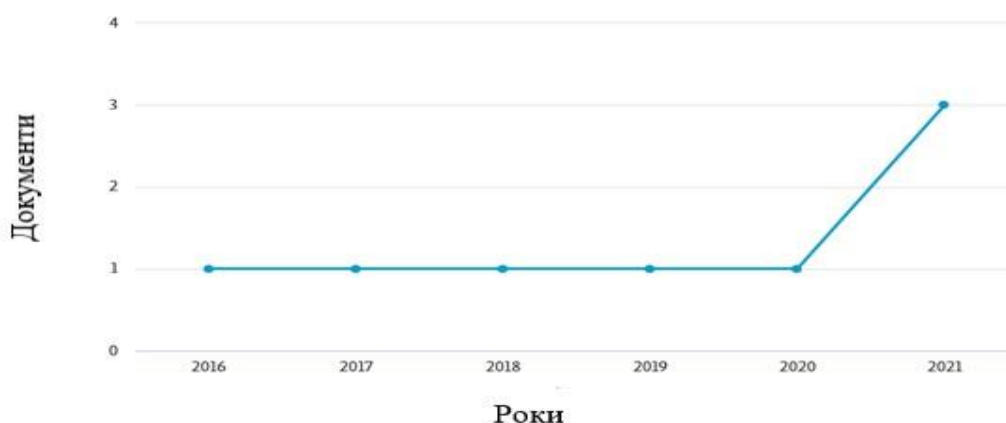


Рисунок 3.7 — Шукайте в базі даних Scopus публікації роками з ключовими словами «мембранне розділення» та «PFAS»

Підп. і дата	ІНВ.№ДУБЛ.	Взаєм.інв.	Піап. і дата	ІНВ.№ПОДЛ.
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

У результаті дослідницька діяльність швидко зростає, щоб задовольнити дослідницькі потреби для вдосконалення процесів нанофільтрації та зворотного осмосу для видалення PFAS із водного середовища (рис. 3.8 і 3.9).

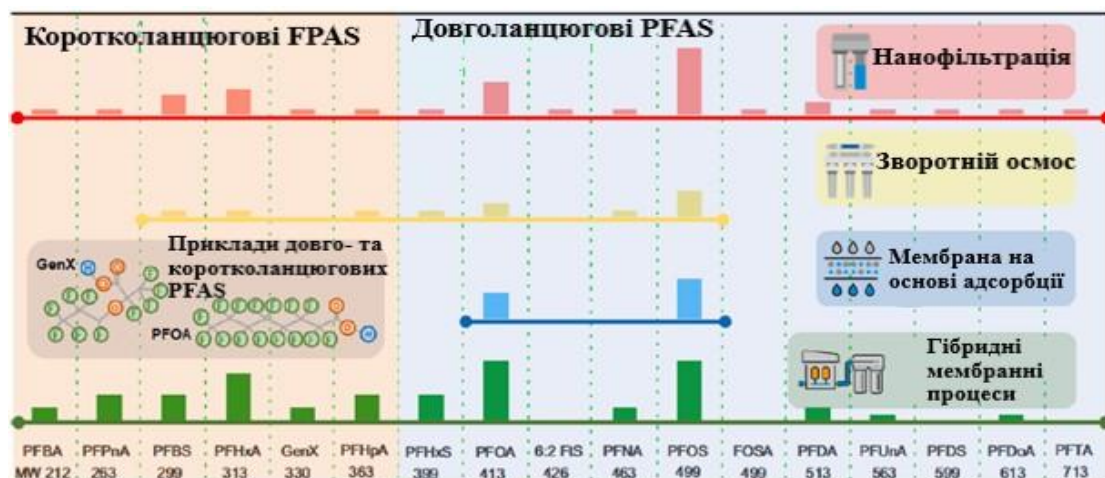


Рисунок 3.8 — Огляд досліджень лікування PFAS за допомогою мембранних технологій.

MW представляє молекулярну масу окремих хімікатів PFAS. Ці стовпці якісно порівнюють рівні відповідних хімічних речовин PFAS у відповідних дослідженнях. Помаранчеві та сині області представляють короткі ланцюги (для перфторкарбонної кислоти (PFCA): атоми вуглецю < 7; для перфторсульфонові кислоти (PFSA): атоми вуглецю < 6), а довгі ланцюги (для PFCA: атоми вуглецю ≥ 7; для PFSA: атоми вуглецю ≥ 6) площ PFAS відповідно (Jin та ін., 2021).

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБ.	Підп. і дата

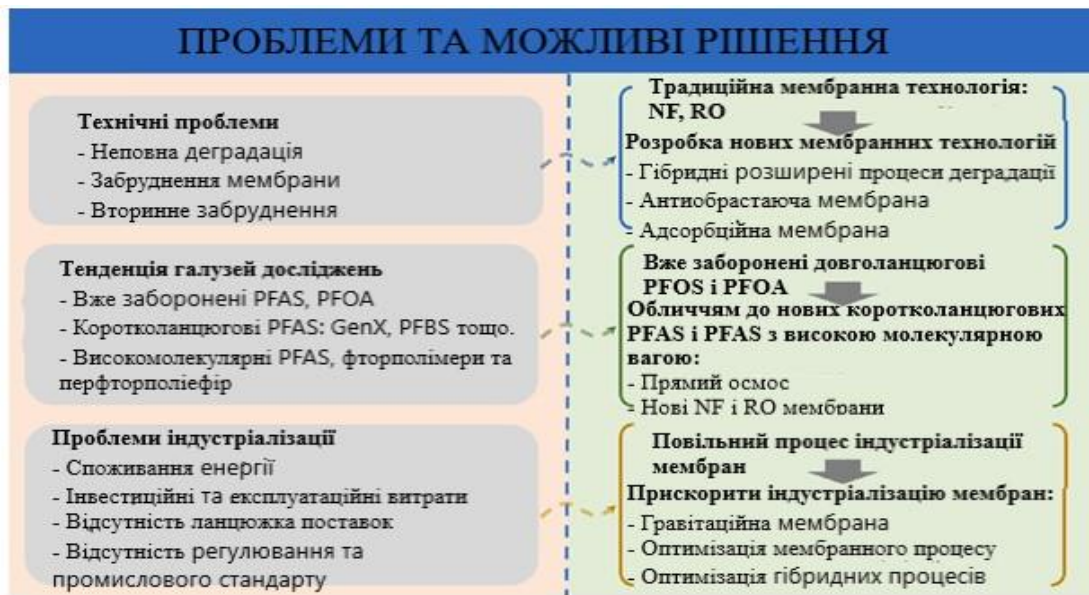


Рисунок 3.9 — Короткий опис існуючих проблем і можливих рішень у мембранній технології для видалення PFAS (Jin та ін., 2021)

Нові мембранні технології, такі як адсорбційні мембрани та прямий осмос, є перспективними кандидатами. Так само гібридна мембранна обробка заснована на інтеграції мембранної фільтрації з іншими методами деградації, що забезпечує високу якість очищеної води. Однак на сьогоднішній день неможливо обробляти PFAS ефективно і дешево у великих масштабах, що вимагає подальших досліджень і розробки стійких мембранних технологій, які можуть вирішити цю проблему. Наприклад, споживання енергії можна значно зменшити за допомогою мембран, що керуються гравітацією, і оптимізованої оптимізації процесу (Jin et al., 2021).

Розширені процеси окислення (AOP) широко використовуються в різних комбінаціях у обробці води, використовуючи озон (O₃), перекис водню (H₂O₂), ультрафіолет (УФ), персульфат (S₂O₈²⁻) тощо для розкладання великої кількості різних органічних забруднювачів. окислювачі (Franke et al., 2019).

Через високу стабільність хімічного зв'язку C-F окислення озоном або хлором неефективне для розкладання сполук PFAS. AOP використовує процес, який генерує гідроксильні радикали, які є більш агресивними, ніж інші

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

окислювачі. Однак вони все ще не дуже ефективні при роботі з С-Ф хімічними зв'язками. Повідомлялося про низькі показники видалення до 10%, але в інших дослідженнях за певних умов повідомлялося про показники видалення до 50%. Однак АОП є неселективними і потребують високоочищеної води для видалення конкуруючих (часто природних) хімічних речовин, які більш сприйнятливі до окислення, ніж хімічні речовини PFAS, і часто присутні у вищих концентраціях [27]. Дослідження в області озонування PFAS продовжують активізуватися, про що свідчить динаміка публікацій на цю тему протягом багатьох років (рис. 3.10), це стосується і ультразвукової терапії (рис. 3.11).

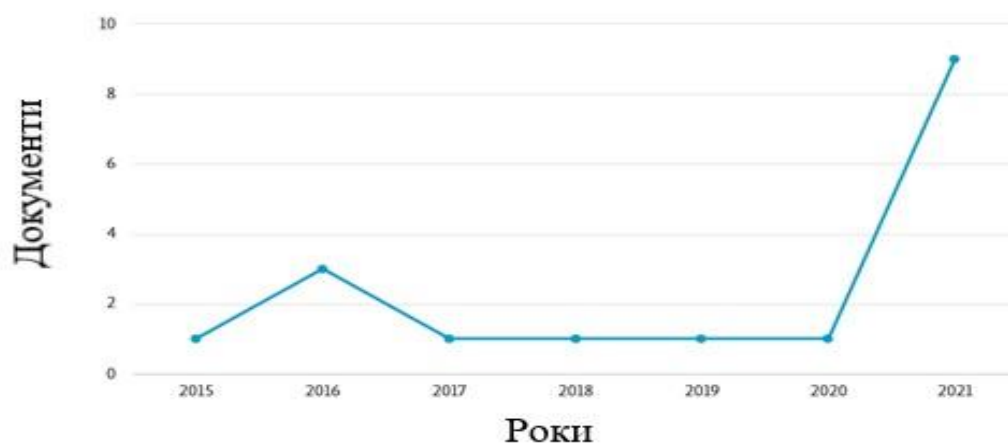


Рисунок 3.10 — Публікаційна активність за роками в базі даних Scopus виконує пошук за ключовими словами «озонова обробка» та «PFAS»

Таким чином, останні відкриття показують, що озону недостатньо для розриву дуже міцних зв'язків С-Ф. Показано, що додані каталізатори окислення (АОР) виробляють реактивні вільні радикали, які ефективно розкладають PFAS. Наприклад, озон може видалити 70-98% PFAS у водопровідній воді при використанні в поєднанні з каталізаторами на основі оксиду заліза та персульфатами (Franke et al., 2018).

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБ.
Підп. і дата	
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	

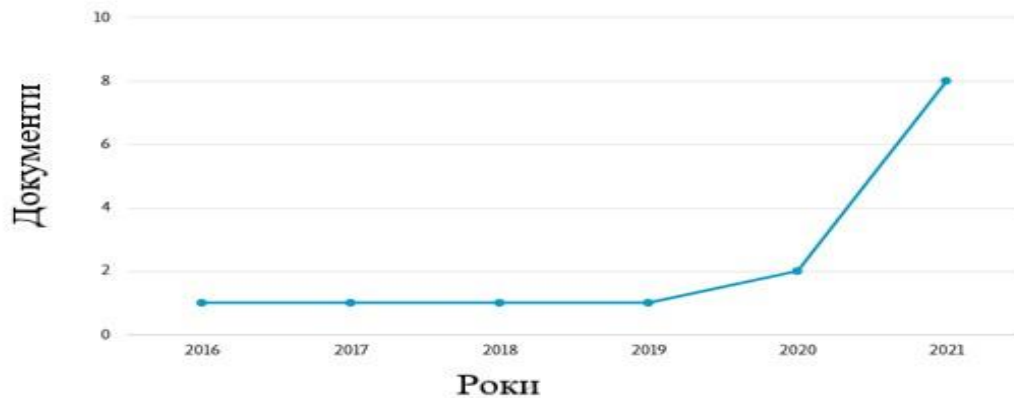


Рисунок 3.11 — Публікаційна активність за роками в базі даних Scopus шукає ключові слова «ультрафіолетове опромінення» та «PFAS»

Дай та ін. (2019) вивчали та порівнювали вплив ультрафіолетового опромінення, фракціонування озону повітрям, фракціонування повітря та комбінованої обробки УФ/озоном для видалення PFAS. Стендові випробування показали, що ефективність видалення PFAS зростає із збільшенням потоку повітря та застосуванням комбінованої обробки УФ/озоном. Ефективність видалення PFAS досягала максимуму 87%, коли швидкість потоку повітря становила 30 л хв⁻¹ і швидкість подачі 1,4 л хв⁻¹ (час перебування 10 хв). Різні види обробки, включаючи лише УФ, фракціонування озону повітрям і фракціонування повітрям, порівнювали з комбінованою обробкою УФ/озоном з часом перебування 20 хвилин. Лише ультрафіолетове опромінення видалило 16,8% PFAS, що є найгіршим із усіх протестованих. Комбінована обробка УФ/озоном видалила 73% PFAS, а фракціонування повітрям досягло 81% видалення PFAS.

Метод озонового фракціонування на вітрі має найвищу ефективність у видаленні PFAS, зі швидкістю видалення понад 95% за рахунок збагачення ОН-радикалів у бульбашках. Для пілотної установки з дев'яти блоків комбінована обробка ультрафіолетом/озоном досягла приблизно 79% видалення PFAS. Видалення PFAS шляхом фракціонування на вітрі та комбінованої обробки озонованим повітрям і УФ/озоном є досить легким за рахунок захоплення

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата	Взяєм.інв.	Інв.№ДУБ.	Підп. і дата

бульбашкового повітря та більшої ліпофільності PFSA (Dai et al., 2019). На ефективність очищення впливають наступні фактори: ступінь розкладання ПФАС, вплив умов води (рН, фонові іони, органічні речовини), тип окисника/відновника та джерела випромінювання, зосередження на механізмах розкладання та реакцію побічних продуктів, що впливають на окисне та відновне дефторування, Впливає на комплексоутворення співісних іонів з PFAS (Umar, 2021). Аналіз Ленка та ін. (2021) дослідження різних класів PFAS на різних етапах очищення стічних вод (біодеградація, фотодеградація та хімічна деградація) показали, що біодеградація є основним механізмом перетворення прекурсорів PFAS у PVA у PFAO.

Комплексні та лабораторні дослідження показали, що передові процеси, такі як адсорбція іонообмінною смолою, електрохімічна деградація, зворотний осмос і нанофільтрація, є більш ефективними для видалення PFAS (~95-99,9%), ніж традиційні процеси. Однак застосування таких методів очищення на фактичних водоочисних установках стикається зі значними проблемами через вимоги до масштабування, обмеження переміщення маси та управління побічними продуктами та відходами. Слід зазначити, що враховуючи обмеження окремих методів лікування, може бути корисним поєднання кількох підходів для ефективного видалення PFAS. Враховуючи концентрацію PFAS у навколишньому середовищі, економічну ефективність і простоту експлуатації, нанофільтрація з подальшою адсорбцією за допомогою деревного вугілля та/або активованого вугілля може бути життєздатним варіантом при застосуванні в звичайних системах очищення. Однак широкомасштабна застосовність цього методу потребує подальшої перевірки (Lenka et al., 2021).

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

3.1 Огляд методів очищення стічних вод, забруднених ПФАС на муніципальних очисних спорудах в країнах ЄС

Викиди ПФАС у стічні води промислових об'єктів, які будуть значними. Менші заводи можуть скидати стічні води на муніципальні очисні споруди, спричиняючи забруднення опадів і сільськогосподарських угідь. Місця промислових відходів і спалювання продуктів ПФАС також спричиняють забруднення. Вогнегасна піна на основі ПФАС є джерелом значного забруднення в Європі.

Муніципальні очисні споруди в країнах ЄС повинні впроваджувати ефективні методи очищення стічних вод, забруднених ПФАС. Це важливо, після ПФАС можна потім потрапити в осадову воду, а потім поширитися на сільськогосподарські поля, викликаючи забруднення харчових продуктів. Доведено, що такі методи очищення, як адсорбція активованим вугіллям, іонний обмін і мембранна фільтрація, ефективні для видалення ПФАС зі стічних вод.

3.1.1. Адсорбція активованим вугіллям

Активування вугілля зазвичай використовується для адсорбції природних органічних сполук, сполук зі смаком і запахом, а також синтетичних органічних хімікатів при очищенні питної води. Адсорбція — фізико-хімічний процес, під час якого речовини накопичуються на межі між недостатньою та твердою фазами. Фільтри з активованим вугіллям використовують для видалення з питної води небажаного смаку, запаху, радону та деяких техногенних летючих органічних розчинів. Ефективність пристрою залежить від типу встановленого активованого вугілля, глибини фільтруючого шару, типу та концентрації домішків у воді, а також від часу контакту води з фільтром з активованого вугілля. Фільтри з активованим вугіллям не адсорбують усі типи забруднюючих речовин однаково ефективно.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						40

Тверді матеріали для фільтрів з активованим вугіллям,— це спеціальне вугілля, виготовлене для цієї мети. Забруднювачі або прикріплюються до поверхні цих частинок вугілля, або повертаються в пори активованого вугілля. Фільтри з активованим вугіллям зазвичай використовуються в поєднанні з фільтрами попередньої обробки для видалення осаду та частинок заліза, які можуть бути присутніми у вугільних фільтрах і спричинити їх сильне засмічення. Гранулярне активоване вугілля є ефективним фільтром, який видаляє органічні хімічні речовини, які можуть бути присутніми в питній воді. У той час як активоване вугілля ефективно видаляє різноманітні органічні хімічні речовини, спеціально розроблені синтетичні смоли можуть бути кращими абсорбентами для конкретних розчинів. Оскільки поверхневими водами продовжується загрозувати промислове забруднення, а підземні води все частіше стають джерелом для пиття та непитних потреб, істотно видаляють ці залишки органічних забруднень. Очищення такої води для видалення органічних забруднювачів залежить від передбачуваного використання, але навіть незначні забруднювачі вимагають певного ступеня видалення для задоволення потреб у питній воді.

Органічна речовина, що складається з двох основних елементів вуглецю та води, часто є причиною смаку, запаху та кольору підземних вод. Тому лікування часто використовують для поліпшення непривабливого вигляду води.

Джерела органічних сполук (літні органічні сполуки, сполуки зі смаком і запахом, шкідливі продукти дезінфекції та вільний хлор), знайдені в підземних водах, які можуть включати підземні резервуари для бензину/сховища, сільськогосподарські продукти, що містять гербіциди або пестициди, тверді відходи або небезпечні відходи. Звалища та промислові /хімічні відходи від неправильної утилізації.

Потенційний вплив органічних сполук на здоров'я дуже різний, від високої токсичності до відсутності відомого впливу на здоров'я. Ступінь і характер впливу на здоров'я залежать від багатьох факторів, включаючи рівень і тривалість

ІНВ.№ПОДА. Підп. і дата. Взєм.ІНВ. ІНВ.№ДУБЛ. Підп. і дата

впливу. Подразнення очей і дихальних шляхів, головний біль, запаморочення, погіршення зору і пам'яті є одними з безпосередніх симптомів, які деякі люди відчувають незадоволення після впливу певних органічних речовин

Гранульоване активоване вугілля (GAC) і аерація найкраще підходять для видалення органічних речовин з технічної води.

GAC була визнана Агентством з охорони навколишнього середовища США (EPA) як найкраща доступна технологія (BAT) для видалення органічних хімікатів. Адсорбція активованим вугіллям забезпечує ефективний і надійний метод очищення для видалення органічних забруднювачів і підходить для обробки різних концентрацій органічних речовин. Фільтрація GAC також видаляє хлор.

Компанія GAC Filtration визнала відповідну якість води визнаним методом підтримки певних вимог до питної води в Національних стандартах питної води EPA. До органічних речовин, які легко адсорбуються активованим вугіллям, відносяться:

- Ароматичні розчинники (бензол, толуол, нітробензол)
 - Хлоровані ароматичні речовини (друковані плати, хлорбензол, хлорнафталін)
 - Фенол і хлорфеноли
 - Поліедральні ароматичні (аценафтилен, бензопірен) • Інсектициди та гербіциди (ДДТ, альдрин, хлордан, гептахлор)
 - Хлоровані аліфатичні сполуки (чотирихлористий вуглець, хлоралкілові ефіри)
 - Полімерні вуглеводні (барвники, бензин, аміни, гумінові речовини)
- Для видалення органічних речовин із води можна використати інші типи активованого вугілля, але в Сполучених Штатах проблема вугілля. Вуглець на основі вугілля завдяки своїй твердості, адсорбційній здатності та легкодоступності.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дата	
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
	Дат

ТС 22510247

Арк

42

Адсорбція — це накопичення газу, рідини або розчиненої речовини на поверхні або міжфазній ділянці іншого матеріалу. Цей процес усуває смак і запах, створюваних сполуками, після чого вони приєднуються до матеріалів, доданих у воду для цієї мети. У обробці води цим матеріалом є порошкоподібне активоване вугілля (РАС) або гранульоване активоване вугілля. РАС додається під час процесу очищення вхідної води, а САС використовується як фільтруюче середовище. Матеріал, видалений шляхом адсорбції, називається адсорбатом, а матеріал, відповідний для видалення, називається адсорбентом. Основними адсорбентами, які очищаються для очищення води, є два види активованого вугілля. Ці матеріали активуються за допомогою високотемпературного процесу обробки паром під високим тиском. Початковим джерелом вуглецю можуть бути дрова, вугілля, кокосова шкаралупа або кістки.

Метапроцес активації відбувається в тому, щоб значно збільшити площу поверхні частинок, щоб більша адсорбція могла відбуватися на фунт вуглецю. Природа пористої структури використовуваного вуглецевого з'єднання має значний вплив на успіх процесу обробки. Якщо вуглецеві пори занадто малі, оброблені сполуки не вдасться увійти в структуру, і лише невелика частина доступної поверхні буде використана для обробки. У процесі активації утворюється вуглець з широкими площами поверхні. Оскільки адсорбція є поверхневим явищем, вуглець з більшою площею поверхні, як правило, забезпечує більшу адсорбційну здатність.

Активування вугілля фактично оцінюється на основі його фенольного або йодного числа. Чим вище значення, тим більша адсорбційна здатність вуглецю для фенолу або йоду. Ця стратегія є чудовим способом оцінити ефективність вуглецю у видаленні фенолу чи йоду. Однак немає прямого зв'язку між сполуками, що викликають проблеми зі смаком і запахом, і видаленням фенолу чи йоду. Гарне порівняння можна зробити лише для конкретного застосування, перевіряючи, чи ефективні види різного вугілля для видалення небажаного смаку чи запаху [28].

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						43



Рисунок 3.12 — Активоване вугілля - Зображення СОС OER ліцензується під СС BY (1.9: Активоване вугілля - LibreTexts - Ukrayinska)

3.1.2. Іонний обмін

Більшість іонообмінних пристроїв, що застосовуються сьогодні, використовують сульфовану полістиролову смолу як обмінне середовище. Іонний обмін можна замінити як обмін іонів у вихідному воді з іонами натрію або хлориду, приєднаними до іонообмінної смоли.

Іони - це атоми або молекули з відмінним від нуля загальним зарядом. Його загальна кількість електронів не дорівнює загальній кількості протонів. Матерія займає простір і має масу спокою, відмінну від енергії. Він знаходиться в газоподібному, слабкому або твердому стані. Іони є формою матерії. Сполуки складаються з двох або більше зв'язаних разом атомів. Однією з форм зв'язку є іонний зв'язок, який утворюється шляхом з'єднання протилежно заряджених іонів. Катіони - це позитивно заряджені іони, а аніони - негативно заряджені іони. Катіони та аніони притягуються один до одного завдяки своїм протилежним зарядам і можуть легко утворювати іонні сполуки, такі як солі.

Іони можуть бути створені хімічним шляхом, наприклад розчиненням солі у воді. Іон, що складається лише з одного атома, є атомним іоном. Якщо вони складаються з двох або більше атомів, вони називаються молекулярними іонами.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

Існує три типи іонообмінних установ, про які оператори очисних споруд повинні знати:

- Пристрій висхідного потоку, вода надходить низу, тече вгору через іонообмінний шар і виходить.
- Встановлення, побудовані та експлуатовані як гравітаційні швидкі піщані фільтри. Вода надходить до дерева, стікає через іонообмінний шар і виходить внизу
- Найпоширенішими є іонообмінні установки під тиском.

Ці блоки можуть бути горизонтальними або вертикальними. Вертикальні установки є кращими, оскільки короткі замикання менш ймовірні. Вода надходить в агрегат через вхідний розподільник, розташований у верхній частині. Його прокачують (прокачують) через певний тип навколишнього середовища в підводні структури. Очищена вода тече з установки в резервуар або з під дренажної споруди в систему розподілу.

Схеми потоку через фільтри та іонообмінні установки схожі, відмінність відбувається в діях, які відбуваються в середовищі або шарах кожного процесу. Фільтруючий шар можна розглядати як пристрій для адсорбції та механічної фільтрації, який використовується для видалення зважених твердих речовин із води. Грядка традиційно складається з піску, антрациту або їх комбінації. Коли шар насичений нерозчинним матеріалом, фільтр виробляється з експлуатації, промивається назад і повертається до роботи. Напірний фільтр продовжуватиме працювати, доки ситуація не виникне знову й процес не повториться. Шари, середовище або смоли в іонообмінних установках більш складні. Смола служить середовищем, через яке здійснюється іонний обмін. Коли вода проходить через смолу, іони натрію на смолі обмінюються катіонами у водія. Основними іонами, які обмінюються з натрієм, є кальцій і магній. Іони натрію вивільняються з обмінної смоли і залишаються у водія, що витікає з пристрою. Обмінні іони підтримуються смолою і не відрізняються від обмінних іонів.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУОБ.	Підп. і дата	ТС 22510247		Арк
					Вип	Арк	№ докум.

Коли пристрій замінить всі іони натрію і смола насичена, він більше не видалятиме цільові іони. Пристрій необхідно вивести з експлуатації, а цільові іони видалити зі смолою шляхом обміну з іонами натрію. Цей процес називається циклом регенерації.

Під час циклу регенерації іони, утримані смолою, повинні бути видалені, а іони натрію повинні бути регенеровані. Щоб відбувся обмін, смола повинна вільно вміщувати всі іони. Сіль використовується у вигляді концентрованого розчину для регенерації (підживлення) іонообмінної смоли. Коли сіль додається до води, вона змінюється або іонізується, утворюючи катіони натрію та аніони хлориду. Коли розчин солі стає смолою, відбувається катіонний обмін натрію. Коли розсол протікає через смолу, катіони натрію приєднуються до смоли. Після завершення регенерації ліжка готове до використання [29].

3.1.3. Мембранна фільтрація

Технологія мембранної фільтрації походить з біології. Важко переоцінити роль мембран у нашому житті. Як сказав Річард Боуен: «Якщо ви втомилися від мембран, ви втомилися від життя». Біоплівки ще не знайшли промислового застосування, але процеси поділу з використанням синтетичних мембран залишаються популярними та набувають популярності. Сьогодні широко використовуються мембранні процеси, кількість і різноманітність цих продуктів постійно збільшується. Тому нам потрібні підготовлені інженери, хіміки та інші професіонали й техніки, які під час навчання засвоюють основні принципи мембранної технології. Однак, незважаючи на зростаючу важливість мембранних процесів, лише кілька університетів включають мембранну технологію в свої навчальні програми.

Однією з причин цього є відсутність якісних навчальних матеріалів. Це було однією з моїх мотивацій для написання цієї книги. Він зосереджений на основах мембранної технології та має на меті забезпечити широке уявлення про всі

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	ВЗЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	-----------	-----------	--------------

аспекти технології. Ми знаємо, що мембранна технологія є дуже широкою сферою, тому ми спробували пояснити її основні частини. Хоча ця книга в основному написана для студентів, вона також служить вступним курсом для інженерів, хіміків, лаборантів і техніків, які працюють у різних галузях хімії та інших галузях промисловості, які хочуть вивчити основи. Мембранна технологія. Переваги та недоліки мембранної технології.

Мембранна фільтрація веде до нової технології, яку можна використовувати в більш широкому діапазоні процесів розділення завдяки своїй міждисциплінарній природі. Важко порівнювати процеси поділу. Мембранна технологія має такі переваги: розділення може здійснюватися безперервно; загалом витрати на електроенергію нижчі; мембранні процеси можна легко комбінувати з іншими процесами розділення; розділення можна проводити в м'яких умовах; можливість розширення. Властивість мембрани дуже різноманітні і ними можна керувати; добавки не потрібні.

Однак необхідно відзначити наступні недоліки: концентраційна поляризація та відкладення осаду на мембрані (її забруднення); короткий термін служби мембрани; як правило, мембрани менш вибіркові.

Слід підкреслити, що описані тут особливості мембранної технології вважаються суто якісними.

Введення в мембранні процеси

Мембранні процеси є досить новими методами розділення. Тому ще 35 років тому технологія мембранної фільтрації не вважалася технічною частиною процесу розділення. В даний час мембранна технологія широко використовується, і сфера її застосування також розширюється. З економічної точки зору ми зараз перебуваємо в перехідному періоді від розробки мембранних технологій першого покоління, таких як мікрофільтрація (MF), ультрафільтрація (UF), зворотний осмос (RO), електродіаліз (ED) і діаліз, до другого покоління мембранних технологій.. - Виробляти мембранні процеси, такі як розділення газу (GR), первапарація (PV), мембранна дистиляція (MD) і

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
											47

розділення за допомогою рідких мембран (LM). Існує багато мембранних процесів, заснованих на різних принципах або механізмах розділення, які придатні для розділення об'єктів різного розміру (від частинок до молекул). Незважаючи на ці відмінності, усі мембранні процеси мають одну спільну рису: мембрану. Мембрани є основою будь-якого мембранного процесу, і їх можна розглядати як ряд бар'єрів проникності між двома фазами.

Однак ці методи можуть бути дорогими та вимагати спеціального обладнання та досвіду. Важливо, щоб муніципалітети визначили важливість впровадження цих процедур для захисту здоров'я населення та навколишнього середовища від шкідливого впливу забруднення PFAS. Крім того, Європейський Союз встановив обмеження для груп PFAS у Директиві про питну воду 2020 року та запропонував включити PFAS до переліку забруднювачів води, контрольованих у поверхневих і підземних водах за стандартами. Несприятливий вплив PFAS на здоров'я включає ендокринні, імунні, репродуктивні та розвиток, що робить вірусним для муніципалітетів вжити заходи проти цієї проблеми [30].

3.2 SWOT-аналіз методів поводження з ПФАС

Хімічні речовини групи PFAS (пер- та поліфторалкільні речовини) не розкладаються в екосистемі. Вони надзвичайно стійкі та накопичуються в організмі людини та біоті та можуть зберігатися в природі протягом сотень і навіть тисяч років, тому їх також називають «вічними хімікатами». Викласти первинний матеріал. На ефективність очищення стічних вод PFAS впливають наступні фактори: ступінь деградації PFAS, вплив умов якості води (рН, фонові іони, органічні речовини), тип окиснювальних/відновлювальних сполук і джерело випромінювання (зосереджуючись на механізмах деградації), а також реакція - продукти, що впливають на окисне та відновне дефторування, вплив співіснуючих іонів з точки зору комплексоутворення з PFAS [31]. Передові технологічні процеси, такі як адсорбція на іонообмінній смолі, електрохімічна

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510247

Арк

48

деградація, зворотний осмос і нанофільтрація, є більш ефективними для видалення PFAS (приблизно 95-99,9%), ніж традиційні процеси [32]. Однак є значні проблеми у застосуванні цього підходу до очищення води на фактичних водоочисних установках через вимоги до масштабування, обмеження масопередачі та управління побічними продуктами та відходами. Для застосування матриці SWOT було обрано кілька методів видалення PFAS (табл.3.1).

Таблиця 3.1 – SWOT-аналіз методів поводження з ПФАС

Озонування		Адсорбція активованим карбоном	
Слабкі сторони	Загрози	Слабкі сторони	Загрози
Виникають обмеження при очищенні органічних сполук у висококонцентрованих стічних водах.	Ефективність може бути дуже значно змінюватись під час оброблення органічних сполук.	Сполуки з низькою молекулярною масою і високою розчинністю важко всмоктуються.	Присутність інших сполук конкурує за наявні центри адсорбції.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510247

Арк

49

Продовження таблиці 3.1

Сильні сторони	Можливості	Сильні сторони	Можливості
<p>В процесі озонифраціонування газ озон використовується для відділення ПФАС в пінопластовий залишок, завдяки чому досягається висока ефективність видалення</p>	<p>Не утворюються побічних продуктів, які потребують подальшої переробки.</p>	<p>Процеси видалення забруднень, що з'являються, дуже добре вивчені.</p>	<p>Активне вугілля (ПАУ і ГАУ) не утворює токсичних продуктів.</p>
Зворотній осмос		Іонний обмін	
Слабкі сторони	Загрози	Слабкі сторони	Загрози
<p>Мембрани призначені для очищення солоної води.</p>	<p>Не у всіх видах води можна використовувати мембрани. Утворюватимуться стічні води, що містять накопичені хімікати PFAS, і їх потрібно буде належним чином утилізувати.</p>	<p>Присутність органічних речовин може мати негативний вплив на продуктивність, особливо для ПФАС з коротким ланцюгом; деякі води потребують попереднього очищення.</p>	<p>Одноразові іонообмінні смоли, завантажені ПФАС, повинні бути утилізовані відповідальним способом, захоронення на полігонах не рекомендується</p>

ІНВ.№ПОДА. Підп. і дата. Вз'єм.інв. ІНВ.№ДУБЛ. Підп. і дата.

Сильні сторони	Можливості	Сильні сторони	Можливості
Це розвинута технологія.	Не вимагає адаптації та презентації хороших відсотків усунення забруднювачів, що з'являються.	Процеси добре вивчені у видаленні нових забруднювачів, їх здатність ефективно вловлювати короткі ланцюги та нові ПФАС.	Можливість ефективної регенерації та повторного використання.

Висновок. Поєднання декількох підходів для ефективного видалення PFAS з урахуванням обмежених окремих методів лікування може бути корисним.

3.3 Варіаційний вибір технологічного рішення в контексті Водних рамкових директив ЄС

Завдання полягає в тому, щоб проаналізувати поточні виклики для управління якістю води в Європі, зосередившись на ризиках і впливах хімічних речовин і їх сумішей, і запропонувати можливі рішення для майбутнього перегляду Рамкової водної директиви (ВРД) у 2019 році.

Водна рамкова директива (ВРД) є основним законодавством для захисту та сталого використання ресурсів прісної води Європи. Однак його практична реалізація в умовах хімічного забруднення стикається з кількома проблемами.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247		Арк
												51

Для вирішення цих проблем були створені міжнародні спільні ініціативи, такі як Спільна стратегія впровадження (CIS), спільний проект EC Solutions та Європейська мережа моніторингу NORMAN. Ці дослідницькі зусилля спрямовані на покращення доказової бази для розробки політики шляхом виявлення, оцінки та визначення нових варіантів для розробників.

Десять рекомендацій зроблено для покращення моніторингу та зміцнення інтегрованих налаштувань параметрів, сприяння послідовній оцінці та підтримки управління поверхневими водами, орієнтованого на вирішення:

- Вони включають покращення мережевого моніторингу шляхом поєднання хімічного аналізу з біологічною оцінкою;
- Розробити узгоджений підхід до оцінки хімічного стану;
- визначати пріоритетність хімічних речовин на основі їх потенційного ризику;
- Сприяти узгодженості всіх нормативних форм поведінки;
- Заохочуйте участь на більш цікавих сторінках;
- Розробити інструменти для прогнозування майбутніх ризиків;
- Оцінка варіантів скорочення викидів;
- Сприяти інноваціям у технології очищення стічних вод;
- Посилити обмін знаннями між науковими та політичними спільнотами;
- та збільшити фінансування наукової діяльності.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510247

Арк
52

Розділ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки праці на очисних спорудах

Працівники будівництва та водовідведення повинні проходити медичні огляди, навчання, перевірку знань та інструктаж на основі «Типового положення про порядок навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Для всіх професій і видів робіт власники повинні розробити інструкції з охорони праці та зберігати їх у керівника підрозділу у спеціально відведеному місці, доступному для працівників [33].

Загальні вимоги безпеки:

- Працівники віком до 18 років можуть працювати операторами очисних споруд після проходження технічного огляду, навчання та інструктажу з техніки безпеки.
- Перед початком самостійної роботи оператори повинні роз'яснити призначеній першій групі персоналу правила експлуатації електробезпеки та пройти перевірку знань комісії.
- Оператори очисних споруд можуть працювати самостійно від імені підприємства.
- На вимогу Компанії оператори очисних споруд проходять періодичну перевірку знань кожні 12 місяців.

Оператори очисних установ повинні знати про:

- Правила експлуатації очисних споруд.
- Технологічні рішення для очищення води.
- Будова пристрою та принцип дії.
- Призначення та розташування приладдя та обладнання.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата	ТС 22510247	Арк
						53
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

- Правила надання першої допомоги при нещасних випадках.

Оператор несе відповідальність за:

- Надійна та безаварійна робота очисних споруд, збереження обладнання, інструменту та обладнання.

- Здійснювати контроль за дотриманням технічних правил експлуатації, правил техніки безпеки та правил пожежної безпеки.

- Підтримувати санітарні умови в технологічних приміщеннях і на робочих місцях.

- Дотримуватися та забезпечувати виконання правил внутрішнього трудового розпорядку.

Оператори зобов'язані:

- Підтримувати нормальну роботу очисних споруд.

- Проводити перевірки та огляди всього обладнання очисних споруд не рідше одного разу на годину.

- Виконуйте вимірювання та записуйте результати аналізів і показання в журнал.

Коли набуде чинності нова директива:

- При аваріях та інцидентах з участю обладнання очисних споруд.

- При недостатньому розумінні інструкцій оператора та правил безпеки.

У період роботи оператор очисних споруд має право вимагати від керівника:

- Забезпечення інструментом, обладнанням, інвентарем, експлуатаційними журналами та іншими засобами, необхідними для нормальної та безпечної роботи ділянки технічного комплексу КВП.

- Персонал управління об'єктом зобов'язаний своєчасно усувати несправності обладнання, що виникають під час експлуатації.

- Постійно повідомляти керівництво підприємства про всі порушення нормальної експлуатації об'єкта.

- Спецодяг та засоби захисту забезпечуються відповідно до чинних норм.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата	ТС 22510247				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

Оператори очисних споруд зобов'язані утримувати своє обладнання та робоче місце в чистоті.

Оператор, приймаючи зміну, зобов'язаний прибути завчасно та ознайомитися із записами, розпорядженнями та всіма змінами попередньої зміни в журналі прийому-передачі зміни, перевірити чистоту робочого місця та розписатися в акті приймання зміни. протокол прийому-передачі зміни.

Працівники повинні бути в спеціальному одязі та взутті для роботи та мати при собі наявний інструмент, необхідний інвентар, засоби захисту та пристосування, аптечки першої медичної допомоги.

Співробітники, зайняті на роботах, пов'язаних з мережами дренажних труб, колодязями, водозбірниками та біогазовими установками, повинні щоквартально проходити навчання з моделювання аварій та рятувальних операцій. - Зовнішні огляди мереж водопостачання та водовідведення та розкриття кришок колодязів проводяться бригадою не менше двох осіб.

Під час огляду мереж водопостачання та водовідведення категорично забороняється:

- Спустіться в колодезь.
- Дим з відкритих колодязів і біля люків камер.
- Кидати в колодезь запалені сірники та факели.
- Нахилитися над відкритими колодязями, люками камер.
- Відкрити кришку люка рукою або ломом.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Одягніть необхідний робочий одяг і прийміть свою зміну. Якщо аварійний стан або зміна відповідальності змінюється під час поставки, прийняття та здача змін має здійснюватися після завершення цих операцій.

Вимоги безпеки під час роботи Під робочим місцем оператора очисних споруд розуміється весь майданчик, на якому розташоване обладнання та засоби зв'язку, необхідні для очищення стічних вод, а також прилегла територія [34].

Під час експлуатації оператор очисних споруд контролює:

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБ.	Підп. і дата	ТС 22510247	Арк
						55
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

- Придатність перекриттів будівель, проходів, огорож, кришок люків.
- Придатність і наявність обладнання, інструментів і засобів захисту, необхідних для обслуговування очисних споруд.
- Стічні води і повітря рівномірно розподіляються по різних частинах, при порушенні рівномірності подачу води і повітря можна регулювати самостійно (або за допомогою майстра), відкриваючи або перекриваючи відповідні регулюючі механізми (клапани, засувки).
- Концентрація активного мулу в аеротенку.
- Якість зливного отвору (якщо є масляні плями або багато піни, негайно повідомте майстра).
- Очищення та змащування механічних частин авіаційних танків.
- Чистота лотків, бортів вхідного та вихідного водозливу при надходженні стічних вод від решітки до випуску.
- Чистота території (вирізка рослинності, розчищення доріг).

Оператори очисних споруд здійснюють:

- Систематично очищати решітки 2-3 рази за зміну (викидання відходів у баки).
- Щодня готувати розчин високохлорного вапна відповідно до щоденних потреб станції.
- Контроль кількості активного мулу (за об'ємом) в аеротенку, при необхідності переміщення надлишкового мулу на мулову платформу.
- Профілактичний огляд обладнання (ротори, насоси).
- Вести оперативні журнали.

При обслуговуванні обладнання очисних споруд дотримуйтесь наступних вимог безпеки:

- Закрити дренажні канали листами гофрованого заліза.
- Відбирати проби води тільки в металевий посуд або порцелянові чашки.
- Посуд для зберігання кислот або лугів повинен мати чіткі написи щодо вмісту.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗАСМ.ІНВ.	Підп. і дата
ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дата
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
	Дат

ТС 22510247

Арк

56

- Скляні пляшки, що містять кислоти та луги, розмішувати в кошиках, вистелених соломною або сіном.

- Особи, які працюють з хлорним вапном, повинні пройти інструктаж щодо його властивостей.

- Розбавляючи кислоту або основу, не забувайте вливати кислоту або основу у воду, а не навпаки.

Зовнішній огляд ліній водопровідної та водовідвідної мережі та отворів кришки колодязів проводиться бригадою не менше двох осіб.

Під час огляду мереж водопостачання та водовідведення категорично забороняється:

- Спустіться в колодязь.
- Дим з відкритих колодязів і біля люків камер.
- Кидати в колодязь запалені сірники та факели.
- Нахилитися над відкритими колодязями, люками камер.
- Відкрити кришку люка рукою або ломом.

Такі операції, як водопостачання та дренажні колодязі, водозбірники та басейни біогазу, є небезпечними газовими операціями, і під час роботи необхідно дотримуватися таких основних вимог:

- Підприємства повинні розробити інструкції з проведення небезпечних газових робіт та визначити порядок підготовки та проведення небезпечних газових робіт виходячи з умов виробництва.

- Роботи проводяться згідно затверджених нарядів та під керівництвом відповідального керівника.

- Роботи в свердловинах, підземному транспорті, резервуарах та інших сховищах проводяться бригадою не менше трьох осіб, одна з яких працює в свердловині, а дві - на поверхні (робітники та особа, яка спостерігає за роботами в свердловині). , а при необхідності надати допомогу працівникам колодязя). Працівники повинні бути забезпечені протигазом типу ПШ-1 або ПШ-2 і рятувальним поясом з погонами, лямками і мотузкою.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						57

Перед початком роботи необхідно:

- Провести цільовий інструктаж з бригадою.
- Перевірити робоче місце на наявність загазованості за допомогою газоаналізатора типу ЛБВК, індикатора або лампи і при необхідності провітрити приміщення.

Під час роботи в колодязі. Акумуляторні ліхтарі напругою не вище 6 В дозволяється використовувати в підземному транспорті, резервуарах та інших сховищах, насосних станціях, очисних спорудах та інших місцях скупчення вибухонебезпечних газів. У цих місцях заборонено палити та використовувати відкритий вогонь [35].

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях на очисних спорудах

Відповідно до Закону України «Про цивільний захист України» особовий склад підприємства, незалежно від форми власності, навчається діям у надзвичайних ситуаціях за спеціально розробленим планом заходів щодо захисту населення та території. З ст. Статтею 130 Кодексу цивільного захисту України передбачено, що на підприємствах з чисельністю працівників до 50 осіб розробляються та затверджуються інструкції щодо дій у разі виникнення загрози або надзвичайної ситуації. Наказ складається та підписується керівником Корпорації з питань цивільного захисту, а потім після затвердження керівником підприємства надається для підпису всім працівникам.

Керівники малого бізнесу не повинні приймати неправильні рішення або видавати необґрунтовані накази за екстремальних обставин. Тому слід розробити високоякісне керівництво щодо того, що повинні робити працівники малого бізнесу у разі загрози чи надзвичайної ситуації. Загальні вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510247

Арк
58

1. При виникненні пожежі в межах очисних споруд першочергово вживати протипожежні заходи по ліквідації пожежі, телефонувати на гарячу лінію та повідомляти керівний персонал.

2. При сильних механічних ушкодженнях знайдіть потерпілого в безпечному місці, забезпечте йому зручне, спокійне положення та зверніться за невідкладною медичною допомогою (повідомте керівника робіт).

3. При ураженні електричним струмом спочатку захистити потерпілого від струму (вимкнути мережу приладу, відокремити потерпілого від струмоведучих частин за допомогою ізоляційних засобів (дошки, сухий одяг, гумові рукавички). Постраждалий без свідомості, але все ще дихання, займіть зручне положення, розстебніть комір і подихайте свіжим повітрям. Якщо немає дихання і не прощупується пульс, помістіть пораненого в зручне положення, розстебніть комір, подихайте свіжим повітрям і негайно запустіть штучний інтелект. Дихання, бажано методом «рот в рот», до прибуття лікаря [33].

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дата				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247			
					Арк			
					59			

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасних технологій очищення стічних вод показує, що міжнародні методи очищення стічних вод ПФАС включають в основному адсорбцію активованим вугіллям, іонообмінну та мембранну фільтрацію, але ці технології наразі не досконалі в Україні.

Протягом виконання роботи було:

Проведено літературний огляд та аналіз сучасного стану муніципальних очисних споруд України та країн ЄС.

На основі проведеного аналізу, ось деякі висновки щодо сучасного стану муніципальних очисних споруд в Україні та країнах ЄС:

Україна:

Стан муніципальних очисних споруд в Україні вимагає покращення.

В Україні велика кількість відходів утворюється внаслідок очищення стічних вод.

Найбільш великотоннажними і небезпечними серед них є осади стічних вод та мул.

Країни ЄС:

У країнах ЄС велику кількість побутових відходів збирають і переробляють не муніципальні підприємства, а приватні компанії.

У країнах Європи 20-25% побутових відходів утилізується шляхом спалювання.

У вартісному вираженні обсяг ринку побутових відходів у країнах ЄС оцінюється приблизно в 36 мільярдів доларів США.

Проведена оцінка технологій видалення забруднюючих речовин зі стічних вод.

Оцінка технологій видалення забруднюючих речовин зі стічних вод є важливим завданням для захисту навколишнього середовища і збереження

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						60

природних ресурсів. Стічні води, які випускаються з різних промислових підприємств, мають складний хімічний склад і можуть містити органічну, неорганічну, токсичну і металеву речовину. Це може призводити до загрози для життя і здоров'я людей, тварин і рослин, а також до порушення екологічного балансу.

Для очищення стічних вод застосовуються різні методи, як механічні, фізико-хімічні і біологічні. Механічним методом називається видалення крупнозернистих забруднюючих речовин на ґратах або фільтрація. Фізико-хімічним методом називається переведення домішок у мало-розчинний стан за допомогою реагентів або сорбцій. Біологічним методом називається експериментальне очищення за допомогою бактерій або грибків.

Оцінація технологій очищення стічних вод полягає у порівнянні їх ефективності, економії, екології і безпеки.

Огляд проводився інформаційних баз даних а саме Scopus та WoS.

Scopus — одна з найбільших у світі наукометричних баз даних, що дозволяє відстежувати цитування опублікованих статей у наукових виданнях. Воно належить видавничій компанії Elsevier. Scopus індексує близько 24 000 наукових журналів, матеріалів конференцій і книжкових публікацій з різних галузей науки, майже 80% з яких містять анотації.

Web of Science — це пошукова платформа, поєднана з базою даних рефератів наукових журналів, якою керує Clarivate Analytics. WoS надає інформацію з усіх галузей знань, індексуючи понад 12 000 журналів, 120 000 різноманітних наукових матеріалів конференцій. Переважна більшість світових завдань оцінки ефективності наукових досліджень вирішується саме на основі даних WoS.

Далі ми розглянемо найважливіші особливості Scopus і WoS, оскільки обидва вони доповнюють одна одну і мають абсолютно різні підходи при висвітленні тих чи інших наукометричних питань.

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	-----------	--------------

Незважаючи на свій відносно «молодий» статус, Scopus уже має на третину більше вмісту, ніж Web of Science. Крім того, база даних Scopus постійно прагне підтримувати відповідні джерела в природничих, соціальних, гуманітарних і медичних науках, тому вона постійно переглядає заявки на нові видання для можливого включення. Кількість журналів у Scopus зростає значно швидше, ніж у WoS, але останній виграє за обсягом архіву та ретельності відбору журналів, а отже, й за авторитетністю журнального індексу.

WoS індексує насамперед праці з природничих, точних і соціальних наук. Проте гуманітарних журналів у цій базі небагато, тому фахівцям у цій галузі варто обирати видання публікацій із бази Scopus. У WoS і Scopus публікації індексуються не тільки англійською, але й іншими мовами світу, але необхідно дотримуватися однієї умови: опублікована версія анотації повинна бути представлена англійською мовою.

Не менш важливим є цей порівняльний фактор, який важливий для оцінки впливу та важливості конкретного запису протягом певного періоду часу. Дослідники можуть оцінювати записи за допомогою даних цитування WoS і Scopus Citation Tracker, системи, яка показує, скільки разів певну статтю, автора чи журнал цитували в інших дослідженнях, відстежуючи вплив інтересу та актуальності конкретної статті. Моніторинг посилань надає вичерпну інформацію іншим авторам та організаціям із подібними темами та інтересом до публікацій такого типу

У Scopus і WoS є функція, яка дозволяє побачити, скільки разів інші автори цитували ту саму тему. Огляд цитування Scopus відображається в графічному форматі з можливістю виключення самоцитат за допомогою h-індексу.

Проведено опрацювання загальнодоступної бази даних про водоочищення Publicly Available Drinking Water Treatability Database, яка є інтерактивною базою даних, що містить інформацію про контроль за загрозами для пиття води. Вона складається з даних з літератури, що були збережені на веб-сайті EPA. Вона містить дані про 35 процесів очищення і 142 регульованих та нерегульованих

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						62

загроз, включаючи 37 п'єдно- і пульфторфлуконових речовин (PFAS). Вона також надає інформацію про параметри кожної загрози та процесу очищення, такі як розчинність, тиск парового сполучення тощо. Вона може бути корисною для регуляторів, консультантів, дизайнерів технологій очищення та дослідників.

Проведено огляд методів очищення стічних вод від ПФАС речовин з муніципальних стічних вод.

Для очищення стічних вод від ПФАС речовин, які є одними з найбільш загрозливих для здоров'я людей і навколишнього середовища, існують різні методи, які можна класифікувати за різними критеріями. Один з можливих способів - це застосування фізико-хімічних методів, які полягають у переведенні домішок у мало-розчинний стан за допомогою реагентів або сорбцій. До таких методів належать:

Адсорбція активованим вугіллям - це процес, за яким активоване вугілля, яке має високу кількість пор на своїй поверхні, здатне адсорбувати різні речовини, такі як органічні, неполярні, токсичні і металеві.

Активоване вугілля отримують з деревного вугілля або інших природних джерел за допомогою гарячої води або інших реагентів. Активоване вугілля можуть застосовуватися у різних сферах, таких як протигазовий захист, медицина, харчова промисловість, аналітична хімія тощо.

Озонування - це процес, за яким газ озон, який є сильним окислителем, використовується для очищення речей, води або повітря від небажаних речовин, таких як бактерії, грибки, запахи та метали. Озонування може бути застосоване до різних матеріалів, таких як одяг, текстиль, шкіра, ковдри, камери тощо.

Озонування має багато переваг, таких як швидкість, ефективність, безпека та надійність.

Зворотний осмос (RO) — це технологія очищення води, яка використовує напівпроникні мембрани. Це процес, зворотний природному осмосу, який передбачає переміщення води, коли вода проходить через напівпроникну мембрану з менш насиченого розчину в більш насичений.

ІНВ.№ПОДА. Підп. і дата. Взєм.інв. ІНВ.№ДУБЛ. Підп. і дата.

Системи зворотнього осмосу створюють тиск у насиченій зоні (вода + домішки), змушуючи молекули води проходити через напівпроникну мембрану і потрапляють в зону ненасиченого розчину (чиста вода). Система складається з багатьох попередніх фільтрів. Фільтри та напівпроникні мембрани, які захищають мембрану від пошкоджень (сильні окислювачі, такі як хлор та механічні домішки) Зворотний осмос здатен видалити багато типів молекул і іонів з розчинів, тож використовується як в промислових процесах, так і для виробництва питної води.

Зворотний осмос (RO) — це технологія очищення води, яка використовує напівпроникні мембрани. Це процес, зворотний природному осмосу, який передбачає рух води з менш насиченого розчину до більш насиченого через напівпроникну мембрану.

Системи зворотнього осмосу створюють тиск у насиченій зоні (вода + домішки), змушуючи молекули води проходити через напівпроникну мембрану і потрапляють в зону ненасиченого розчину (чиста вода).

Система складається з ряду попередніх фільтрів і напівпроникних мембран, які захищають мембрану від пошкоджень (сильні окиснювачі, такі як хлор і механічні домішки).

Зворотний осмос здатний видалити з розчинів багато типів молекул та іонів, тому його можна використовувати у промислових процесах і виробництві питної вод.

SWOT-аналіз методів поводження з ПФАС.

SWOT-аналіз - це метод оцінки внутрішні та зовнішні фактори, тим самим впливаючи на роботу і розвиток компанії. Це допомагає визначити сильні та слабкі сторони, можливості та загрози.

Для методів поводження з ПФАС, SWOT-аналіз може виглядати так:

Сильні сторони (Strengths):

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дата	
ІНВ.№ПОДА.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						64

- Ефективність: Деякі методи, такі як зворотний осмос і активоване вугілля, виявилися ефективними для видалення ПФАС.
- Наявність технологій: Існують вже розроблені та випробувані технології для видалення ПФАС.

Слабкі сторони (Weaknesses):

- Вартість: Методи видалення ПФАС можуть бути дорогими, особливо для великих обсягів води.
- Обмеження технологій: Деякі методи можуть не бути ефективними для видалення всіх типів ПФАС.

Можливості (Opportunities):

- Наукові дослідження: Існує потенціал для розробки нових та більш ефективних технологій.
- Законодавство: Строгіші екологічні норми можуть стимулювати використання технологій видалення ПФАС.

Загрози (Threats):

- Забруднення: ПФАС є стійкими органічними забруднювачами, які можуть накопичуватися в навколишньому середовищі.
- Здоров'я: ПФАС були пов'язані з різними проблемами зі здоров'ям, включаючи рак.

Цей аналіз може допомогти у визначенні найкращих стратегій для поводження з ПФАС. Важливо зазначити, що конкретні сильні та слабкі сторони, а також можливості та загрози, можуть відрізнятися в залежності від конкретного контексту.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.
Підп. і дата	
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	

ТС 22510247

Арк

65

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Проектування очисних споруд : Центр ЛТД. *Центр ЛТД*.
URL: <https://center-ltd.com.ua/proektuvannya-ochysnyh-sporud/> (дата звернення: 07.12.2023).

2. Волошин М.Д. У досконалення технології біологічної очистки стічних вод: монографія І М.Д. Волошин, О.Л. Щербак, Ю.М. Черненко, І.М. Корнієнко. - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. - 230 с.

3. Про схвалення концепції загальнодержавної цільової соціальної програми “питна вода України” на 2022-2026 роки : Каб. міністрів України розпорядж. від 28.04.2021 р. № № 388-р.
URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/495503__672946.

4. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні. Міністерство інфраструктури України.
URL: <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html> (дата звернення: 19.11.2023).

5. Каналізаційні очисні споруди в Україні терміново потребують модернізації. Elektrovesti.net.
URL: https://elektrovesti.net/63800_kanalizatsiyini-ochisni-sporudi-v-ukraini-terminovo-potrebuyut-modernizatsii (дата звернення: 19.11.2023).

6. *Ahn Y.H., Choi H.C.* Municipal sludge management and disposal in South Korea: status and a new sustainable approach // *Water Science and Technology* – 2004. – V. 50(9). – Pp. 245–253.

7. *Євілевіч А. З., Євілевіч М. А.* Утилізація опадів стічних вод – Л.: *Стройиздат*, 1988. – 248 с.

8. *Пахненко О.П.* Оподи стічних вод та інші нетрадиційні органічні добрива [Електронний ре-сурс].
URL: <http://files.pilotlz.ru/pdf/c2968-7-ch.pdf>

Інв.№ПОДА.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Підп. і дата
Інв.№ДУБ.	Підп. і дата
Вип	Арк
№ ДОКУМ.	Підп.
	Дат

ТС 22510247

Арк

66

9. *Kaletnik H. M., Honcharuk T. V.* Prospects of sewage water use in Vinnytsia to feed the field crops: domestic and Balanced Natural Resources. – 2016. – V. 6(3). – Pp. 42–47.

10. *Du H., Li F.* Characteristics of dissolved organic matter formed in aerobic and anaerobic digestion of excess activated sludge // *Chemosphere*. – 2017. – V. 168 – Pp. 1022–1031.

11. *Evropeiskaia praktyka obrashcheniya s otkhodamy: problemy, resheniya, perspektivy/Региональное Энергетическое Partnership - Санкт-Петербург, 2005 - [Elektronnyy resurs] Rezhym dostupa: <http://govorusa.com/books/evropeyskaya-praktika-obrascheniya-s-othodami>.*

12. *Пайонк Т. законодавство Європейського Союзу у сфері утилізації опадів [Текст] // Водопостачання та санітарна техніка. - 2003. - № 1. - С. 37 - 41.*

13. *Енергія природи. нотатки з III весняного біопаливного конгресу «Ліспромінформ». - 2009. - № 2 (60). - С. 124 - 129.*

14. *Пашутіна О.М., Давидов С.І. Деякі питання утилізації опадів стічних вод міста Луганська// Науковий вісник Луганського НАУ, Серія Біологічні науки. – Луганськ: Елтон-2. – 2010. – №19. – С. 84-87.*

15. *Технологія та обладнання очищення стічних вод. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / М.І. Літинська, І.В. Косогіна, Н.М. Толстопалова, Т.І. Обушенко, С.О. Кирій; КПІ ім. Ігоря Сікорського – Електронні текстові дані (1 файл: 1,66 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 73 с.*

16. *Drinking Water Treatability Database (TDB) | Water Research | US EPA. United States Environmental Protection Agency | US EPA. URL: https://19january2017snapshot.epa.gov/water-research/drinking-water-treatability-database-tdb-0_.html (date of access: 07.12.2023).*

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата
ВЗЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБ.
Підп. і дата	
Вип	Арк
№ ДОКУМ.	Підп.
	Дат

ТС 22510247

Арк

67

17. Жабін А. О. База даних Web of Science. Версія 5.22. Інструкція користувачу / Нац. бка України імені В. І. Вернадського ; відп. ред. Т. В. Добко. – Київ, 2016. – 24 с.

18. About the TDB. Information from website Drinking Water Treatability Database. URL: <https://tdb.epa.gov/tdb/about>

19. Anen He et al. Exploring the origin of efficient adsorption of poly- and perfluoroalkyl substances in household point-of-use water purifiers: Deep insights from a joint experimental and computational study. Science of The Total Environment, Volume 831, 20 July 2022, 154988

20. Barisci S., Suri R. Occurrence and removal of poly/perfluoroalkyl substances (PFAS) in municipal and industrial wastewater treatment plants, Water Sci Technol (2021) 84 (12): 3442–3468. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.484>

21. Cantoni, B., Turolla, A., Wellmitz, J., Ruhl, A. S., & Antonelli, M. (2021). Perfluoroalkyl substances (PFAS) adsorption in drinking water by granular activated carbon: Influence of activated carbon and PFAS characteristics. Science of The Total Environment, 795, 148821. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.14882

22. Dai, X., Xie, Z., Dorian, B., Gray, S. R., & Zhang, J. (2019). Comparative study of PFAS treatment by UV, UV/ozone, and fractionations with air and ozonated air. Environmental Science. Water Research & Technology. doi:10.1039/c9ew00701f

23. Dixit, F., Dutta, R., Barbeau, B., Berube, P., & Mohseni, M. (2021). PFAS removal by ion exchange resins: A review. Chemosphere, 272, 129777. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.1297

24. Duinslaeger N., Radjenovica J. Electrochemical degradation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) using low-cost graphene sponge electrodes. Water Research, Volume 213, 15 April 2022, 118148

Підп. і дата	
Інв. №ДУБ.	
Взєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. №ПОД.	

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат	ТС 22510247	Арк
						68

25. Drinking Water Treatability Database (TDB). Information from website United States Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/water-research/drinking-water-treatability-database-tdb>

26. Treatment technologies for PFAS in industrial water. *Home / Water Technology*. URL: <https://www.watertechonline.com/wastewater/article/15550740/treatment-technologies-for-pfas-in-industrial-water> (date of access: 07.12.2023).

27. Вода 151: Водоочисні споруди та експлуатаційні процеси II (Rowe). *LibreTexts* - *Ukrayinska*. URL: [https://ukrayinska.libretexts.org/Робоча_сила/Технологія_водяних_систем/Вода_151:_Водоочисні_споруди_та_експлуатаційні_процеси_II_\(Rowe\)](https://ukrayinska.libretexts.org/Робоча_сила/Технологія_водяних_систем/Вода_151:_Водоочисні_споруди_та_експлуатаційні_процеси_II_(Rowe)) (дата звернення: 07.12.2023).

28. Методи очищення води. *AQUAPHOR water filters. Manufacturer's official website | Global website |*. URL: <https://aquaphor.com/uk-ua/blog/metody-ochistki-vody> (дата звернення: 07.12.2023).

29. Мембранна технологія фільтрації води - Статті Multifilters. *Статті Multifilters*. URL: <https://articles.multifilters.com.ua/membranna-tehnologiya-filtracziyi-vody/> (дата звернення: 07.12.2023)

30. Umar M. Reductive and Oxidative UV Degradation of PFAS— Status, Needs and Future Perspectives. *Water*. 2021; 13(22):3185. <https://doi.org/10.3390/w13223185>.

31. Lenka, S. P., Kah, M., & Padhye, L. P. (2021). A review of the occurrence, transformation, and removal of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) in wastewater treatment plants. *Water Research*, 199, 117187. doi:10.1016/j.watres.2021.117187.

Підп. і дата	
Інв.№ДУБ.	
Взєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№ПОД.	

32. Гіроль М. М. Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві : навч. посіб. / М. М. Гіроль, М. В. Бернацький, В. Є. Хомко ; за ред. М. М. Гіроля. - Рівне : НУВГП, 2010. - 351 с. : іл.

33. ДНАОП 1.8.10-5.05-81. Типова інструкція з техніки безпеки та виробничої санітарії для оператора відстійника та очисних споруд.

34. Про затвердження Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Постанова Кабінету Міністрів від 23.11. 2006 р № м1640.

ІНВ.№ПОДА.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дата	TC 22510247	Арк
						70
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		