

## Відгук

офіційного опонента Гаширева Олександра Борисовича  
на дисертаційну роботу Кулічкової Ганни Іванівни на тему  
«РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ  
ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ», представлену на здобуття наукового ступеня  
доктора філософії зі спеціальності 091 - Біологія

### *Актуальність обраної теми та зв'язок з науковими програмами.*

В Україні спостерігається рух в напрямку розвитку екологічно чистої енергетики на основі нетрадиційних та відновлюваних джерел, що визначено Законами України «Про альтернативні види палива», «Про охорону навколишнього середовища», «Про охорону атмосферного повітря», Програмою державної підтримки розвитку використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії. Біоетанольні заводи України входять в систему локальних кластерів переробки буряку та кукурудзи. Проблема утилізації залишку від переробки мелясної барди (вінаси) біоетанольних заводів є доволі гострою. Вінаса накопичується на полях фільтрації, які стають джерелом забруднення поверхневих водойм та повітря, особливо в теплу пору року. Такий спосіб утилізації, окрім шкоди довкіллю, приносить прямі збитки для виробників.

Дисертанткою запропонована технологія утилізації відходів з отриманням біогазу, який може служити альтернативним паливом для самозабезпечення енергією заводів біоетанолу і таким чином отримати подвійний позитивний ефект.

З огляду на вище сказане, вважаю роботу Кулічкової Ганни Іванівни актуальною.

Дисертаційна робота виконана у рамках Проекту цільової програми наукових досліджень НАН України «Розроблення технології виробництва енергоносіїв та органічних добрив із рослинної сировини» (№ держреєстрації 0118U005321) та перспективного тематичного плану «Розроблення технології отримання біогазу та органічних добрив із відходів виробництва біоетанолу» (№ держреєстрації 0119U101434).



***Повнота викладу у фахових виданнях та апробація основних результатів.***

Робота пройшла апробацію на наукових конференціях, основні положення дисертації викладено у 19 публікаціях, в тому числі 2 статті у наукових фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у міжнародних періодичних наукових виданнях, що індексуються у наукометричних базах, 12 тез доповідей наукових конференцій, в тому числі і міжнародних, патент на винахід, патент на корисну модель.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням. Узагальнення та інтерпретація отриманих результатів проведені здобувачкою на достатньому методичному рівні і відповідають первинній документації.

***Наукова новизна.*** Новизна наукових положень і результатів, отриманих особисто здобувачкою і поданих на захист, не викликає сумнівів.

Вперше науково обґрунтовано використання лігноцелюлозної біомаси як носія метаногенних мікроорганізмів для утримання їх у реакторі при ферментації вінаси.

Експериментально підтверджено вплив розмірів носія ко-субстрату на стабільність процесу ферментації.

З'ясовано, що лігноцелюлозна біомаса сорго у якості ко-субстрату та носія для іммобілізації метаногенів слугує ключовим фактором для підтримання стабільної метаногенної ферментації вінаси.

Визначені технологічні показники, за якими має здійснюватись контроль процесу ферментації вінаси.

***Практичне значення і перспективи роботи*** полягають у реальному впровадженні розробленої технології на діючих біоетанольних заводах України.

За результатами роботи та їх експериментальної перевірки у виробничих умовах розроблені рекомендації, які впроваджено у проектування промислових біогазових установок на ТОВ «Компанія «Еко-Енергія»» Сумської області, ДП

«Гайсинський спиртовий завод» та ДП «Тростянецький спиртовий завод» (Вінницька область).

Практичне значення отриманих результатів дисертаційної роботи підтверджено листами підтримки від зазначених підприємств.

**Зміст роботи.** Дисертаційна робота Кулічкової Ганни Іванівни побудована за загальноприйнятою схемою і включає анотацію, вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Перший розділ присвячено аналізу літератури за тематикою дисертаційної роботи, другий - характеристиці матеріалів і методів дослідження, аналізу експериментальних даних присвячені чотири розділи дисертації.

Дисертація викладена на 131 сторінках машинописного тексту. Текст ілюстровано 17 таблицями, 25 рисунком. У тексті дисертації міститься 8 додатків. Список використаних джерел містить 138 найменувань, з них – 53 кирилицею та 85 латиницею.

**У Вступі** розгорнуто викладено актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані об'єкт і предмет дослідження, мета та завдання, вказано на зв'язок дисертації з науковими програмами, планами і темами, розкриті наукова новизна та практичне значення одержаних у роботі результатів, відображені дані про апробацію результатів досліджень, публікації і структуру дисертаційної роботи, а також зазначено особистий внесок здобувачки.

**Розділ 1** «Огляд літератури» засвідчує різнопланове вивчення та аналіз дисертанткою відомостей щодо стану та потреб України у альтернативних видах палива, зокрема у біогазі. Дисертанткою розглянуто питання біометаногенезу як основного процесу анаеробного зброджування біомаси. Проаналізовано основні етапи метанового бродіння, субстрати для виробництва біогазу, які використовуються у світі та в Україні. Зазначено, що у процесах біометаногенезу вирішується не лише проблема відтворення енергії, – ці процеси надзвичайно важливі в екологічному плані, оскільки дозволяють вирішувати проблему утилізації та переробки відходів різних виробництв. Дисертанткою охарактеризовано проблеми з утилізацією відходів біоетанольних заводів.

Зазначено, що обсяг можливого енергопотенціалу за рахунок використання відновлюваних ресурсів біомаси становить близько 22 млн.т/рік, що становить приблизно 7 % загального використання первинних енергоресурсів в Україні.

**Розділ 2** «Матеріали та методи дослідження» містить характеристику використаних матеріалів та методів для виконання поставлених завдань. Представлено алгоритм моделювання основних технологій метанової ферментації безперервної, змінної та періодичної, використання експериментальних реакторів різного об'єму. Описано проведення метаногенної ферментації як у лабораторних умовах, так і у напівпромислових, максимально наближених до промислових умов. Використання статистичних методів підтверджує достовірність одержаних результатів.

**Розділ 3** «Використання біологічних субстратів для виробництва біоетанолу». У цьому розділі авторкою представлено фізико-хімічну характеристику відходів виробництва біоетанолу - вінаси та багаси цукрового сорго з позиції їх придатності для отримання біогазу. Визначено елементний склад субстратів для метаногенної ферментації вінаси та багаси сорго, порівнюються фізико-хімічні показники нативної та концентрованої вінаси.

**Розділ 4** «Вплив співвідношення та розміру часток рослинних субстратів на ефективність процесу метанової ферментації в лабораторних умовах» містить результати експериментального дослідження процесу метанової ферментації у реакторах різного об'єму, включаючи напівпромислову установку, максимально наближену до промислових масштабів. У розділі наведені результати порівняння анаеробного зброджування чистої вінаси та комплексного субстрату з вінаси та багаси цукрового сорго. Представлені результати процесу метаногенезу концентрованої до 40% сухих речовин вінаси у порівнянні з нативною, рідкою вінасою.

**Розділ 5** «Дослідження впливу летких жирних кислот (ЛЖК) на процеси метанової ферментації». Розділ присвячений дослідженню вмісту летких жирних кислот у культуральному середовищі протягом усього процесу анаеробного збродження. Головною метою при виробництві біогазу є утримання в

реакторі якнайбільше метаногенів. Проте, при надмірному накопиченні ЛЖК відбувається пригнічення метаболізму метаногенів, що припиняє синтез метану. Крім того, доведено, що для сталого протікання метаногенної ферментації важливим є розмір лігноцелюлозних частинок багаси сорго.

**Розділ 6** «Узагальнення результатів дослідження та рекомендації із організації процесу біоконверсії у промислових умовах». У цьому розділі наведений опис основних технологічних рішень комплексного перероблення рослинної енергетичної сировини (бурякової меляси, біомаси цукрового сорго) у енергоносії (біогаз). Надано принципову та технологічну схеми біогазового комплексу для утилізації вінаси з лігноцелюлозною сировиною. Зазначено, де розроблена технологія вже впроваджується у будівництві біогазових комплексів. Сформульовано практичні рекомендації для промислового впровадження на біоетанольних заводах, розрахована економічна ефективність впровадження біотехнології отримання біогазу з вінаси і лігноцелюлозного ко-субстрату на підприємстві з виробничою потужністю 30 тис. т етанолу/рік (приблизна потужність ДП «Гайсинський спиртзавод»).

**Висновки** роботи базуються на отриманих результатах та логічно впливають із аналізу фактичного матеріалу, опрацьованого та узагальненого авторкою. У Додатках наведений акт виготовлення і монтажу біогазової установки для опрацювання технології, технологічна схема біогазового комплексу для перероблення вінаси та соргової багаси, що призначена і готова для впровадження, та список публікацій дисертантки, що відповідає вимогам.

### **Зауваження та дискусійні питання щодо змісту та оформлення дисертації.**

В ході ознайомлення з дисертацією виник ряд зауважень:

1. Бажаним було б подання порівняльної компактної та зручної для перегляду таблиці щодо перспектив отримання виходу біогазу з різних субстратів.
2. Доречним було б дати більш детальний опис фізіології метаногенезу.
3. Варто було б дати більш детальний аналіз економічним перспективам впровадження розробленої біотехнології у національних масштабах.

Загалом дисертаційна робота оформлена відповідно до діючих правил і вимог. Вона написана зрозумілою мовою, логічна у побудові, науково наповнена за змістом.

### ***Висновок до дисертації.***

Робота Кулічкової Ганни Іванівни на тему «Розроблення технології отримання біогазу з відходів виробництва біоетанолу», є актуальною, цілісною та завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., а її авторка - Кулічкова Ганна Іванівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 091 - Біологія.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук,  
професор, завідувачий відділом  
біології екстремофільних мікроорганізмів  
Інституту мікробіології і вірусології  
ім. Д.К. Заболотного НАН України

Олександр ТАШИРЕВ

**Документ підписано у сервісі Вчасно (продовження)**  
Відгук Таширев\_25.10\_підпис.pdf

Документ відправлено: 15:58 24.11.2023

**Власник документу**

**Електронний підпис**

15:58 24.11.2023

Ідентифікаційний код: 2053607170

ТАШИРЕВ ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

Власник ключа: ТАШИРЕВ ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

Час перевірки КЕП/ЕЦП: 15:58 24.11.2023

Статус перевірки сертифікату: Сертифікат діє

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000AA5A3201463C9804

Тип підпису: удосконалений