

ВІДГУК

офіційного опонента завідувача відділу біотехнології Інституту продовольчих ресурсів НААН України, доктора технічних наук, професора **Даниленко Світлани Григорівни** на дисертаційну роботу **Яременко Оксани Анатоліївни** на тему: «Обґрунтування біотехнологічного процесу виробництва біогазу із осаду стічних вод систем штучного вирощування риби», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – Біотехнологія

Актуальність теми та загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота Яременко Оксани Анатоліївни присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми, що перебуває на перетині технічної біотехнології, біоенергетики та екологічної безпеки виробництв аквакультури. В умовах зростання обсягів промислового вирощування риби в рециркуляційних системах аквакультури (РСА) істотно загострюється проблема утилізації осадів стічних вод, які характеризуються підвищеним вмістом органічної речовини, біогенних елементів та потенційно небезпечних домішок. Традиційні підходи до поводження з такими відходами не завжди відповідають сучасним вимогам ресурсоефективності та екологічної безпеки.

Використання біотехнологічних методів анаеробного зброджування для переробки осадів стічних вод РСА з одночасним отриманням біогазу як відновлюваного джерела енергії є перспективним напрямом розвитку циркулярних технологій у галузі аквакультури. Запропонований у дисертації підхід відповідає сучасним світовим тенденціям сталого розвитку, орієнтованим на комплексну утилізацію відходів та підвищення енергоефективності виробничих систем.

З огляду на зазначене, обрана тема є актуальною, має важливе наукове та практичне значення, а результати дослідження можуть бути використані як у науково-дослідній діяльності, так і при впровадженні біогазових технологій у практику функціонування рибогосподарських підприємств.

Зв'язок роботи з науковими, планами, темами.

Дослідження за обраним напрямком дисертації виконувалися у відповідності з планами науково-дослідних робіт Національного університету біоресурсів і природокористування України за темою: «Розробити технологію інтегральної переробки біологічних відходів у біогазових установках нового покоління» (номер державної реєстрації 0111U003687).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі підтверджено детальним аналізом сучасного стану проблеми, про що свідчить значна кількість зазначених у огляді літератури вітчизняних та зарубіжних першоджерел (148 посилань).

Одержані експериментальні результати роботи відповідають меті роботи та визначеним завданням, їх викладено послідовно, логічно, з власним критичним аналізом та висновками. Теоретичні та практичні результати підтверджено ілюстративним матеріалом - 62 рисунків та 17 таблиць.

Висновки, сформульовані дисертантом за результатами наукової роботи, відповідають поставленим завданням досліджень.

Достовірність результатів, отриманих у дисертації.

Наведені у дисертаційній роботі наукові результати є належним чином обґрунтованими та підтвердженими експериментальними дослідженнями. Автором застосовано комплекс сучасних методів фізико-хімічного аналізу, біотехнологічних та інженерних підходів до вивчення процесів анаеробного зброджування осадів стічних вод систем штучного вирощування риби. Обрані методики досліджень відповідають поставленій меті та завданням роботи, а їх використання забезпечує репрезентативність та відтворюваність отриманих результатів.

Достовірність наукових положень і висновків підтверджується узгодженістю експериментальних даних з відомими закономірностями перебігу біохімічних процесів анаеробного зброджування органічних субстратів, а також адекватністю побудованих математичних моделей фактичним експериментальним результатам. Статистична обробка експериментальних даних виконана коректно, що дозволяє вважати встановлені залежності науково обґрунтованими.

Наукова новизна отриманих результатів.

У роботі отримано нові наукові результати, що полягають у встановленні інтегральних залежностей між параметрами процесу анаеробного зброджування осаду стічних вод РСА та показниками виходу біогазу і біометану. Вперше експериментально обґрунтовано параметри ущільнення осаду механічних фільтрів рециркуляційних систем аквакультури для умов вирощування нільського кларійового сома. Запропоновано математичні моделі, які описують кінетику розкладу органічної речовини в осаді та динаміку накопичення біометану залежно від режимів завантаження біогазового реактора.

Отримані результати доповнюють існуючі наукові уявлення у сфері технічної біотехнології щодо використання осадів аквакультурного походження для біогазового виробництва та можуть слугувати основою для подальших досліджень у напрямі оптимізації біоенергетичних процесів у складі рециркуляційних систем.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає у можливості їх використання при проектуванні та експлуатації біогазових установок у складі рециркуляційних систем аквакультури. Запропонований автором алгоритм розрахунку питомого виходу біогазу та біометану дозволяє виконувати інженерні розрахунки параметрів біореакторів з урахуванням специфіки осадів стічних вод систем штучного вирощування риби. Обґрунтування доцільності використання двоступеневої системи відстоювання осаду створює передумови для підвищення стабільності роботи біогазових установок та зменшення коливань навантаження на реактор.

Розроблена технологічна схема відстоювання та анаеробного зброджування осаду стічних вод РСА може бути використана при модернізації

існуючих або проектуванні нових рибогосподарських комплексів. Практична реалізація окремих положень роботи на базі ТОВ «Аква Систем Органік» підтверджує можливість впровадження отриманих результатів у виробничих умовах та їх економічну доцільність. Матеріали дисертації впроваджено в освітній процес Національного університету біоресурсів і природокористування України при підготовці фахівців відповідного профілю.

Особистий внесок здобувача.

Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень дисертації отримано здобувачем самостійно, а саме: проаналізовано сучасний стан РСА; узагальнено сучасні системи анаеробного зброджування біомаси, на основі яких розроблено математичну модель для ви-значення інтегрального рівня розкладу органічної біомаси, її інтегральної швидкості розкладу та інтегрального питомого виходу метану в залежності від часу зброджування та періодичності завантаження біогазового реактора; експериментально досліджено умови відстоювання та анаеробного зброджування осаду стічної змивної води механічних фільтрів РСА при вирощуванні нільського кларійового сома (*Clarias gariepinus*); проведено економічну оцінку виробництва біогазу. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею. Наукові положення, висновки й рекомендації, що викладені в дисертації і виносяться на захист, одержано автором особисто

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та додатків, загальний обсяг роботи становить 183 сторінки.

Зміст дисертаційної роботи відповідає поставленій меті та завданням дослідження. Структура роботи є логічною та послідовною: теоретичні положення узгоджуються з результатами експериментальних досліджень, а отримані висновки впливають із наведеного матеріалу. Розділи дисертації взаємопов'язані, що забезпечує цілісність викладення та дозволяє розглядати роботу як завершене наукове дослідження.

Дисертація містить повний цикл наукового опрацювання проблеми — від аналізу сучасного стану досліджуваного напрямку та формулювання наукової задачі до експериментального обґрунтування запропонованих рішень і формування практичних рекомендацій. За обсягом та глибиною опрацювання матеріалу робота є завершеною та не потребує принципових доповнень для досягнення поставленої мети.

У вступі чітко визначено мету та завдання дослідження, окреслено його актуальність, новизну та наведено дані щодо апробації результатів.

Перший розділ присвячено літературному огляду проблем переробки осаду, що утворюється при очищенні стічної води в умовах штучного вирощування риби. Наведено блок-схему рециркуляційної системи аквакультури та розглянуто стадії очищення стічної води. Окремо проаналізовано конструкції метантенків і процес утворення біогазу при зброджуванні гною, посліду та осадів стічних вод, встановлено питомі виходи біогазу залежно від виду риби, щільності

осаду та використання ко-субстратів. Подано блок-схему рециркуляційної системи для очистки води та виробництва біогазу, а також математичні вирази для розрахунку виходу біогазу за різних параметрів.

У другому розділі проведено аналіз факторів, що впливають на процес анаеробного зброджування, наведено математичний опис розкладу органічної речовини різних субстратів, а також інтегральне значення швидкості розкладу та рівня органічної речовини при періодичній подачі сировини в метантенк. Запропоновано алгоритм розрахунку питомого виходу біогазу для гною як вихідної сировини в режимі періодичного завантаження біогазового реактора.

Третій розділ містить методику дослідження питомого виходу осаду та його ущільнення в рециркуляційних системах аквакультури. Наведено схему устаткування та методику визначення параметрів отримання біогазу.

У четвертому розділі подано розрахунки та експериментальні дані щодо виходу осаду та перерахунку сухої речовини на вологість для отримання біогазу. Представлено результати дослідження ущільнення осаду рециркуляційної системи, визначено вміст сухої речовини у рециркуляційній воді після механічного фільтра, у відстояній стічній воді та у осаді відстійника. Проведено дослідження процесу зброджування осаду та визначено питомий вихід біогазу з ущільненого осаду.

П'ятий розділ присвячено економічній оцінці ефективності зброджування осаду рециркуляційних систем вирощування риби, проведено відповідні розрахунки та порівняння.

Висновки дослідження спрямовані на вирішення комплексної науково-прикладної проблеми – оцінка ефективності виробництва метану з осаду стічних вод систем аквакультури із застосуванням анаеробного зброджування. Основну увагу приділено визначенню економічної доцільності впровадження технології та розрахунку показників прибутковості отримання біогазу й електроенергії.

У роботі дотримано вимог академічної доброчесності. Автор коректно використовує результати інших дослідників із належними посиланнями на джерела, що свідчить про відсутність некоректних запозичень. Представлені в дисертації результати є власними напрацюваннями здобувачки, що підтверджується їх апробацією у наукових публікаціях та впровадженням у практичну діяльність. Ознак плагіату, фабрикації або фальсифікації результатів у поданих матеріалах не виявлено.

Повнота викладу результатів дисертації в наукових працях.

За результатами досліджень опубліковано 30 наукових праць, із яких 1 монографія, 1 навчальний посібник, 5 статей у періодичних наукових виданнях, які включені до міжнародної наукометричної бази Scopus, 2 статті у наукових фахових виданнях України, 2 патенти України на винахід, 4 патенти України на корисну модель та 15 тез наукових доповідей.

В загальному можна відмітити, що не менше 90 % результатів дисертаційної роботи висвітлено в опублікованих працях.

Дисертаційну роботу викладено українською мовою із застосуванням сучасної науково-технічної термінології на високому науковому і методичному рівні.

Автореферат дисертації підготовлений згідно з вимогами МОН України до змісту, структури його представлення та оформлення.

Зміст автореферату є *ідентичним* структурі та основним положенням, сформульованим у дисертації.

Зауваження та дискусійні положення:

1. У роботі доцільно було б ширше представити порівняльний аналіз характеристик осадів стічних вод рециркуляційних систем аквакультури з осадами аналогічних за походженням біовідходів інших типів водогосподарських систем, що дозволило б чіткіше окреслити межі застосовності запропонованих моделей.

2. У розділах, присвячених математичному моделюванню процесів анаеробного зброджування, варто було б детальніше обґрунтувати вибір конкретних функціональних залежностей.

3. Представлені експериментальні дослідження проводилися за обмеженого спектра режимів завантаження біореактора. Розширення діапазону навантажень могло б підвищити універсальність отриманих закономірностей.

4. У дисертації приділено обмежену увагу можливим обмеженням масштабування запропонованих технологічних рішень від лабораторного та напівпромислового рівнів до промислових установок.

5. Було б доцільно детальніше розглянути можливості інтеграції отриманого біогазу або біометану в енергетичну інфраструктуру підприємства з урахуванням режимів споживання енергії в РСА.

У роботі відсутній аналіз біотехнологічних чинників процесу, зокрема складу та активності функціональних груп мікроорганізмів, які беруть участь в анаеробному зброджуванні.

6. Доцільно було б вказати на можливості спільного зброджування осадів стічних вод РСА з іншими органічними субстратами (агровідходами, харчовими відходами) з метою підвищення виходу біогазу та стабільності процесу.

7. На Рис. 4.11., с.113 доцільно уточнити, що саме мається на увазі під «нормальними умовами» зброджування (температурний режим, рН середовища, вологість субстрату, тривалість процесу).

8. У тексті дисертації подекуди зустрічаються стилістичні неточності та окремі термінологічні неузгодженості.

Вказані недоліки не є принциповими і не впливають на наукову і практичну цінність дисертації, а деякі з них є дискусійними. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації Яременко Оксани Анатоліївни, а також не зменшують її наукової та прикладної значущості.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Яременко Оксани Анатоліївни на тему: «Обґрунтування біотехнологічного процесу виробництва біогазу із осаду стічних вод систем штучного вирощування риби», є цілком завершеною науковою працею. Дисертанткою отримано нові науково обґрунтовані експериментальні результати, що є суттєвими для вирішення науково-практичних задач щодо обґрунтування показників ущільнення осаду та біотехнологічного процесу анаеробного зброджування в метантенках із періодичним завантаженням ущільненого осаду стічних вод систем штучного вирощування риби.

Таким чином, представлена дисертаційна робота за загальним обсягом, актуальністю, методичним рівнем виконання, науковою новизною та практичною цінністю відповідає вимогам пп.9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, внесеними згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 року № 656, від 3 грудня 2015 року № 1159 та від 27 липня 2016 року № 567, а її автор – Яременко Оксана Анатоліївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 - біотехнологія.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
професор,
завідувач відділу
біотехнології ІПР НААН України

Світлана ДАНИЛЕНКО

«20» квітня 2026 р.



Підпис *Даниленко С.Т.* завіряю
начальник відділу кадрів
20 "квітня" 2026 р.

С.Т. Даниленко
У.А. Яременко