

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. Впровадження сучасних та ефективних рішень, до яких відноситься і трансформація відходів в енергетичні ресурси, є важливим для сталого розвитку, мінімізації впливу на навколишнє середовище та виробництва відновлюваної енергії.

Технічні рішення біогазового виробництва є одним із елементів кругової циркулярної біоекономіки та стратегічним засобом одночасного управління відходами і виробництва відновлюваної енергії, палива та біодобрив. Нові біогазові рішення збільшують цінність біологічних відходів сировини за умов декарбонізації енергетики, водночас із одержанням цінного органічного продукту із відходів, який може застосовуватись як добриво.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми - зниження рівня техногенного навантаження на довкілля із використанням технологічних рішень щодо утилізації відходів в анаеробних системах.

Здобувач є співвиконавцем комплексної науково-дослідної роботи кафедри екології та природоохоронних технологій Сумського державного університету «Оцінка техногенного навантаження регіону за зміни промислової інфраструктури» згідно із 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) та українсько-чеського науково-дослідного проєкту "Біоенергетичні інновації в рециклінгу відходів та раціональному використанні природних ресурсів" на 2021-2022 рр. (Державний номер реєстрації: 0121U113753).

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Аналіз наукового дослідження, викладеного в роботі, свідчить про його теоретико-методологічну обґрунтованість, достатність і достовірність. Одержані результати відповідають положенням та меті дисертаційного дослідження та його завданням і переконливо представлені у висновках до розділів та загальних висновках дисертації.

У дослідженні органічно поєднані результати сучасних досягнень систематизації інформації методом моделювання, експериментальних досліджень за стандартними методиками, а також результати нейромережевого моделювання отриманих лабораторних результатів.

Обробка результатів досліджень здійснювалась за допомогою комп'ютерної техніки із використанням пакетів програм Excel Microsoft, VOSviewer та STATISTICA Automated Neural Networks (SANN).

Наукова новизна результатів дослідження. Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в тому, що дисертанткою запропоновано теоретичне обґрунтування процесів синергетичної дії мінеральних компонентів фосфогіпсу разом із фізико-хімічними методами інтенсифікації анаеробної обробки органічних відходів. В результаті проходження метаногенезу отримують енергетичний ресурс та екологічно безпечне добриво на основі дигестату. Уперше проведено обґрунтування впливу процесу сумісного стимулюючого впливу мінеральної добавки фосфогіпсу та електроферментації на показники ефективності утилізації органічних відходів в енергетичних цілях із підвищенням виходу біометану та зв'язуванням токсичних компонентів в біогазі та дигестаті. Уперше виявлено вплив чинників синергетичної дії ультразвукової обробки фосфогіпсу разом із органічними відходами на покращення біодоступності компонентів живлення для еколого-трофічних груп мікроорганізмів в процесі анаеробного зброджування. На підставі проведених експериментальних досліджень встановлена оптимальна концентрація фосфогіпсу під час анаеробного зброджування кількох типів органічних відходів рослинного та тваринного походження у мезофільному режимі.

Теоретична та практична значущість результатів дослідження. У рамках дослідження було створено систему технологічних рішень, що забезпечує захист навколишнього середовища в замкнутому циклі. Одним із ключових елементів є генерація зеленої енергії та переробка відходів різного генезису із використанням еколого-синергетичного підходу. Крім того, отримано патент на спосіб виробництва біопалива та біодобрив із органічних відходів на основі вторинних ресурсів. Результати дослідження упроваджено в навчальний процес кафедри прикладної екології Сумського державного університету як методичний підхід щодо реалізації концепції "зеленої" енергетики в процесах утилізації відходів із отриманням біогазу та біокомпозитів для досягнення стабільного розвитку екосистеми в дисциплінах «Техноекологія», «Біотехнології в промисловості» та «Інноваційні підходи до розроблення технологій захисту довкілля». Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження у виробництво технології одержання твердофазного продукту ферментації органічно-мінерального добрива із анаеробного дигестату в поєднанні із фосфогіпсом, як відходом хімічного виробництва, на основі аналізу досліджень, проведених на базі Сумського НДІ «МІНДІП» м. Сум та СП «ТЕХНОПОЛІС».

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій у наукових публікаціях, захищених за темою дисертації. Дисертаційна робота Чубур В.С. є результатом наукових досліджень автора в області

підвищення рівня технологічних рішень утилізації відходів в анаеробних системах отримання енергетичного ресурсу та корисних біопродуктів із зниженням техногенного впливу на довкілля. Проведений аналіз публікацій дозволяє стверджувати про те, що вони достатньою мірою відображають результати дисертаційного дослідження. Основні результати опубліковані у 30 наукових працях, серед них: 11 публікацій у фахових виданнях, у тому числі: 7 статей 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 індексований у базі даних Scopus. Особистий внесок здобувача у виконання дисертаційної роботи підтверджується представленими документами.

Праці Чубур В. С. відповідають п.11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167.

Проведені у дисертації розробки пройшли апробацію на конференціях різного рівня, де доповідались основні положення та результати дослідження.

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

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 сторінок, 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 та закономірності, отримані автором. Наведено інформацію про апробацію результатів досліджень і публікації, що висвітлюють основні положення дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячено аналізу сучасних тенденцій досліджень виробництва біопалива та методів його інтенсифікації, аналізу екологічної ситуації в енергетичному секторі, аналізу впливу фосфогіпсу на навколишнє середовище та пошуку альтернативних рішень його використання, в тому числі, в енергетичному секторі. Кластерним аналізом визначено основні дослідження у галузі біоенергетики та використання фосфогіпсу в промисловості. Розроблено концепцію комплексного біохімічного підходу до питань поводження з фосфогіпсом, в рамках якої запропоновано його

біохімічну переробку із використанням біопроцесів та нових біотехнологічних рішень щодо переробки фосфорної сировини.

У **другому розділі** наведено оцінку перспектив використання відходів із органічним компонентом як субстрату для анаеробного бродіння на основі аналізу статистичних даних щодо утворення відходів в Україні. Побудований прогноз на період з 2021 по 2026 роки. Здобувачем описані методи та методики досліджень із використанням сучасного аналітичного обладнання для аналізу:

1. мас-спектрометрія (ISP-MS);
2. кількісні та якісні методи аналізу складу речовини (портативний газометр для вимірювання композиції біогазу Geotech BIOGAS5000);
3. моделювання нейромережевої реалізації Data Mining.

Розроблено експериментально-методичний комплекс для реалізації процесів утилізації відходів в енергетичних цілях із використанням комбінації методів еколого-біохімічних досліджень утилізації відвальних матеріалів в біоенергетичних технологіях переробки органічних відходів.

У **третьому розділі** наведено експериментальні дослідження та моделювання процесу інтенсифікації анаеробного зброджування органічних відходів разом із фосфогіпсом під час електроферментації. Досліджено вплив сумісної дії ультразвукової обробки та добавки фосфогіпсу на процес анаеробного зброджування. Здійснено порівняння параметрів та аналіз процесів анаеробного бродіння із фосфогіпсом за різних видів попередньої фізико-хімічної обробки. Автором проведений аналіз комплексного біопрепарату на основі дигестату із фосфогіпсом порівняно із дигестатом без добавки, який виявив збільшені концентрації калію, кальцію, кремнію, сірки та алюмінію, що дає можливість використання біопрепаратів для внесення в ґрунти, які потребують відновлення родючості та біостимулювання розвитку корисної ґрунтової біоти.

У **четвертому розділі** автором розроблено науково-практичне обґрунтування інтенсифікації процесів анаеробної трансформації в біоенергетичних технологіях із використанням мінеральних ресурсів фосфогіпсу. Обґрунтування базується на взаємодії біохімічних та фізико-хімічних процесів, що сприяє розвитку окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів за принципами еколого-синергетичного підходу. Автор розробила метод біохімічної переробки фосфогіпсу разом із органічними відходами для виробництва біопалива та зазначила, що використання фосфогіпсу може бути важливим елементом в оптимізації біоенергетичних технологій переробки відходів.

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

Рекомендації щодо впровадження результатів дисертації. Коло практичних застосувань результатів роботи не обмежується розглянутими в ній упровадженнями. Результати, які були одержані автором роботи, можуть бути використані в енергетичній галузі, в агротехнологіях, в технологіях

утилізації відходів.

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

1. Як практично використовувались результати моделювання кластерів напрямів досліджень (рис.1.6 – 1.8)?
2. Стверджувати до якого класу небезпеки відноситься фосфогіпс (стор.65) недоцільно, клас його небезпеки давно встановлений.
3. Таблиця 2.8. незрозуміла. Який виходячи із неї склад сировини, скільки складів сировини досліджувалось, чому назви стовпців в таблиці дублюються?
4. Як відомо промислові УЗ кавітатори відсутні, а в лабораторних можна проводити обробку середовищ в малих, лабораторних об'ємах. Який тоді зміст проведення досліджень впливу УЗ на ефективність синтезу біогазу?
5. Чому для досліджень як рослинну сировину вибрано такий ексклюзивний вид як «канаркова трава»? Вона широко розповсюджена у Сумській області?
6. Про ефективність застосування дигестату можна судити на основі аналізу даних біоіндикаційних досліджень, які на жаль не проводились.
7. Приведені на рис. 3.16 концентрації важких металів та небезпечних елементів в дигестаті слід було порівняти із ГДК, інакше наведена інформація ні про що не свідчить.

Наведені зауваження мають окремий характер, не знижують достатньо високий науковий рівень дисертаційної роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України до присвоєння наукових ступенів. У цілому дисертаційна робота Чубур Вікторії Сергіївни «Екологічно безпечна утилізація відходів в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля» 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: підвищення рівня технологічних рішень утилізації відходів в анаеробних системах із отриманням енергетичного ресурсу та корисних біопродуктів та із зниженням техногенного впливу на довкілля.

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 (із змінами, внесеними від 31.05.2019) та вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії (PhD) згідно вимог 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.

Вважаю, що дисертаційна робота задовольняє вимогам МОН України, а її автор Чубур Вікторія Сергіївна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

Завідувач кафедри “Екологія
та збалансоване природокористування”
Національного університету
“Львівська політехніка”,
д.т.н., професор Мирослав МАЛЬОВАНИЙ

Підпис Мальованого М.С. посвідчую:
Вчений Секретар Національного
Університету “Львівська політехніка”



Роман БРИЛИНСЬКИЙ