

67-12-15/2  
12.02.2024

### ВІДЗІК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Соловій Христини Михайлівни

## "КОМБІНОВАНИ БІОЛОГІЧНО - АДСОРБЦІЙНИ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ

### ПОВЕРХНЕВИХ ТА СТИЧНИХ ВОД"

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 - Екологія галузі знань 10 - Природничі науки

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток суспільства характеризується загостренням екологічних зароз, викликаних антропогенною діяльністю промислових об'єктів та населення, а саме недостатнє очищення прісних вод для потреб людей і стічних вод з промислових і комунальних підприємств. Технології попередження забруднень та очищення середовищ не дозволяють подлати проблему. Значить на сьогоднішній день актуальним є пошук та впровадження нових підходів і технологій очищення водних середовищ. Дисертаційна робота Соловій Х. М. присвячена вирішенню важливого науково-практичного завдання - оцінці ефективності використання інноваційних технологій застосування сорбентів для очищення стічних вод від забруднень та ефективності застосування комбінованих біологічно - адсорбційних методів очищення поверхневих та стічних вод.

Обрунтування вибору теми дослідження. У дисертаційному дослідженні розглядаються глобальні проблеми в екологічній сфері, зокрема це відноситься до тотального забруднення літросфери, наслідки якого ще будуть долати покоління наших нащадків. Серед них важливими є технології біологічного очищення та адсорбційного очищення із застосуванням сорбентів та сорбентів, отриманих із природної сировини. Саме такий підхід моделює здатність природи до самоочищення і в можливих границях дозволяє інтенсифікувати та поліпшити масштаби природних процесів самоочищення поверхневих та стічних вод.

Технології біологічного очищення фільтратів широко досліджуються цим рядом дослідників. Особливої актуальності ці дослідження набувають на сучасному етапі розвитку людства, який характеризується переопіянкою відносно до довкілля і поверненням в усіх галузях антропогенної діяльності та аспектах життєдіяльності до природних умов, природних продуктів, природних технологій. Також розширюється спектр застосування для природних технологій. Очищення середовищ природних сорбентів (природних цеолітів, бентонітів, палігорськітів, глауконітів і т.п.) та розвиток технологій отримання ефективних високопористих матеріалів зі специфічними властивостями в результаті переробки відходів рослинного походження. Однак максимального ефекту можна досягти у випадку поєднання та комбінування таких технологій очищення. Саме такий підхід розглядається та аналізується у цій дисертаційній роботі, що і визначає її актуальність для проблем захисту довкілля. Метою дослідження є оцінка ефективності та

оптимальних параметрів застосування комбінованих біологічно – адсорбційних методів очищення поверхневих та стічних вод. Тому дисертаційна робота Соловій Христини Михайлівни, яка направлена на забезпечення проблем захисту довкілля є актуальною та важливою для розвитку галузі знань «Природничі науки».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх новизна. Авторкою проведено необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, використано вітчизняні та іноземні літературні джерела за темою дисертаційних досліджень. Дослідження, які проводились дисертантом, ґрунтуються на даних системного науково обґрунтованого аналізу результатів. В цілому сукупність результатів щодо наукового обґрунтування узгоджується з сучасним теоретичним рівнем уявлень про екологію. Наукові положення, теоретичні висновки та практичні рекомендації в дисертаційній роботі є достатніми і належним чином обґрунтованими.

Наукова новизна виконаного дослідження. В результаті виконання дисертаційної роботи розв'язано актуальне науково-практичне завдання: розроблена технологія комбінованого біологічно – адсорбційного методу очищення поверхневих та стічних вод, а на основі проведених теоретичних, експериментальних та розрахункових результатів досліджень варто відзначити наукову новизну у наступному: *вперше* - запропоновано концепцію розімкнутого біологічного конвеєра для ефективного біологічного очищення поверхневих та стічних вод, що дало можливість залучити широкий клас гідробіонтів для реалізації природоохоронних технологій; - встановлено оптимальний склад та параметри технології на основі відпрацьованої біомаси гідробіонтів (на прикладі ціанобактерій), що дає можливість створення розімкнутого біологічного конвеєра для органо-мінеральних добрив; - апробовано новий тип сорбенту – модифікований біовуглець із магнітними властивостями та високою адсорбційною ємністю відносно забруднень у поєднанні зі зручною сепарацією його із водних розчинів, що підвищує ефективність очищення водних середовищ.

У роботі отримало подальший розвиток: - удосконалення методики комплексного моніторингу стану поверхневих водойм із дотриманням басейнового принципу (на прикладі водойм басейну Західного Бугу); - дослідження адсорбційного очищення стічних вод від йонів важких металів природними сорбентами (на прикладі бентоніту Дашуківського родовища).

– Практичне значення виконаного дослідження.

Отримані результати досліджень, які приведені у дисертації можуть бути використані: органами державної та виконавчої влади, місцевого самоврядування, приватними інвесторами та підприємствами для впровадження інноваційних комплексних біологічно-адсорбційних технологій очищення водних середовищ. Для підвищення ефективності роботи очисних споруд з очищення стічних вод результати досліджень передані ТзОВ «ПАНСЕМАЛ» і будуть використані у проектуванні інноваційних біологічно-адсорбційних технологій очищення стічних вод.

На основі наукових та практичних результатів дисертаційної роботи розроблено лекційні курси для студентів спеціальності 101-Екологія та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у програмі «Техноекологія» на теми «Комунальне господарство» та в дисципліні «Технологічні процеси охорони навколишнього середовища» на тему «Очищення стічних вод», а також в програмі практичних занять цих курсів.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій у наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. Результати основних наукових досягнень, здобутих в процесі виконання дисертаційної роботи, опубліковані авторкою у 18 наукових працях, з них 1 публікація у колективній монографії, 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави з напрямку, з якого підготовлено дисертацію, 1 стаття у виданні, яке включене до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 5 статей у фахових виданнях з технічних наук, 2 статті у інших наукових виданнях, 7 доповідей на міжнародних та національних наукових конференціях, а також отримано 1 патент України.

Праці Соловей Х.М. відповідають п.1.1 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету міністрів України від 6 березня 2019 року № 167.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних 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 відсутні порушення академічної доброчесності, оскільки використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Загальна характеристика роботи. У вступі аргументовано висвітлено актуальність теми дисертаційного дослідження. Для висвітлення актуальності теми здобувачка детально розглянула заходи для глобального захисту водних ресурсів, що розглядались на спеціальному саміті ООН 25 вересня 2015 року главами держав та урядів де була прийнята програма «Трансформація нашого світу. Порядок денний для сталого розвитку на 2030 рік»,

У першому розділі «Огляд літературних джерел» приведено аналіз досвіду України та інших країн світу щодо очищення стічних вод із використанням природних сорбентів. Детально описано сучасні матеріали – бентоніти, сорбенти синтезовані із рослинної сировини та інші матеріали і технології очищення поверхневих, стічних вод із використанням природних сорбентів, а також гідробіонтів та критичний аналіз біотехнологій із використання їхнього ресурсного потенціалу. Детально розглянуті характеристики матеріалів досліджень. Зокрема приведена характеристика

природних сорбентів, які використовувались у дослідженнях (бентоніти Дашуківського родовища). Розглянуті характеристики сировини рослинного походження для синтезу активованого вугілля та її потенціальні запаси. Проведена класифікація та аналіз гідробіонтів, Значну увагу приділено утилізації біомаси водоростей шляхом використання їх для виробництва біодизеля, а також застосуванню гідродинамічної кавітації і утилізації відпрацьованої біомаси (брикетування міскантусу).

У другому розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДОСЛІДЖЕНЬ. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ» наведені характеристики матеріалів та об'єктів досліджень, методів та методик проведення експериментальних досліджень, описані експериментальні установки. Приведена інформація щодо методів та методики досліджень. Описана методика, технологічна схема та технологічні підходи для реалізації процесу синтезу активованого вугілля із рослинної сировини. Приведені методика встановлення елементного складу гідробіонтів із допомогою рентгенофлуоресцентного аналізатора та методика досліджень адсорбції іонів хрому на бентонітах у статичному та динамічному режимах

У третьому розділі представлено «МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ (НА ПРИКЛАДІ ВОДОЙМ БАСЕЙНУ ЗАХІДНОГО БУГУ)», де розглянуті основні аспекти існуючої системи моніторингу якості поверхневих водойм (на прикладі водойм басейну Західного Бугу). Проведений аналіз нормативно-методичних засад моніторингу поверхневих вод як обов'язкової стадії для аналізу їх стану та розроблення заходів щодо мінімізації забруднень. Охарактеризовано водний басейн Західного Бугу, ідентифіковано його основні забруднювачі. Проаналізовано якість водного басейну Західного Бугу за результатами проведеного моніторингу.

У четвертому розділі «ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОБІОНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ТА СТИЧНИХ ВОД» розкрита концепція розімкнутого біологічного конвеєра та її застосування для очищення поверхневих і стічних вод. Приведено дані детальних досліджень щодо застосування гідробіонтів для очищення поверхневих та стічних вод. Розроблена концепція розімкнутого біологічного конвеєра, в основі якої лежить принцип відсутності замкнених трофічних ланцюгів та відвід надлишкової біомаси на стадію утилізації із отриманням енергоносіїв (біогаз, біодизель), або інших продуктів, необхідних для економіки. Розглянуті перспективи використання синтезованої біомаси ціанобактерій як органо-мінеральних добрив. Проведений аналіз ефективності попередньої обробки відпрацьованої біомаси ціанобактерій з ціллю утилізації її для виробництва різних видів продукції. Встановлено, що перспективною для практичного використання може бути обробка у полі гідродинамічної кавітації, але найбільш перспективною є віброкавітаційна обробка.

У п'ятому розділі «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ЗАБРУДНЕНЬ. РЕАЛІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНИХ БІОЛОГІЧНО-АДСОРБЦІЙНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ» розглянуті особливості реалізації комбінованих біологічно-адсорбційних методів очищення водних середовищ.

Представлено результати досліджень параметрів технології збору та переробки синьо-зелених водоростей. Приведені дані досліджень адсорбційного очищення стічних вод від йонів хрому бентонітом в умовах фільтрації забруднених стоків через непорушний шар та в умовах перемішування в апараті з мішалкою. Розглянута інноваційна технологія отримання та застосування магнетично чутливих вугільних сорбентів на основі природного сировинного матеріалу та перспективи синтезу активованого вугілля із рослинної сировини та ефективності застосування цього сорбенту у природоохоронних технологіях.

Дослідження підтвердили як високий рівень адсорбційної здатності отриманих адсорбентів, так і необхідний рівень намагніченості, що дозволяє використовувати магнітну локалізацію відпрацьованого сорбенту після реалізації технології очищення.

Загальні висновки містять основні результати дисертаційних досліджень, викладені достатньо повно та відображають хід виконання встановлених завдань дисертаційного дослідження. Робота створює добре враження діловитим та послідовним розв'язанням комплексу питань, що наведені у завданнях дисертаційної роботи.

Рекомендації щодо впровадження результатів дисертації. Отримані результати досліджень щодо очищення поверхневих та стічних вод із використанням гідробіонтів для зменшення синьо-зелених водоростей, що одержані здобувачкою, рекомендується впроваджувати на промислових, комунальних водних об'єктах, а також передати в Міністерство екології та природних ресурсів України з ціллю впровадження використання біоживильних сумішей у агровиробництві та рекультивації кар'єрів і звалищ полігонів побутових відходів.

#### **Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи**

1. У дисертації вибір бентоніту як адсорбента недостатньо обґрунтовано, оскільки у розділі 1 описані також інші адсорбенти. На основі яких критеріїв для цієї цілі вибрано бентоніт?
2. Одержання метаногазу, згідно запропонованої комбінованої біологічно адсорбційної технології очищення вод, детально описані у дисертації, однак виникає запитання щодо відмінності цього процесу на 1-й і 2-й стадії.
3. У дисертації приведені дослідження з перетворення відпрацьованої біомаси у біоорганічне добриво, що є позитивним, однак не уточнено до якого типу це добриво відноситься і за якими показниками можна стверджувати, що це добриво, а не удобрювальна суміш в якій присутні екологічно шкідливі компоненти з біомаси?
4. У розділі 5 приведені дослідження з очищення стічних вод від йонів хрому(III) через фільтраційний шар бентоніту, а також одержання і властивості біовуглецю. Тому цікаво, яку сорбційну активність проявить цей сорбент до йонів хрому(III).
5. Назви розділів (2, 3, 5) і висновки у них об'ємні, а також не пронумеровані, що не завжди конкретизує їх суть.

6. У дисертації приведена ефективність окремих інтегрованих біологічно-адсорбційних і аеробно-адсорбційних процесів, однак не приведено загального еколого-економічного аналізу запропонованої технології у порівнянні з відомими в грошовому еквіваленті.
7. Список позначень у дисертації відсутній, що ускладнює аналіз наведених у ній залежностей, а також деякі графічні залежності (рис.5.8-5.12) побудовані на 3-х результатах, що знижує інформацію про величину показників в проміжних інтервалах, які представлені на осі абсцис.
8. У дисертації приведено фото серійних приладів (рис.2.9), що загромождає текст, тому цього потрібно уникати, а текст вміщає одиниці вимірювань, які не входять в систему СІ (мл, год, дні, хв., г/л і т.п.).
9. Текст дисертації містить деякі описки (стор. 119 «карбонат  $FeCl_3$ », стор.110 - «потоці. » стор.131-«від ХСК») та присутня в деяких абзацах не правильна побудова речень (стор. 88 «Потребують детального дослідження технології »).

Приведені вище зауваження не впливають на сутність наукових положень та висновків дисертації і не зменшують наукову новизну одержаних результатів. Дисертація Соловій Христини Михайлівни є завершеною науковою роботою, основні положення якої не викликають заперечень. Робота демонструє комплексний науково-методологічний підхід до досліджень, здатність авторки аналізувати та узагальнювати.

#### **Висновок**

Таким чином за об'ємом, змістом, рівнем та оформленням в цілому дисертаційна робота Соловій Христини Михайлівни **"Комбіновані біологічно – адсорбційні методи очищення поверхневих та стічних вод "**, поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії, відповідає вимогам МОН України до кваліфікаційних наукових праць, а саме Наказу МОН України до кваліфікаційних наукових праць №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» від 12.01.2017 (із змінами, внесеними від 31.05.2019) та «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р.№167). Вважаю, що дисертаційна робота задовольняє вимогам МОН України, а її автор Соловій Христина Михайлівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – Екологія галузі знань 10 Природничі науки.

Професор кафедри хімії  
Івано-Франківського національного  
технічного університету нафти і газу,  
доктор технічних наук, професор

Підпис Челядина Л.І. посвідчую  
Вчений секретар Івано-Франківського  
Національного технічного  
університету нафти і газу



Челядин Л.І.

Процюк В.Р.

09.02.2021