

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента к. т. н., доцента, доцента кафедри біотехнології
Державного університету «Київський авіаційний інститут» Корнієнко
Ірини Михайлівни на дисертаційну роботу Караюмер Анастасії
Юріївни на тему «Інтегрована конверсія біомаси морських трав
родини *Zosteraceae* Чорноморського басейну», поданої на здобуття
ступеня доктора філософії з галузі знань 16 «Хімічна інженерія та
біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»

Актуальність теми дослідження

Дисертація Караюмер А.Ю. є науково-прикладним дослідженням, присвяченим актуальній проблематиці – розробленню технології інтегрованої конверсії біомаси морських трав родини *Zosteraceae* із залученням до господарського обігу відновлюваної сировини, яка нині практично не використовується. У сучасних умовах зростання попиту на альтернативні джерела сировини для хімічної, целюлозно-паперової та фармацевтичної галузей це дослідження має не лише теоретичну, а й значну практичну цінність.

Актуальність теми не викликає сумнівів: щорічні обсяги штормових викидів морських трав на узбережжі Чорного моря є значними, а чинні підходи до поводження з цією біомасою обмежуються здебільшого її утилізацією як відходу. Дисертація пропонує технологічно обґрунтований підхід до перетворення цієї сировини на джерело трьох товарних продуктів, що повністю відповідає принципам ресурсоефективності та циркулярної економіки.

Практичне значення теми підсилюється тим, що дослідження виконано на реальній сировинній базі (сировина заготовлена безпосередньо з узбережжя) з орієнтацією на конкретні технологічні й економічні показники, що наближає роботу до можливості промислового впровадження.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами

Дисертаційне дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи «Технологія комплексної переробки біомаси водоростей родини *Zosteraceae* Чорноморського басейну» (№ 72-023/10.02.022, ДР 0122U002007). Тематика роботи узгоджується з пріоритетними напрямками розвитку ресурсощадних технологій переробки відновлюваної сировини та відповідає державній політиці щодо розширення сировинної бази хімічної промисловості за рахунок нетрадиційних джерел.

Мета та завдання дослідження

Метою дисертаційної роботи є обґрунтування та розроблення технологічної схеми інтегрованої конверсії біомаси морських трав родини *Zosteraceae* Чорноморського басейну з оцінкою хімічного складу сировини та визначенням напрямів практичного використання продуктів конверсії. З технологічної точки зору формулювання мети є коректним, оскільки орієнтоване на кінцевий практичний результат – технологічну схему, придатну до подальшого масштабування.

Сформульовані вісім завдань дослідження логічно охоплюють повний технологічний цикл: від характеристики сировини та встановлення впливу на неї сезонних і географічних факторів – через розроблення й оптимізацію режимів екстракції цільових фракцій до дослідження якості отриманих продуктів, оцінки можливостей їх практичного застосування, промислово-економічного обґрунтування технології та формування підсумкової технологічної схеми. Особливої уваги з технологічної точки зору заслуговує завдання розроблення та оптимізації режимів послідовного виділення фракцій, оскільки саме коректність послідовності технологічних операцій визначає економічну ефективність усієї схеми в цілому.

Об'єкт, предмет і методологічні засади дослідження

Об'єктом дослідження визначено процес екстракції та фракціонування компонентів біомаси *Zostera marina*; предметом – закономірності та технологічні параметри процесів вилучення цінних компонентів із урахуванням географічного походження сировини та періоду її збору. Таке формулювання є технологічно коректним і дозволяє чітко розмежувати матеріальний об'єкт дослідження від технологічних закономірностей, які становлять його наукову складову.

Методологічну основу роботи становить поєднання експериментальних і розрахункових методів: хімічний склад сировини та продуктів визначали гравіметрично й методом газової хроматографії з мас-спектрометрією, а структуру пектинів і волокна ідентифікували за допомогою FTIR- та FTIR-ATR спектроскопії; технологічну придатність волокнистого залишку оцінювали за стандартизованими методиками формування й випробування паперових відливків. Показово, що для оптимізації технологічних параметрів застосовано метод моделювання «чорного ящика» у поєднанні з повним факторним експериментом – це методологічно грамотне рішення, яке відповідає сучасним підходам до планування багатостадійних технологічних процесів.

Оцінка змісту дисертаційного дослідження

Зміст дисертації відзначається послідовністю та технологічною логікою викладення. Структура роботи (вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел, додатки) забезпечує системний перехід від теоретичного огляду до практичної реалізації технології.

Розділ 1 містить огляд біологічних, хімічних і технологічних аспектів переробки морських рослин, зокрема наявних підходів до хімічної обробки волокнистого залишку та отримання цільових фракцій. Розділ 2 викладає

методичну базу дослідження – характеристики сировини, реагентів та методик аналізу.

Розділ 3 присвячено дослідженню впливу географічних та сезонних факторів на характеристики сировини, що з технологічної точки зору є важливим підґрунтям для подальшого формування вимог до вхідного контролю сировини на виробництві.

Розділ 4, центральний з погляду технологічної новизни роботи, присвячено оптимізації параметрів екстракції ліпідної та пектинової фракцій; авторкою експериментально доведено, що послідовність технологічних стадій є хімічно детермінованою – зміна порядку операцій чи виключення стадії знежирення призводить до суттєвого зниження ефективності подальшого вилучення пектину. Це є вагомим технологічним результатом, що перетворює запропоновану схему на обґрунтований регламент, а не довільний набір операцій.

Розділ 5 присвячено дослідженню застосування волокнистого залишку та пектинових розчинів у виробництві паперових напівфабрикатів. Розділ 6 містить промислову оцінку та економічний аналіз технології, включно з розрахунком рентабельності переробки для трьох дослідних зразків сировини.

Загалом зміст дисертації характеризується технологічною завершеністю – кожен розділ логічно готує підґрунтя для наступного, а фінальний розділ забезпечує практичну й економічну верифікацію запропонованих рішень.

Достовірність, апробація, особистий внесок

Достовірність результатів забезпечується використанням комплексу сучасних інструментальних методів аналізу та коректним застосуванням методів математичного планування експерименту. Визначення проведено у

повторах з розрахунком статистичних характеристик, що відповідає прийнятій практиці представлення технологічних досліджень. Узгодженість отриманих технологічних параметрів (виходу продуктів, їх якісних показників) із результатами промислово-економічної оцінки в розділі 6 підтверджує внутрішню несуперечливість роботи.

Апробація результатів здійснена на 9 наукових конференціях, зокрема міжнародній (Краків, Польща, 2026), а також у 3 статтях у фахових виданнях України. Результати впроваджено у навчальний процес Державного університету «Київський авіаційний інститут», а також використано підприємствами ПрАТ «Вайдман – МПФ» та ТОВ «ЄвроХімСервіс» під час підготовки пропозицій щодо альтернативних сировинних матеріалів, що підтверджує практичну затребуваність технології.

Особистий внесок здобувачки чітко визначено та розмежовано зі співавтором публікацій; авторкою особисто виконано планування й реалізацію технологічних експериментів, обробку даних та формулювання технологічних рекомендацій.

Академічна доброчесність

Порушень принципів академічної доброчесності у роботі не виявлено. Текст дисертації є результатом самостійної науково-дослідної діяльності авторки, використані джерела належним чином процитовані, а особистий внесок у публікаціях у співавторстві чітко розмежований.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

1. У розділі 2 не наведено моделей і технічних характеристик основного лабораторного обладнання (апарат Сокслета, хроматограф, ІЧ-Фур'є спектрометр), що для оцінки можливості відтворення процесу в умовах іншої лабораторії чи подальшого масштабування є суттєвим технологічним недоліком опису методики.

2. Технологічні режими екстракції визначено на дослідних партіях лабораторного масштабу (одиниці–десятки грамів сировини); у роботі відсутній аналіз того, які саме параметри процесу (тепло- і масообмін, тривалість стадій) потребуватимуть коригування при переході до пілотного масштабу (50–100 кг сировини), про який згадується в розділі 6.
3. Економічний розрахунок у розділі 6 враховує витрати на реагенти, енергоносії та оплату праці, однак не деталізує, на основі яких тарифів або джерел визначено вартість праці й енергоносіїв, що ускладнює перевірку коректності економічної оцінки незалежним читачем.
4. Не висвітлено питання поводження з відпрацьованими технологічними розчинами (залишки хлоридної кислоти, етанолу після осадження пектину) – чи передбачається їх нейтралізація, регенерація або утилізація в межах запропонованої технологічної схеми, що є важливим питанням з точки зору екологічної безпеки виробництва.

Наведені зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують загальної позитивної оцінки виконаної роботи; вони можуть бути предметом обговорення під час публічного захисту.

Загальний висновок та оцінка дисертації

Дисертаційна робота Караюмер Анастасії Юріївни є завершеним науково-технологічним дослідженням, яке присвячене розробленню технології інтегрованої конверсії біомаси морських трав родини *Zosteraceae* з отриманням трьох товарних фракцій. Авторка продемонструвала системний технологічний підхід до вирішення поставленої задачі – від характеристики сировини до промислово-економічного обґрунтування запропонованих рішень.

Одержані результати мають значний науково-практичний потенціал і можуть бути використані підприємствами целюлозно-паперової, хімічної та

суміжних галузей для розширення сировинної бази за рахунок відновлюваних ресурсів морського походження. Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертації, відзначаються новизною, технологічною обґрунтованістю та практичною спрямованістю.

Зміст дисертації відповідає спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», а також чинним нормативно-правовим вимогам до здобуття ступеня доктора філософії, зокрема положенням постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами) та наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами).

З огляду на викладене, здобувачка Караюмер Анастасія Юріївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Рецензент

Доцент кафедри біотехнології

Державного університету «Київський авіаційний інститут»,

кандидат технічних наук, доцент



Ірина КОРНІЄНКО

Проректор з наукових досліджень та трансферу технологій



Сергій Іванов