

РЕЦЕНЗІЯ

**Офіційного рецензента кандидата біологічних наук, доцента
кафедри екології та природозахисних технологій**

Сумського державного університету,

Кузьміної Тетяни Миколаївни

**на дисертаційну роботу здобувача ступеня доктора філософії за
спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища
Чубур Вікторії Сергіївни на тему: «Екологічно безпечна утилізація
відходів в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля», поданої
на здобуття ступеня доктора філософії**

Актуальність теми дисертаційної роботи

Переробка органічних відходів з виробництвом енергії є раціональним способом вирішення проблем, пов'язаних з утилізацією відходів. Це – важлива складова розвитку відновлюваної енергетики та забезпечення енергоефективності для створення нових економічних можливостей і зменшення антропогенного навантаження на довкілля. Виробництво біогазу є екологічно чистою технологією виробництва відновлювальної енергії, яка зменшує залежність від викопних видів палива.

Технологія отримання біогазу шляхом анаеробного зброджування є енергоефективною та, в разі інтенсифікації методів анаеробної переробки органічних відходів, може стати ефективнішою екологічно чистою формою виробництва відновлюваної енергії.

Дисертаційна робота Чубур В. С. виконана відповідно до плану наукових досліджень кафедри екології та природозахисних технологій СумДУ і є складовою частиною таких науково-дослідних робіт (НДР): «Оцінка техногенного навантаження регіону за зміни промислової інфраструктури» (2021-2023 рр.), «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики» (2019-2021 рр.) згідно з науково-

технічною програмою Міністерства освіти і науки України, а також спільного українсько-чеського НДР «Біоенергетичні інновації в рециклінгу відходів та раціональному використанні природних ресурсів» (2021-2022 рр.).

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Основні положення і теоретичні висновки, викладені дисертаційній роботі, є обґрунтованими та містять нові відомості. Структурування, виклад матеріалу і оформлення роботи здійснено відповідно до вимог до праць на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

У рамках наукового дослідження було реалізовано серію експериментів, з визначеними технологічними та режимними параметрами у кожному досліді. Результати були опрацьовані та проаналізовані з метою прийняття рішень для біохімічної та математичної формалізації, з урахуванням критеріїв оптимізації, на основі кінетики процесів. Окрім цього, було проведено формалізацію закономірностей впливу попередніх обробок та фосфогіпсу як вторинного ресурсу на процес анаеробного зброджування та визначення величини констант процесів з урахуванням впливу біотичного компоненту.

Достовірність результатів досліджень підтверджується використанням сучасних методів досліджень та стандартів:

- аналіз компонентного складу методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою;
- проведення лабораторних досліджень органічного зброджування відповідно до стандартів ЄС у цій галузі;
- дотримання ЄС нормативів регулювання вмісту хімічних елементів у дигестатах як органічному добриві;
- мікроскопування кінцевого продукту біопереробки з використанням міжнародних інформаційних баз даних;

– нейромережева реалізація математичних моделей анаеробних процесів із нелінійною складовою.

Висновки та наукові положення, сформульовані у дисертації, мають логічний зв'язок з отриманими результатами та є обґрунтованими. Вони цілком відповідають меті та завданням дослідження.

Наукова новизна результатів дослідження.

– вперше було обґрунтовано процес інтенсифікації електроферментації органічних відходів під час використання фосфогіпсу як мінеральної добавки шляхом визначення механізмів зв'язування шкідливих компонентів в біогазі та дигестаті;

– вперше було обґрунтовано процес інтенсифікації анаеробного зброджування органічних відходів за допомогою фосфогіпсу як мінеральної добавки із попередньою ультразвуковою обробкою шляхом визначення механізмів підсилюючої дії на газо-рідинну та тверду фазу зброджуваних відходів із підвищенням виходу біогазу та покращенням біодоступності компонентів мінерального живлення за еколого-трофічними ланками анаеробної системи;

– експериментально встановлено дозування завантаження із фосфогіпсу під час анаеробного зброджування різних типів органічних відходів;

– отримав подальший розвиток еколого-синергетичний підхід до процесів сумісного впливу мінеральних компонентів фосфогіпсу із застосуванням фізико-хімічних методів інтенсифікації анаеробного зброджування.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

У рамках дослідження отримано практично значущі результати, зокрема розроблено систему технологічних рішень, спрямованих на захист навколишнього середовища в замкнутому циклі генерації зеленої енергії та

переробки відходів різного генезису на основі еколого-синергетичного підходу. Отримано патент на спосіб одержання біопалива та біодобрив з органічних відходів, що дозволяє отримати біогаз з високим вмістом метану та біодобриво, збагачене доступною добавкою на основі вторинних ресурсів. Методичний підхід до реалізації концепції «зеленої» енергетики в процесах утилізації органічних відходів з отриманням біогазу та біокомпозитів, спосіб інтенсифікації виробництва біогазу в технологіях адаптації до змін клімату для досягнення стабільного розвитку екосистем в умовах високого рівня техногенного навантаження упроваджено в навчальний процес кафедри екології та природоохоронних технологій Сумського державного університету в дисциплінах «Техноекологія», «Біотехнології в промисловості» та «Інноваційні підходи до розроблення технологій захисту довкілля».

На основі досліджень, проведених на базі Сумського НДІ «МІНДІП» (підтверджено актом впровадження від 15 вересня 2022 року) та СП «ТЕХНОПОЛІС» (підтверджено актом впровадження від 1 жовтня 2022 року), розроблено рекомендації щодо реалізації виробничої технології для отримання твердофазного продукту ферментації органо-мінерального добрива з використанням анаеробного дигестату та фосфогіпсу як відходу хімічного виробництва.

Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях, апробація одержаних результатів.

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 30 наукових працях, серед них: 11 публікацій у фахових виданнях, у тому числі: 7 статті у наукових виданнях, що індексуються наукометричними базами даних Scopus та Web of Science; 4 статті у виданнях, що входять до наукових видань, включених до переліку наукових фахових видань України; 17 тез доповідей на Всеукраїнських та Міжнародних науково-практичних конференціях; 1 патент на корисну модель України, 1 розділ в науковому виданні, що індексуються в Scopus. Сукупність усіх публікацій відображає викладені в

дисертації результати дослідження.

Результати дисертаційної роботи представлені та обговорені на науково практичних конференціях: «E3S Web of Conferences. Second International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters» (2021), XXIII Міжнародна науково-практична конференція «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво» (Харків, 2020), 6-й Міжнародний молодіжний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (Львів, 2021), VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» (Суми, 2021), «4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange» (Львів, 2021), «2nd International Scientific Conference on Ecological and Environmental Engineering» (Wrocław, 2021), «VIII Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю» (Вінниця, 2021), «2nd Multidisciplinary Conference for Young Researchers» (Суми, 2021), «II Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» (Полтава, 2021), III міжнародний науковий симпозіум «Сталий розвиток – стан та перспективи» (Львів – Славське, 2022), IX Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» (Суми, 2022), «Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки» (Рівне, 2022), «Innovative Cross-Sectoral Technologies» (Bucharest, 2022), «ISB-INMA TEN' 2022 International Symposium. Agricultural and mechanical engineering» (Bucharest, 2022), Міжнародна науково-практична конференція за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2022» (Харків, 2022), VI Міжнародна науково-практична конференція «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво» (Шостка, 2022), Міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» (Дніпро, 2022).

Структура та зміст дисертації.

Дисертацію викладено на 154 сторінках українською мовою. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 101 найменування на 11 сторінках, та 6 додатки на 20 сторінках, містить 58 рисунків та 11 таблиці.

Розділ 1 «Аналітичний огляд технологічних процесів поводження із відходами різного генезису в енергетичних цілях». У розділі досліджуються технології біоенергетичного рециклінгу відходів з метою зменшення техногенного навантаження на довкілля. Автор порівнює стратегії поводження з органічними відходами та фосфогіпсом визначаючи технологічні рішення для їх переробки. Також вивчається моделювання кластерних взаємозв'язків біоенергетики з метою захисту навколишнього середовища та альтернативних рішень поводження з фосфогіпсом.

Розділ 2 «Об'єкт та методи дослідження». У розділі автор дає характеристику використаних методів дослідження при виконанні лабораторної науково-дослідної роботи, докладно описані всі використані лабораторні установки та методики досліджень та моделювання.

Розділ 3 «Експериментальне дослідження процесів інтенсифікації сумісної обробки відходів в енергетичних цілях». В розділі описано дослідження інтенсифікації виробництва біогазу за допомогою електроферментації та процесу ультразвукової попередньої обробки органічних відходів разом із фосфогіпсом із застосуванням нейромережевого моделювання. Окрім того, порівняно характеристики комплексного біопрепарату на основі дигестату (органічного добрива) із фосфогіпсом порівняно з дигестатом без добавки. Збільшені концентрації певних елементів дають можливість використання біопрепаратів на ґрунтах, що потребують відновлення.

Розділ 4 «Науково-практичне обґрунтування сумісної утилізації відходів на засадах еколого-синергетичного підходу». Проаналізовано еколого-синергетичні засади інтенсифікації анаеробного зброджування за допомогою

фосфогіпсу в біоенергетичних технологіях. Розглянуто аспекти синергетичної дії фосфогіпсу, як мінеральної добавки, та електролізу в процесі електроферментації органічних відходів, а також дії ультразвукової обробки та фосфогіпсу, як мінеральної добавки, в процесі анаеробного зброджування, з науково-теоретичним обґрунтуванням доцільності залучення фосфогіпсу в біоенергетичні технології переробки органічних відходів.

Висновки, сформульовані у 7 пунктах відповідно до поставлених завдань, є обґрунтованими і логічно впливають з одержаних результатів.

Дані про відсутність текстових запозичень та порушень академічної доброчесності.

За результатами перевірки та аналізу матеріалів дисертації не було виявлено ознак академічного плагіату, фальсифікації (Протокол перевірки роботи на плагіат системою StrikePlagiatism. Sumy State University від 21.11.2021р.). Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не мають ознак плагіату. Подані до захисту наукові досягнення є власними напрацюваннями дисертанта. Матеріали дисертації викладено українською мовою, з дотриманням наукового стилю написання. Матеріали ілюстровані рисунками і таблицями.

Зауваження щодо оформлення та змісту дисертації

Принципових недоліків, які стосуються структури, змісту, обсягу оформлення дисертації Чубур В. С. немає, проте є окремі зауваження:

1. Доцільно було б дотримання однакового стилю представлення графіків для єдиного способу порівняння даних (с.81, 86, с. 79, 87, 91).
2. Робота потребує додаткового орфографічного форматування, а саме узгодження перекладу терміну дигестат (с. 24, с. 23).

Після ознайомлення з дисертаційною роботою виникли наступні запитання:

1. Чи враховували ймовірнісну природу зміни вхідних параметрів під час статистичного аналізу експериментальної інформації в нейромережевому моделюванні інтенсифікації процесів обробки відходів з отримання біогазу?

2. Як з Рис.4.1 можна зробити висновок, який робить автор «під впливом електричного струму токсичні або нерозкладні речовини окислюються до біорозкладних або повністю окиснюються до CO_2 і H_2O »?

3. У дисертації, стр.116, цілком правильно зауважено щодо необхідності зменшення вологовмісту дигестату перед використанням його у агротехнологіях, але не вказується, яким методом проводити це зневоднення.

4. Яким чином було обґрунтовано вибір діапазону внесення мінеральної добавки фосфогіпсу в процесі анаеробного зброджування органічних відходів?

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація Чубур Вікторії Сергіївни на тему «Екологічно безпечна утилізація відходів в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля», є завершеним дослідженням, яке за актуальністю, методичними підходами, обсягом аналізу та повнотою викладу положень синергетичних ефектів містить підхід до вирішення актуальної проблеми та має значення для спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища.

Здобувач у повному обсязі виконав наукову та освітню складові відповідно до індивідуального плану підготовки здобувача ступеня доктора філософії.

Дисертаційна робота відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії згідно з вимогами «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.

На основі вищесказаного можна зробити висновок, що Чубур Вікторія Сергіївна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

Доцент кафедри екології
та природозахисних
технологій, к.б.н.



Кузьміна Т.М.

Підпис Кузьміної Т.М.
засвідчую
проф. Фраківець Відділу кадрів
Григоренко А.А.

