

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу**

**Чубур Вікторії Сергіївни**

**«ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЯХ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ»,**

**подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183**

**– Технології захисту навколишнього середовища**

- **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Використання переваг розвитку методів переробки органічних відходів з виробництвом енергії сприяє пом'якшенню проблем, пов'язаних з остаточною утилізацією відходів, що є глобальною тенденцією, яка набуває все більшого застосування. Виробництво біогазу одна з екологічно чистих технологій виробництва відновлювальної енергії. Заразом біогазові технології дають можливість зменшення залежності від викопних видів палива, шляхом анаеробного зброджування органічних відходів з виходом біогазу та отримання органічних добрив.

Знайомство з дисертацією здобувача дозволяє визначити, що дисертаційна робота спрямована на розробку технологічних рішень переробки відходів шляхом анаеробного зброджування з отриманням енергетичного ресурсу та зменшуючи техногенне навантаження перетворюючи органічні відходи з залученням мінеральних як добавок в біопродукти.

Робота виконана на кафедрі екології та природозахисних технологій Сумського державного університету згідно плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НДР «Оцінка техногенного навантаження регіону за зміни промислової інфраструктури» згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України (№ державної реєстрації 0121U114478); «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики» (№ держреєстрації

0116U006606), у межах спільного українсько-чеського науково-дослідного проєкту "Біоенергетичні інновації в рециклінгу відходів та раціональному використанні природних ресурсів" на 2021-2022 рр. (Державний номер реєстрації: 0121U113753).

### **Оцінка наукового рівня дисертації і наукових публікацій здобувача.**

Наукові положення і теоретичні висновки в дисертаційній роботі є достатніми і послідовним чином обґрунтованими. Для їхнього одержання автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, з використанням вітчизняних та зарубіжних джерел.

Достовірність отриманих наукових результатів та висновків забезпечується інтегрованим підходом до вирішення наукових та практичних задач, та забезпечується використанням сучасних та апробованих методів досліджень. Експериментальні дослідження проводилися з використанням міжнародних лабораторних стандартних методик для експериментів анаеробного зброджування та методик проведення хімічного аналізу. Також було використано сучасні методи дослідження, зокрема ICP-MS аналіз, моделювання процесів за допомогою штучних нейромереж.

Результати власних досліджень підкріплені автором публікаціями у фахових рецензованих журналах. За матеріалами дисертації опубліковано 30 наукових праць, зокрема 11 публікацій, з яких 4 – у наукових фахових виданнях України, 7 – у наукових виданнях, що індексуються наукометричними базами даних Scopus та Web of Science, 17 тез у матеріалах науково-практичних конференцій, отримано 1 патенти України на корисну модель. Результати дисертаційної роботи представлені та обговорені в межах наукової дискусії на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях. Отже, науковий рівень дисертаційної роботи та публікацій за темою дисертації відповідає кваліфікаційним критеріям ступеня доктора філософії.

### **Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:**

- вперше визначено вплив на процес утилізації органічних відходів

фосфогіпсу як мінеральної добавки під час електроферментації та ультразвукової обробки з обґрунтуванням механізмів синергетичної дії на газо-рідинну та тверду фазу зброджуваних відходів, що дозволяє підвищити якість біогазу як енергоресурсу та екологічну безпечність дигестатів із покращенням біодоступності компонентів мінерального живлення;

– вперше експериментально встановлено рівні дозування мінеральної добавки фосфогіпсу в процесі обробки органічних відходів різного походження для підвищення ефективності анаеробного збродження;

– набув подальшого розвитку еколого-синергетичний підхід до процесів використання фосфогіпсових відходів як мінеральної добавки в напрямку інтенсифікації анаеробного збродження з отриманням екологічно безпечного енергетичного ресурсу та корисних біопродуктів.

#### **Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:**

– розроблена система енерготехнологічних рішень захисту навколишнього середовища в замкнутому циклі виробництва корисних біопродуктів, зокрема, шляхом генерації зеленої енергії та переробки відходів різного генезису на основі еколого-синергетичного підходу;

– патент на спосіб одержання біопалива та біодобрив з органічних відходів на основі вторинних ресурсів;

– розроблено практичні рекомендації щодо впровадження у виробництво технології одержання органо-мінерального добрива на основі твердо фазного продукту ферментації в поєднанні з фосфогіпсом, як відходом хімічного виробництва, проведеними на базі Сумського НДІ «МІНДІП» (підтверджено акт впровадження від 15 вересня 2022 року) м. Суми та СП «ТЕХНОПОЛІС» (підтверджено акт впровадження від 1 жовтня 2022 року)

– результати дослідження впроваджено в навчальний процес під час викладання дисциплін «Техноекологія», «Біотехнології в промисловості» та «Інноваційні підходи до розроблення технологій захисту довкілля».

#### **Завершеність дисертації в цілому**

Дисертаційна робота Чубур В. С. є завершеною науковою працею, яка складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 101 найменування на 11 сторінках, та 6 додатків на 20 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить 154 сторінки, з яких основного тексту – 102 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, визначено її зв'язок з науковими програмами та темами, сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, перераховано основні положення і закономірності, отримані автором. Наведено інформацію про апробацію результатів досліджень і публікації, що висвітлюють основні положення дисертаційної роботи.

Перший розділ (с. 27–49) присвячено аналізу сучасних тенденцій досліджень інтенсифікації виробництва біопалива, екологічної ситуації в енергетичному секторі та поводженні з фосфогіпсом з визначенням альтернативних рішень використання. Кластерним аналізом визначено основні напрями розвитку у галузі біоенергетики та екологічно безпечного використання фосфогіпсу в промисловості. Розроблено концепцію поводження з фосфогіпсом на засадах синергетичної дії в процесах інтенсифікації анаеробного збродження органічних відходів, в межах якої запропоновано біохімічну переробку фосфогіпсу.

У другому розділі дисертації (с. 50–78) Чубур В. С. наводить прогнозну оцінку використання відходів з органічним компонентом в якості субстрату для анаеробного бродіння за аналізом статистичних даних щодо утворення відходів в Україні та побудований прогноз на період з 2021 по 2026 роки. Здобувачем описані методи та методики досліджень із використанням сучасного аналітичного обладнання для аналізу мас-спектрометрії, методик контролю параметрів введення процесу обробки відходів, якісного та кількісного складу біогазу та моделювання інтенсифікації процесів обробки за допомогою нейромережевої реалізації Data Mining. Розроблено експериментально-методичний комплекс для реалізації процесів утилізації відходів в енергетичних цілях з використанням

комбінації методів еколого-біохімічних досліджень зразків відходів та отриманих продуктів на їхній основі в біоенергетичних технологіях.

У третьому розділі дисертації (с. 79–95) Чубур В. С. на основі експериментальних досліджень проводиться моделювання процесу інтенсифікації анаеробного збродження органічних відходів разом з фосфогіпсом під час електроферментації. Досліджено вплив сумісної дії ультразвукової обробки та фосфогіпсової добавки на процес анаеробного збродження. Здійснено порівняння параметрів та аналіз процесів анаеробного бродіння з фосфогіпсом за різних видів фізико-хімічної обробки. Проведений Чубур В. С. аналіз комплексного біопрепарату на основі дигестату із фосфогіпсом порівняно з дигестатом без добавки виявив збільшені концентрації калію, кальцію, кремнію, сірки та алюмінію, що дає можливість використання біопрепаратів на ґрунтах, що потребують відновлення родючості та біостимулювання розвитку корисної ґрунтової біоти.

У четвертому розділі (с. 96–122) автором розроблено науково-практичне обґрунтування інтенсифікації процесів анаеробної конверсії в біоенергетичних технологіях органічних відходів разом із вторинним мінеральним ресурсом фосфогіпсу, що базується на взаємодії біохімічних та фізико-хімічних процесів стимулювання розвитку окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів за принципами еколого-синергетичного підходу. Здобувачем розроблено метод біохімічної переробки фосфогіпсу разом з органічними відходами для виробництва біопалива та експериментально визначила напрями використання фосфогіпсу в системі оптимізації біоенергетичних технологій переробки відходів.

**У висновках** наведені найбільш важливі наукові та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі.

#### **Редакційний аналіз**

Дисертація оформлена відповідно до вимог МОН України.

#### **5. Зауваження до дисертаційної роботи**

**До роботи є такі зауваження:**

У цілому робота виконана та написана на досить високому рівні та не має



принципових зауважень, але були виявлені незначні стилістичні помилки, друкарські описки, неоднозначності перекладу термінів. Вказані зауваження не є принциповими щодо суті роботи й стосуються оформлення роботи в цілому та не зменшують наукової цінності дисертації.

Розглядаючи матеріал дисертації, виникли окремі запитання та зауваження, а саме:

1. Чи варто розглядати як перспективний компонент сировини для біогазових установок перепелиний послід?
2. У дисертаційному дослідженні показано можливість фіксації важких металів в нерозчинну фракцію для підвищення екологічної безпеки отриманих дигестатів, яким чином забезпечується ефективність сорбції?
3. Який інокулят було взято для проведення експериментів анаеробного збродження відходів та як здійснювали аналіз складу консорціуму метаногенів?
4. Чи здійснювали масштабування процесу електроферментації відходів для подальшого впровадження на виробництво?
5. Не зовсім зрозуміла таблиця 2.4 (с.60), якщо маса сухих речовин складає 40,85 (мабуть %, не вказано), то як може загальна кількість твердих речовин складати 94,52%? Виходить занижкий вміст води в канарковій траві (всього 6%)? Не зрозуміле формулювання терміну «летючі тверді речовини», поясніть.
6. В кінці кожного розділу слід було привести посилання на публікації дисертантки, в яких приведена основна інформація, відображена у розділі.
7. Яку інформацію можна почерпнути з рис.4.4. і рис.4.5?

#### **6. Загальні висновки до дисертації**

Наведені недоліки не змінюють загального позитивного враження від дисертаційної роботи.

Дисертація є одноособово створеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить сукупність результатів та наукових положень, поданих авторкою для

публічного захисту, має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора в науку. Тематика досліджень відповідає вимогам спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища. Загальні висновки Загалом дисертаційна робота **Чубур Вікторії Сергіївни «Екологічно безпечна утилізація відходів в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля»** є завершеною науковою працею, що спрямована на отримання нових науково обґрунтованих теоретичних та експериментальних результатів, які в сукупності є суттєвими для поліпшення стану навколишнього природного середовища.

Автором досліджено та розроблено формалізовану модель синергетичної дії електроферментації разом із добавкою фосфогіпсу на процес утилізації органічних відходів з урахуванням факторів, що впливають на стан активності метаногенної асоціації мікроорганізмів та показниками екологічної безпеки дигестату, науково-практично обґрунтовано застосування ультразвукової попередньої обробки фосфогіпсу в біопереробці органічних відходів з одержанням корисних екологічно-безпечних біопродуктів.

Дисертація відповідає вимогам, які встановлені до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії згідно вимогам п. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., а **Чубур Вікторія Сергіївна** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

Доцент кафедри екології  
та природоохоронних технологій  
Одеського національного технологічного  
університету, кандидат технічних наук

Ольга САГДЕБА

