

Відгук

офіційного рецензента Андріяш Ганни Сергіївни
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 останні роки в світі зростає зацікавленість промисловості у біопаливі та інших альтернативних джерелах енергії. Екологічно чиста енергетика на основі нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії розвивається і в Україні. Робота Кулічкової Ганни присвячена розробленню біотехнології біогазу з відходів виробництва біоетанолу – післяспиртової мелясної барди та лігноцелюлозної біомаси стебел цукрового сорго.

Біогаз цікавий простотою технології його отримання. При метаноутворенні можна використовувати відходи промислових виробництв як сировину і це є важливим фактором для розвитку технології біогазу. В дисертаційній роботі показано використання відходів біоетанольного виробництва як субстратів для отримання біогазу, обґрунтовано використання лігноцелюлозної біомаси як носія метаногенних мікроорганізмів, підтверджено вплив розмірів носія ко-субстрату на стабільність процесу ферментації та встановлено, що контроль процесу ферментації вінаси доцільно проводити за показником концентрації летких жирних кислот у ферментаційному середовищі. Також проведені дослідження підтверджують можливість безвідходного виробництва біоетанолу, що актуально для екологічної безпеки. За результатами роботи Кулічкової Г. були розроблені рекомендації, які впроваджено у проектування деяких промислових біогазових установок України. Використання такої технології біогазу з відходів рослинної сировини може дозволити підприємствам перейти на енергетичне самозабезпечення, особливо під час кризи в Україні. Тому вважаю роботу Кулічкової Ганни актуальною для забезпечення енергетичної незалежності України.

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).

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

Мета і завдання роботи дисертаційної роботи Кулічкової Г.І. сформульовані лаконічно і зрозуміло. Достовірність наукових положень і висновків підтверджено застосуванням біотехнологічних, фізико-хімічних та статистичних методів досліджень.

Отримані результати, наукові положення та висновки побудовані на матеріалах досліджень здобувача.

Повнота викладу у фахових виданнях та апробація основних результатів

Робота пройшла апробацію на 12 наукових конференціях. Загальні положення дисертації викладено у 19 публікаціях, з них 5 статей (2 у наукових фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України та 3 у міжнародних періодичних наукових виданнях, що індексуються у наукометричних базах), 12 тез наукових конференцій, в тому числі і міжнародних, патент на винахід, патент на корисну модель.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням. Узагальнення та аналіз отриманих результатів проведені здобувачкою на достатньому рівні.

Академічна доброчесність

Дисертаційна робота та опубліковані праці виконані без порушень принципів академічної доброчесності (академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації).

Наукова новизна

Новизна наукових положень і результатів, отриманих здобувачкою і поданих на захист, не викликає сумнівів. Здобувачкою було вперше обґрунтовано використання лігноцелюлозної біомаси як носія метаногенних мікроорганізмів для

утримання їх у реакторі при ферментації вінаси. Експериментально підтверджено, що лігноцелюозна біомаса сорго у якості ко-субстрату та носія для іммобілізації метаногенів слугує ключовим фактором для підтримання стабільної метаногенної ферментації вінаси. З'ясовано технологічні показники, за якими найкраще здійснювати контроль процесу ферментації вінаси.

Практичне значення і перспективи роботи

Практичне значення і перспективи роботи підтверджуються впровадженням результатів роботи у промислове виробництво. Проведене дослідження дозволяє вносити корективи у процеси проектування, створення та експлуатації промислових біогазових реакторів.

За результатами роботи було розроблено рекомендації та впроваджено їх при проектуванні промислових біогазових установок на ТОВ «Компанія «Еко-Енергія»» Сумської області, ДП «Гайсинський спиртовий завод» та ДП «Тростянецький спиртовий завод» (Вінницька область).

Використання технології перероблення відходів рослинної сировини у біогаз відкриває перспективи переходу підприємств на енергетичне самозабезпечення. Отримані у дисертаційній роботі результати можуть сприяти покращенню екологічної ситуації на прилеглих територіях та забезпеченню альтернативною енергією діючі підприємства.

Оцінка структури, змісту та форми дисертації

Робота має традиційну структуру і складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Дисертаційна робота Кулічкової Г. І. викладена на 131 сторінці друкованого тексту. Текст ілюстровано 17 таблицями, 25 рисунками. У тексті дисертації міститься 8 додатків. Список використаних джерел містить 138 найменувань, з них – 53 кирилицею та 85 латиницею.

У **Вступі** 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.

У **Розділі 1** «Огляд літератури» дисертанткою наведено інформацію про стан біогазової промисловості у світі та в Україні, наголошено на проблемах з утилізацією відходів. Розглянуто питання анаеробного зброджування біомаси, а також технологічне оформлення біогазової ферментації. Дисертантка звернула особливу увагу на проблему відтворення енергії та утилізації і перероблення відходів різних виробництв. Зокрема, на відходи заводів з виробництва біоетанолу – бурякову вінасу та багасу цукрового сорго, та перспективу їх комплексної метанової ферментації з отриманням біогазу.

Розділ 2 «Матеріали та методи дослідження» містить опис об'єктів дослідження та використаних методів для досягнення поставленої мети (методи визначення вологи, сухих речовин, зольності, визначення складу сировини, визначення кількості летких жирних кислот, визначення кількості і складу біогазу та ін.). Дисертанткою наведено процедуру проведення анаеробної ферментації як у лабораторних так і у напівпромислових умовах.

У **Розділі 3** «Використання біологічних субстратів для виробництва біоетанолу» дисертанткою визначено вміст органічних сухих речовин, зольності та вологості у субстратах для виробництва біогазу, а саме бурякової вінаси та багаси цукрового сорго, та встановлено їх придатність для анаеробного зброджування. Авторка наводить порівняння фізико-хімічних показників нативної та концентрованої вінаси, оскільки концентрування вінаси може збільшити ефективність ферментування та зменшити об'єм реакторів, що економічно вигідно для підприємств. Встановлено макро- та мікроелементний склад вінаси та багаси для подальшої оптимізації виробництва біогазу з органічних субстратів.

В **Розділі 4** «Вплив співвідношення та розміру часток рослинних субстратів на ефективність процесу метанової ферментації в лабораторних умовах» дисертанткою наведено дослідження виробництва біогазу з використанням різних субстратів та їх пропорцій. Показано порівняння процесу метаногенезу вінаси, як монособстрату, та комплексного субстрату з вінаси та багаси цукрового сорго, а

також анаеробного зброджування концентрованої до 40% сухих речовин вінаси у порівнянні з неконцентрованою вінасою. Визначено, що найкращий вихід біогазу досягається за використання субстрату, який складається з вінаси з додаванням меленої багаси сорго з розрахунку 5 % за сухими речовинами багаси до об'єму вінаси. Встановлено, що концентрування вінаси, як субстрату для виробництва біогазу, може значно зменшити обсяг відходів виробництва біоетанолу і витрати на будівництво біогазової установки. Показано, що оптимальна довжина частинок багаси цукрового сорго для забезпечення затримки метаногенів складала 2-5 см.

У **Розділі 5** «Дослідження впливу летких жирних кислот (ЛЖК) на процеси метанової ферментації» зосереджено увагу на важливості контролю летких жирних кислот у біореакторі протягом усього процесу анаеробного зброджування. Встановлено, що за надмірного накопичення ЛЖК відбувається закисання вмісту біореактора, що перешкоджає метаногенезу. Головною метою при виробництві біогазу є утримання в реакторі якнайбільше метаногенів. В розділі показано, що в якості носія метаногенів можуть слугувати відносно крупні лігноцелюлозні частинки (багаса сорго).

У **Розділі 6** «Узагальнення результатів дослідження та рекомендації із організації процесу біоконверсії у промислових умовах» дисертантка підсумувала всі результати дослідження. Також дисертанткою наведено розроблену технологію комплексного перероблення рослинної енергетичної сировини (бурякової меляси, біомаси цукрового сорго) у біогаз та технологічну схему біогазового комплексу для утилізації вінаси з лігноцелюлозною сировиною. Наведено практичні рекомендації для промислового втілення технології на біоетанольних заводах. На основі приблизної виробничої потужності ДП «Гайсинський спиртзавод», розрахована економічна ефективність впровадження біотехнології отримання біогазу з вінаси і лігноцелюлозного ко-субстрату на біоетанольних підприємствах.

Висновки роботи базуються на отриманих результатах та логічно впливають із аналізу фактичного матеріалу.

У **Додатках** наведено листи підтримки з заводів, акт виготовлення і монтажу біогазової установки, технологічна схема біогазового комплексу для перероблення

вінаси та багаси сорго, макети біогазових комплексів та список публікацій дисертантки.

Вважаю, що робота відповідає вимогам, що висуваються до дисертаційних робіт, має новизну та достатній обсяг.

Зауваження та дискусійні питання щодо змісту та оформлення дисертації

За текстом дисертаційної роботи варто відзначити наступні зауваження, дискусійні питання та побажання:

1. Одиниці вимірювань не всюди приведені до одного формату, що ускладнює інтерпретацію результатів.

2. В розділі «Матеріали та методи» не всі дослідження стандартизовані, особливо ті, які стосуються метаноутворення на різних установках. Параметри метаноутворення також вказані не всюди. В цьому розділі потрібно було викласти докладніше розписані методи з зазначенням робочих температур, рН, відсотку завантаження та ін. та чіткіше структурувати розділ.

4. Стор. 58, п. 3.3. на чому базується впевненість, що «Вінаса лише на одному із заводів (ДП «Гайсинський спиртзавод») утворюється в об'ємі 800 м³ на добу»?

5. Стор. 61, табл. 3.4 – потрібно було залишити просто середнє значення. Також, якщо мікроелемент не міститься в вінасі, то немає необхідності показувати його в таблиці.

6. Стор. 69 «Отримано майже вдвічі більший об'єм біогазу порівняно з першою серією дослідів, а враховуючи, що загальний об'єм субстрату був вдвічі меншим, ніж в першій серії, вихід газу виявився більшим майже в 4 рази. Це пов'язано з тим, що у другій серії дослідів в приймальній колбі була використана не вода, а 5 % розчин хлориду натрію, який попереджував втрати біогазу». Потребує пояснення результати першої серії досліджень.

7. Стор. 71 «Були отримані такі результати: у реакторі лише з вінасою та гноєм отримано 1245 см³ біогазу; у реакторі з додаванням рублених стебел сорго – отримано 601 см³ біогазу і у реакторі з додаванням меленого сорго відповідно отримано 2930 см³ біогазу». Так сильно відрізнялися результати через рублені або

різані стебла? Табл. 4.1 – вінаса + рублені стебла дають біогазу менше, ніж вінаса без стебел? Поясніть, будь ласка.

8. За даними таблиці 4.2 найкращі результати отримані за використання вода+гній та вінаса+гній+багаса. Поясніть, чому за використання вінаси+гною результати гірші, ніж з водою. По 4-му субстрату результати не висвітлені, тоді навіщо цей дослід в таблиці?

9. Таблиця 4.3. – Що означає nm^3 на т сировини?

10. Таблиця 4.4. – вважаю, що некоректно називати подрібнення сировини іммобілізацією. Також не зовсім розумію, як можуть так відрізнятися результати за подрібнення 1-2 см та 2-5 см (ці позиції перекриваються).

11. Стор. 86 і далі – не було завдання досліджувати дигестат, тому поясніть необхідність цієї частини роботи.

В тексті роботи зустрічаються друкарські та орфографічні помилки, невдалі мовленнєві конструкції.

Висновок рецензента

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 рецензент,
експерт дисертації,
с.н.с. лабораторії промислової
та харчової біотехнології
ДУ «ІХБГ НАН України»,
к.б.н.

Ганна АНДРІЯШ