

В І Д Г У К

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента Поповича Василя Васильовича на дисертаційну роботу Баландюха Юрія Андрійовича «Утилізація надлишкової біомаси гідробіонтів в технологіях біологічного очищення поверхневих вод» подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Україна належить до найменш забезпечених власними водними ресурсами країн Європи і є одним із регіонів зі значним антропогенним навантаженням на водні джерела та нестачею достатньої кількості прісної води. Питне водопостачання України майже на 80% забезпечується поверхневими водами. Водночас більшість басейнів річок згідно із гігієнічною класифікацією водних об'єктів за ступенем забруднення, можна віднести до забруднених та дуже забруднених. Проте незважаючи на це, за останні роки склад очисних споруд та технології водоочищення фактично не змінились. Одним із перспективних напрямків впровадження інноваційних технологій водоочищення є використання біологічних методів. У цьому випадку в водне середовище не вноситься невластивих йому речовин, технологічні процеси імітують природні, ефективність протікання яких підсилена в десятки і сотні разів спеціальною організацією біологічних процесів. В ряді біологічних методів очищення стічних та поверхневих вод чільне місце займає запропонована професором Петром Гвоздяком концепція біологічного конвеєра, яка передбачає реалізацію процесів очищення на окремих ділянках, населених певними видами гідробіонтів, через, які послідовно перетікає забруднене водне середовище. Очищення відбувається за рахунок вилучення гідробіонтами із води забруднень і використанням їх у власному живильному циклі як елементів живлення. Автор декларує, що проблемою залишається вилучення та раціональна утилізація нарощеної біомаси, чого не передбачає ця концепція. Адже без цього нарощена біомаса може неконтрольовано розкладатись, створюючи вторинне забруднення (як це спостерігається в процесах евтрофікації водойм) та загрозу екологічній безпеці акваторій. Тому вилучення надлишкової біомаси

гідробіонтів із технологій очищення та раціональна її утилізація є актуальним завданням.

2. Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій

Наукові положення, теоретичні висновки та практичні рекомендації в дисертаційній роботі є достатніми і належним чином обґрунтованими. Автором проведено належний обсяг експериментальних та теоретичних досліджень, опрацьовано значну кількість українських та закордонних наукових праць.

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

Під час проведення досліджень автором використані наступні методи: для визначення елементного складу компонентів у дигестаті застосовувався рентгенофлуоресцентний аналіз, кінетика метаногенезу досліджувалась на спеціально сконструйованій установці, для дослідження ефективності утилізації дигестату використовувалась методика лабораторних агроекологічних досліджень, попередня обробка біомаси гідробіонтів проводилась у віброкавітаційному полі, коагуляційно-флокуляційне концентрування ціанобактерій в суспенсії досліджувалось в гравітаційному полі. Коректність результатів підтверджувалась 4-х кратною повторюваністю експериментальних досліджень. Оцінку достовірності та інтерпретацію результатів проводили за допомогою математичного моделювання та статистичного аналізу. Для аналізу отриманих даних застосовувався програмний пакет microsoft office excel 2013.

Одержані автором результати корелюються із іншими науковими роботами дослідників, які вивчали біологічне очищення поверхневих вод.

3. Наукова новизна результатів дослідження

Аналіз досліджень дає змогу стверджувати про їх високий науковий рівень та важливість для подальшого розвитку та вдосконалення методів в галузі екологічної безпеки.

Дисертантом отримані такі найбільш важливі наукові результати: вперше проведений аналіз стадій життєвого циклу гідробіонтів в технології

розімкнутого біологічного конвеєра, що дало можливість забезпечити екологічну безпеку технології розімкнутого біологічного конвеєра внаслідок вилучення нарощеної біомаси; вперше встановлені оптимальні умови коагуляційно-флокуляційного гравітаційного загущення суспензій мікроводоростей, що дозволило ефективно вилучати біомасу мікроводоростей із водного середовища із подальшим використанням її як сировини для виробництва біогазу; вперше проведена експериментально ефективність проведення попередньої віброкавітаційної обробки біомаси гідробіонтів, що забезпечує додаткове розкриття поверхонь масообміну в безперервному потоці; вперше встановлені оптимальні параметри внесення затравки в сировинну суміш та часу її попередньої обробки у віброкавітаційному полі для досягнення максимальної інтенсивності та продуктивності синтезованого біогазу. отримала подальший розвиток концепція очищення забруднених водних середовищ за методом біологічного конвеєра в результаті введення стадій вилучення та утилізації нарощеної біомаси і дослідження щодо використання дигестату в агротехнологіях.

4. Практичне значення результатів дослідження

Автором запропоновано для впровадження технологію очищення забруднених водних середовищ методом розімкнутого біологічного конвеєра. На метод подано заявку на отримання патенту України. Результати досліджень передані в ТзОВ «ПАНСЕМАЛ» для використання у проєктній роботі, що підтверджується відповідним актом. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи використані у навчальному процесі для студентів спеціальності 101 – Екологія та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» в Національному університеті «Львівська політехніка», що підтверджується актом впровадження.

5. Загальна характеристика дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 136 сторінках машинописного тексту, ілюстровано 35 рисунками,

текст містить 11 таблиць, у бібліографії наведено 121 літературних джерела, дисертація містить 4 додатки.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження, стисло охарактеризовано використані в роботі методи. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, надано інформацію про наукові публікації за темою дисертації, апробацію та впровадження результатів дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячений аналізу науково-технічної літератури стосовно оцінки екологічної небезпеки від забруднення гідросфери. Зокрема проаналізовано відомі технології очищення стічних та поверхневих вод із використанням гідробіонтів із позицій критичного аналізу перспективності використання гідробіонтів різних видів у технологіях очищення стічних та поверхневих вод. Розглянуті особливості реалізації метаногенезу для утилізації рослинної сировини. Проаналізовані перспективні напрямки утилізації дигестату. На основі аналізу цієї інформації сформульовані цілі та завдання досліджень.

У **другому розділі** наведені характеристики об'єкту досліджень, методів та методик проведення експериментальних досліджень, описано експериментальні установки. Розроблена методика експериментальних досліджень концентрування мікроводоростей для подальшої їх утилізації. Розроблені і апробовані 2 методики досліджень концентрування суспензії мікроводоростей: дослідження концентрування мікроводоростей за допомогою електричного струму та коагуляційно-флокуляційним методом. Сконструйована і змонтована лабораторна установка для віброкавітаційної обробки суспендованої біомаси гідробіонтів та розроблена методика дослідження попередньої обробки суспендованої біомаси у віброкавітаторі з ціллю збільшення поверхні масообміну. Сконструйована та змонтована установка для дослідження кінетики метаногенезу, розроблена методика дослідження особливостей синтезу біогазу із біомаси гідробіонтів на цій установці.

У третьому розділі наведені дослідження оцінки стадій життєвого циклу гідробіонтів в технологіях біологічного очищення поверхневих та стічних вод та аналізуються особливості очищення забруднених водних середовищ різними типами гідробіонтів. Удосконалена концепція застосування біологічного конвеєра для очищення забруднених водних середовищ. Проведений детальний аналіз перебігу всіх стадій життєвого циклу гідробіонтів у технології очищення стічних та поверхневих вод за методом розімкнутого біологічного конвеєра. Проведений аналітичний огляд та встановлені перспективи застосування різних видів гідробіонтів (аеробного та анаеробного мікробіоценозу, мікро та макроводоростей, водоплавних рослин, штучно побудованих водно-болотних угідь) для очищення водних середовищ у технології розімкнутого біологічного конвеєра.

Четвертий розділ присвячений дослідженню оптимальних параметрів концентрування, попередньої кавітаційної обробки, біорозкладу біомаси гідробіонтів та утилізація дигестату. Досліджені оптимальні умови збору та концентрування нарощеної біомаси. Встановлено, що для збору біомаси водоплавних водних рослин, макроводоростей та водних рослин із розвинутою кореневою системою доцільно використовувати існуюче технологічне обладнання (спеціалізовані водні комбайни та плавучі косарки).

Досліджувалась можливість використання біомаси гідробіонтів в агротехнологіях без проходження процесу метаногенезу. Для цього спеціально було закладено окремий дослід із різною кількістю біомаси: від 20 до 50 % необробленої біомаси та відповідно 80 і 50% темно-сірого опідзоленого ґрунту. Результати дослідження були однозначними – проростання культурних рослин не відбувалося на жодному із досліджуваних варіантів. На всіх варіантах досліджень, окрім контролю, спостерігалось загнивання насіння і розвиток грибової флори. Це свідчить про неперспективність використання біомаси гідробіонтів у агротехнологіях, не піддаючи її метаногенезу.

У висновках приведено найбільш важливі наукові та практичні результати, що отримані в ході виконання поставлених у роботі завдань. У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі,

що виявляється в підвищенні рівня екологічної безпеки гідросфери в результаті застосування для очищення поверхневих та стічних вод методу розімкнутого біологічного конвеєра.

Список використаних джерел складається з 121 найменування та розміщено на 14 сторінках.

Оформлення дисертації за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам до оформлення дисертацій, які затверджені МОН.

Тематика дисертаційного дослідження Баландаха Ю. А. відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека.

Результати дисертаційних досліджень у повній мірі **опубліковані** у наукових статтях, монографіях та матеріалах конференцій різного рівня, а саме: 10 друкованих наукових праць, в тому числі 1 публікація у виданні, що входить до наукометричної бази даних Scopus, 4 статті у фахових виданнях із технічних наук, 5 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях.

6. Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату.

1. Вважаю, що рисунки 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 4.5, 4.6, 4.7 у Розділах 1 та 4 не несуть наукової інформації, а є інформативними, водночас, не є науковим досягненням автора, тому доцільність їх розміщення в дисертації не висока.

2. Не зрозуміло, чи «Методика дослідження кінетики метаногенезу» розроблена і є досягненням автора, чи у процесі досліджень її використано як напрацювання інших дослідників (п. 2.4 Розділу 2).

3. Для визначення якості дегестату використано ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare*) та райграс (*Lolium perenne*). Потребує додаткового пояснення – чому саме ці 2 види обрано для біоіндикації, адже не доведена саме їх чутливість для досліджень якості дегестату?

4. Пункт 3.1 Розділу 3 під назвою «Аналіз переваг та недоліків концепцій замкнутого та відкритого біологічного конвеєра для очищення поверхневих та стічних вод» доцільно було б навести у Розділі 1.

5. У роботі зустрічаються описки «схожість», а не «проростання», «ячмінь ярий» та інші.

б. Тлумачення «Найбільший вміст у відпрацьованій біомасі кальцію і значний вміст сірки (ці елементи є олігоелементами, необхідними для збалансованого живлення рослин), внесення яких в складі добрив доцільне»... є сумнівним. Оскільки, сірка ($11.713^{\pm 0.101}$) та високий вміст кальцію ($45.131^{\pm 0.112}$) призводять до фізіологічних розладів рослин.

7. Загальні висновки до дисертації

Дисертаційна робота Баландюха Юрія Андрійовича «Утилізація надлишкової біомаси гідробіонтів в технологіях біологічного очищення поверхневих вод» є самостійною завершеною науковою працею, яка виконана у відповідності до вимог п.п. 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань» та направлена на отримання нових обґрунтованих експериментальних і теоретичних результатів, які відіграють важливу роль в забезпеченні регіональної екологічної безпеки.

На основі вищесказаного можна зробити висновок, що дисертація за актуальністю, новизною теоретичних та експериментальних результатів, високим рівнем проведених досліджень відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор Баландюх Юрій Андрійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент:

начальник навчально-наукового інституту
цивільного захисту Львівського державного
університету безпеки життєдіяльності,
доктор технічних наук, доцент
« 28 » 04 2021 р.



Василь ПОПОВИЧ

Підпис Василя Поповича засвідчую:

Учений секретар Львівського державного
університету безпеки життєдіяльності,
кандидат історичних наук, доцент
« 29 » 04 2021 р.



Роман ЛАВРЕЦЬКИЙ