

## ВДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Соловій Христини Михайлівни

### «КОМБІНОВАНІ БІОЛОГІЧНО – АДСОРБЦІЙНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ТА СТІЧНИХ ВОД»

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

101 Екологія (галузь знань 10 природничі науки)

**Актуальність теми дослідження.** Технології біологічного очищення фільтратів широко досліджуються цілим рядом дослідників. Особливої актуальності ці дослідження набувають на сучасному етапі розвитку людства, який характеризується перецінкою відносин до довкілля і поверненням в усіх галузях антропогенної діяльності та аспектах життєдіяльності до природних умов, природних продуктів, природних технологій. Також розширюється спектр застосування для очищення забруднених середовищ природних сорбентів (природних цеолітів, бентонітів, палигорськітів, глауконітів і т.п.) та розвиток технологій отримання ефективних високопористих матеріалів зі специфічними властивостями в результаті переробки відходів рослинного походження. Але максимального ефекту можна досягти у випадку поєднання та комбінування таких технологій очищення.

Зважаючи на зазначені вище положення, дисертаційна робота Соловій Х. М. відзначається високою актуальністю.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх новизна.** Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій в роботі є на достатньому рівні і ґрунтується на вдало сформованих завданнях, вибраних методиках дослідження та проведених промислових дослідженнях з одержанням результатів, які опрацьовані, використовуючи методи визначення вмісту компонентів в водних середовищах (гравіметрію, титриметрію, спектрофотометрію, рентгенофлуоресцентний аналіз) та методики дослідження синтезованого із рослинної сировини активованого вугілля (прецизійну порометрію, рентгенівську дифрактометрію,

метод малокутового розсіяння рентгенівських променів, скануючу електронну мікроскопію; метод рентгенівського мікроналізу, титриметрію, метод адсорбції барвників із водних розчинів).

Достовірність наукових досліджень підтверджує значна кількість проведених лабораторних та польових дослідів, які виконувалися за стандартними апробованими методиками.

**Наукова новизна виконаного дослідження.** Дисертантом виконано всі поставлені завдання, досягнена мета та вирішено важливе наукове завдання щодо дослідження оптимальних параметрів застосування комбінованих біологічно – адсорбційних методів очищення поверхневих та стічних вод.

Вперше запропоновано концепцію розімкненого біологічного конвеєра для ефективного біологічного очищення поверхневих та стічних вод, що дає можливість залучити широкий клас гідробіонтів для реалізації природоохоронних технологій. Доведено перспективність застосування відпрацьованої біомаси гідробіонтів (наприкладі ціанобактерій) технології розімкненого біологічного конвеєра як органо-мінеральних добрив. Для очищення водних середовищ успішно апробовано новий тип сорбенту – модифікований біовуглець із магнітними властивостями та високою адсорбційною ємністю відносно забруднень у поєднанні зі зручною сепарацією його із водних розчинів.

Отримано подальший розвиток удосконалення методики комплексного моніторингу стану поверхневих водойм із дотриманням басейнового принципу (на прикладі водойм Басейну Західного Буцу) та дослідження адсорбційного очищення стічних вод від йонів важких металів природними сорбентами (на прикладі бентоніту Дашуківського родовища).

**Практичне значення дослідження.** Отримані результати досліджень можуть бути використані: органами державної та виконавчої влади, місцевого самоврядування, приватними інвесторами та підприємствами для впровадження інноваційних комплексних біологічно-адсорбційних технологій очищення водних середовищ. Результати досліджень передані ТзОВ «ПАНСЕМАЛ» для використання у проектуванні інноваційних біологічно-адсорбційних технологій

очищення стічних вод. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи використані для студентів спеціальності 101-Екологія та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у програмі лекційного курсу «Техноекологія» тема «Комунальне господарство», та в дисципліні «Технологічні процеси охорони навколишнього середовища», тема «Очищення стічних вод», а також в програмі практичних занять цих курсів.

**Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій у наукових публікаціях, захищених за темою дисертації.** Проведений аналіз наукових публікацій автора дозволяє стверджувати, що вони достатньо мірою відображають результати дисертаційного дослідження. За матеріалами дисертації опубліковано 33 друковані наукові праці, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, 5 статті у виданнях, які включені до міжнародної наукометричної бази даних (Scopus), та 25 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях та конгресах.

Наукові праці Соловій Х. М. відповідають п. 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року №167.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 176 сторінках машинописного тексту, ілюстровано 45 рисунками, текст містить 22 таблиці, у бібліографії наведено 235 літературних джерел, дисертація містить 6 додатків.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** У дисертаційній роботі порушення академічної доброчесності не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

**Загальна характеристика роботи.** У вступі детально обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, відображено наукову новизну

одержаних результатів та їх практичне значення, викладено коротку загальну характеристику роботи.

У першому розділі проведено аналіз досвіду України та інших країн світу щодо очищення стічних вод із використанням природних сорбентів. Розглянуті перспективи синтезу активованого вугілля із рослинної сировини та ефективності застосування цього сорбенту у природоохоронних технологіях. Проведений аналіз існуючої інформації щодо очищення поверхневих та стічних вод із використанням гідробіонтів та критичний аналіз біотехнологій із використання їхнього ресурсного потенціалу. Наведено цілі та завдання досліджень.

У другому розділі дисертаційної роботи приведена характеристика сорбентів, які використовувались у дослідженнях та матеріалів, які служили сировиною для синтезу сорбентів. Приведені характеристики бентоніту Дашуківського родовища, який використовувався у дослідженнях адсорбційного очищення стічних вод від іонів хрому. Охарактеризовано сировину рослинного походження, яка використовувалась для синтезу активованого вугілля. Проведено класифікацію та детально охарактеризовано гідробіонти, використання яких передбачується у біологічному очищенні за методом розімкненого біологічного конвеєра (бактерії, рослини, гриби, тварини). Описана методика синтезу активованого вугілля із рослинної сировини та методика встановлення елементного складу гідробіонтів із допомогою рентгенофлуоресцентного аналізатора EXPERT 3L. Описана методика досліджень адсорбції іонів хрому на бентонітах у статичному режимі в умовах фільтрування забруднених стоків через шар адсорбенту та в умовах постійного перемішування в апараті з мішалкою.

У третьому розділі здійснений аналіз роботи Держводагентства України з метою впровадження стандартів ЄС в сфері якості води та управління водними ресурсами протягом 2018-2019 років. Проаналізоване технологічне забруднення ріки Західний Буг за результатами спостережень у контрольних створах. Встановлено значні масштаби забруднення, які призвели до незадовільного екологічного стану річки. Встановлені основні забруднювачі, серед яких

найбільшими є Львівводоканал, водоканали Червоноградсько-Сокальського промислового району, Добротвірська ТЕС. З ціллю отримання більш коректних результатів запропоновано перемістити контрольні створи у місця, де результати оцінки відібраних із них проб були б доповнюючими до інформації щодо загального стану річки. Автором запропоновано впровадження безперервного контролю стану води у Західному Бугу з ціллю проведення в разі необхідності оперативних коригуючих заходів. Наведені результати аналізів проб води із контрольних створів ріки Західний Буг у Львівській області. Річка Полтва після витоку із міста Львів є найбільш забрудненою річкою басейну і характеризується як «дуже брудна». Зафіксовано перевищення ГДК щодо БСК<sub>5</sub> до 20 раз, ХСК до 7,37 разів, завислих речовин 7 разів, амонію до 50 раз, нітритів до 37 раз, фосфатів у 8 разів, заліза у 8,4 раз і сульфатів до 1,72 рази. Основним джерелом забруднення є застарілі очисні споруди «Львівводоканалу» та його мулові майданчики. Води усіх інших рік відносять до «помірно забрудненої» та «слабко забрудненої». Автор декларує, що одним із шляхів покращення роботи басейнового управління водних ресурсів ріки Західний Буг є оснащення контрольних створів автоматизованими дистанційними гідрологічними постами.

У четвертому розділі наведені результати досліджень щодо концепції біологічного конвеєра відкритого типу для очищення забруднених стічних вод. Приведена типова схема біоконвейєра відкритого типу, яка складається із зони анаеробного біореактора, зони аеробного біореактора, зони біогазового реактора та зони фітореактора. Розроблена раціональна схема компонування 3-х стадійного біологічного конвеєра відкритого типу для очищення фільтратів сміттєзвалищ. В цю схему входить аерована лагуна, водойма із водоплавними рослинами, населена консорціумом водоростей та штучно організовані водно-болотні угіддя. Як водоплавні рослини запропоновано використовувати *Eichornia crassipes*. Необхідною умовою практичного впровадження схеми є систематичний відбір біомаси та подача її у реактор біогазу. Отриманий біогаз доцільно відводити у систему дегазації сміттєзвалища, а відпрацьовану біомасу використовувати для біологічної рекультивації закритих карт сміттєзвалища.

Автором встановлено, що найбільш перспективним є використання ціанобактерій після анаеробної ферментації як добрива або компоненти для створення субстрату росту. Аналітичні дослідження підтверджують відсутність обмежуючих небезпечних компонентів, які могли б негативно вплинути на ріст і розвиток рослин. Визначено вміст значної кількості органічних речовин, основних поживних речовин, макро- та мікроелементів, а також фульвової та гумінової кислот у цих відходах, які є компонентами для відтворення родючості ґрунту, а також використовуються в сільському господарстві як стимулятори росту рослин. Доведено, що перспективним способом підвищення ефективності біотехнологічних процесів із використанням ціанобактерій як сировини може бути попередня обробка біомаси, що дозволяє зруйнувати стінки ціанобактерій та вивільнити внутрішньоклітинну речовину. Найбільш перспективним способом такої попередньої обробки є використання поля віброкавітації. Дослідження із використанням стандартизованих методів світлової та електронної мікроскопії виявили, що основним типом синьо-зелених водоростей Кременчуцького та Кам'янського водосховищ Дніпровського каскаду (Україна) є синьо-зелені мікробіодорості. Було доведено, що залишки водоростей можуть бути використані як біодобрива в сільському та лісовому господарстві як субстратний водний розчин за різних розведень, рівень виживання кладоцеранів як досліджуваних об'єктів становить від 80 до 100%. Оптимальна концентрація водного розчину відпрацьованого субстрату залежить від повноти процесу метаногенезу. Дані рентгеноструктурного аналізу підтвердили відповідність елементарного складу відпрацьованого субстрату зеленій масі рослин, що забезпечить високу харчову цінність залишків водоростей.

У п'ятому розділі наведено, що в результаті досліджень адсорбційного очищення розчину від йонів хрому в непорушному шарі сорбенту встановлено, що найвищий ефективний об'єм при прокачуванні модельного розчину через шар сорбенту 15 г становить  $30,34 \text{ см}^3$ , а при пропусканні розчину через сорбент 20 г -  $41,4 \text{ см}^3$ ; виявлено, що зі збільшенням початкової концентрації йонів хрому в межах експериментальних значень час появи першого сліду

забруднювача на виході з колони збільшується, а час проскоку у всіх випадках швидко настає при концентрації забруднювача на виході із колони 70% від початкового. Виняток становить залежність від концентрації іонів хрому  $0,5 \text{ г/дм}^3$  - у цьому випадку збільшення концентрації на виході із колони є лінійним; ефективність адсорбції зростає із збільшенням шару адсорбенту, що можна пояснити розвитком активної сорбційної поверхні. Відпрацьований адсорбент (насичений іонами хрому (III) бентоніт) може бути використаний у шкіряному виробництві для дублення та наповнення натуральної шкіри для досліджуваних концентрацій поглинання іонів хрому становить 80,6% та 87,2%, коли процес реалізується в умовах перемішування. Максимальна сорбція досягається через 6 годин, тобто процес прискорюється щонайменше вдвічі. Дослідженнями встановлено перспективність отримання магнетично чутливого сорбенту на основі активованого біовуглецю, виготовленого із рослинної сировини. Такий адсорбент після насичення забрудненням можна відокремити магнітним сепаратором від розчину із збереженням усіх корисних характеристик порошкових адсорбентів. Дослідження ізотерм адсорбції метиленового синього показало, що біовуглець AC2 має значно кращі адсорбційні властивості порівняно з AC0 та AC1. Аналіз форми ізотерм свідчить, що всі ізотерми належать до другого типу ізотерм адсорбції, що свідчить про наявність в аналізованих біовуглецях поряд із мікропорами також певної кількості мезо- та макропор. Підтверджена ефективність застосування для очищення забруднених стоків двох стадійного біологічно-адсорбційного очищення. Із використанням такого методу вдається значно підвищити загальний ступінь очищення від органічних та неорганічних забруднень. Встановлено, що ефективність очищення стічних вод від ХСК після проведення двох стадій очищення становить 83,8 %. Протягом I-шої стадії кількість ХСК зменшилася на 54,6 %, а після II-гої на 64,4 %.

**Рекомендації щодо впровадження результатів дисертації.** Результати досліджень цієї дисертаційної роботи можуть бути використані у комунальних господарствах великих міст у компетенцію яких входить поводження із побутовими відходами у тому числі сміттєзвалищами. Використання

багатостадійної очистки стічних вод у вигляді біоплато слід запровадити для інших техногенно небезпечних об'єктів, які складають відвали на відкритій території.

**Дискусійні положення та зауваження до дисертації.** Незважаючи на загальну позитивну оцінку представленої дисертаційної роботи, слід відмітити певні дискусійні положення та зауваження, а саме:

1. У деяких рисунках Розділів 1-5 відсутні підписи даних.
2. При описі таблиці 3.2 під назвою «Оцінка якості поверхневих вод Львівської області за факторами забруднення» не наголошено, чи дані в ній є досягненнями дисертанта.
3. У таблиці 3.3 не ясна відповідність кольорових виділень науковим результатам.
4. Підпункт 3.3 завершується рисунком без подальших тестових узагальнень.
5. Пункт 4.1 «Концепція розімкнутого біологічного конвеєра та її застосування для очищення поверхневих і стічних вод» дисертації слід було віднести до Розділу 1.
6. Для вивчення ступеня проростання на субстраті використано два види культурних рослин. Слід уточнити, чому саме ці види розглядаються?
7. Слід використовувати термін «проростання» замість «схожість».
8. На думку опонента рисунок 4.10 необхідно було б описати текстом та не наводити в дисертації.
9. Слід уточнити, які саме водоплавні рослини слід використовувати для очищення фільтратів у аерованій лагуні.
10. У підпункті 5.4 слід уточнити складові біологічно-адсорбційного процесу очищення інфільтратів.
11. Слід додатково пояснити мікроскопічні зображення на рис. 5.5.

**Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України до присвоєння наукових ступенів.** У цілому дисертаційна робота Соловій Христини Михайлівни під назвою «Комбіновані біологічно – адсорбційні методи очищення поверхневих та стічних вод» є завершеною науковою працею, яка містить нові наукові положення. У роботі одержані нові науково



обґрунтовані результати, які забезпечують ефективне розв'язання важливого науково-прикладного завдання проведення оцінки ефективності застосування комбінованих біологічно – адсорбційних методів очищення поверхневих та стічних вод.

Дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України до кваліфікаційних наукових праць, а саме Наказу МОН України №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» від 12.01.2017 р. (із змінами, внесеними від 31.05.2019 р.) та «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167).

Вважаю, що дисертаційна робота задовольняє вимоги МОН України, а її автор Соловій Христина Михайлівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки».

**Офіційний опонент:**

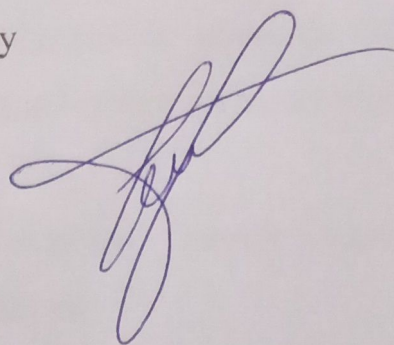
начальник навчально-наукового інституту

цивільного захисту

Львівського державного університету

безпеки життєдіяльності,

доктор технічних наук, доцент



В. В. Попович

« л » 02 2021 р.

