

ВІДГУК

**офіційного опонента на дисертаційну роботу
Якименко Ольги Сергіївни
«Розробка технологій одержання із недеревної рослинної сировини
наноцелюлози та її використання у виробництві паперу і картону»,
яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 161 - Хімічні технології та інженерія**

Актуальність обраної теми.

Глобальна тенденція впровадження циркулярної економіки передбачає повернення відходів, зокрема сільського господарства, на початок ланцюга постачання як сировини для виробництва нових продуктів, в тому числі паперу і картону, максимального їх повторного використання і збереження екосистеми. Для України, як країни з розвинутим сільським господарством, актуальною проблемою залишається раціональне використання недеревної рослинної сировини (НДРС), яка щорічно поновлюється і має низьку вартість у порівнянні з деревиною. Для досягнення необхідних показників якості паперу і картону у процесі їх виробництва, як правило, застосовуються синтетичні хімічні допоміжні речовини із вичерпних джерел енергії, що призводить до забруднення довкілля та потребують заміни на екологічно безпечні біорозкладні альтернативні матеріали. В світовій практиці останні десятиріччя активно розвиваються дослідження, спрямовані на переробку рослинної сировини у целюлозовмісні матеріали з високою доданою вартістю, зокрема у наноцелюлозу, яка має унікальні фізико-хімічні властивості, в тому числі здатність до біологічного розкладання, що робить її перспективним матеріалом для використання у багатьох галузях включаючи целюлозно-паперову промисловість. Тому цілком природним і логічним виглядає вибір дисертанткою цих актуальних науково-технічних задач, вирішення яких буде сприяти досягненню передбачених стандартами специфічних показників якості картонно-паперової продукції та зменшенню витрати шкідливих синтетичних хімічних допоміжних речовин.

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

Основні положення та висновки дисертації обґрунтовані достатньою кількістю якісно проведених досліджень. Дисертанткою чітко окреслені мета та завдання дослідження, наукові положення і висновки дисертації. Дисертаційна робота Якименко О.С. є оригінальною науковою працею, яка виконана авторкою особисто на належних методичному та теоретичному рівнях. Робота має послідовну та логічну структуру, є комплексним та завершеним науковим дослідженням. Зміст роботи та багатогранність висвітленої проблеми свідчать про високий рівень наукової компетентності автора. Наведені наукові положення, висновки і рекомендації, що викладені у дисертаційній роботі, свідчать про належний рівень її обґрунтованості.

Достовірність основних наукових положень дисертації.

Сформульовані Якименко О.С. основні наукові положення та висновки ґрунтуються на використанні адекватно поставлених завдань методів дослідження, зокрема, для дослідження їх морфологічної будови – скануюча електронна мікроскопія; для визначення зміни надмолекулярної структури – рентгенівський дифракційний метод (XRD); хімічного складу – інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворюванням (FTIR); термічної стійкості – термогравіметричний метод (ТГА); для підтвердження нанорозмірів одержаних зразків наноцелюлози – атомна силова мікроскопія (АСМ) і трансмісійна електронна мікроскопія (ТЕМ). Для одержання математичних залежностей показників якості органосольвентної целюлози від технологічних параметрів її одержання дисертантка використовувала рівняння регресії, які одержала за власно створеними Excel програмами для візуалізації й аналізу отриманих експериментальних даних. Перераховане вище дозволяє оцінити одержані результати, основні наукові положення та висновки глибоких за змістом досліджень, проведених Якименко О.С., як достовірні.

Новизна основних наукових положень, висновків та практичних рекомендацій, а також проведених наукових досліджень та одержаних

результатів.

У дисертаційній роботі Якименко О.С. сформульовано та обґрунтовано ряд положень, висновків і пропозицій, які відзначаються науковою новизною та мають практичну спрямованість. Наукові положення сформульовані дисертанткою самостійно та відображають її особистий внесок у розвиток хімічних технологій. Результати проведених Якименко О.С. теоретично обґрунтовують та експериментально підтверджують доцільність комбінування стадій лужної обробки та пероцтового варіння для отримання целюлози з пожнивних решток кукурудзи, стебел соняшника, очерету та волокон конопель, придатної для екстракції з неї наноцелюлози.

Дисертанткою вперше встановлено залежність показників якості наноцелюлози (щільності, міцності на розрив, прозорості, індексу кристалічності, термічної стабільності) від середовища її одержання, а саме їх зростання у такій послідовності: глибокі евтектичні розчинники – 2,2,6,6-тетраметилпіперидин-1-оксил – сульфатна кислота. Вперше встановлено лінійну кореляцію міцності на розрив і прозорості наноцелюлози від щільності наноцелюлозних плівок.

Одержані результати досліджень розширюють сучасні уявлення про особливості способів одержання органосольвентної целюлози із НДРС; оптимальні параметри одержання із різних представників НДРС целюлози з мінімальним залишковим вмістом лігніну та зольності; про способи одержання картонно-паперової продукції широкого споживання з використанням наноцелюлози як зміцнюючого реагенту для заміни традиційних та небезпечних для навколишнього середовища синтетичних хімічних допоміжних речовин.

Практичне значення одержаних результатів.

Основне практичне значення дисертаційної роботи полягає у розробленні технологій одержання із представників вітчизняної недеревної рослинної сировини - стебел соняшника, кукурудзи, очерету, волокон конопель - целюлози і наноцелюлози та використання їх у виробництві масових видів

картонно-паперової продукції, що сприятиме зменшенню обсягів використання целюлози із деревини та забрудненню довкілля за рахунок часткової заміни шкідливих синтетичних хімічних допоміжних речовин на екстраговану наноцелюлозу.

Одержані наукові положення і висновки, теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи мають практичне значення, яке підтверджується успішним впровадженням їх у навчальний процес при викладанні курсу лекцій «Хімія рослинних полімерів», «Хімічна переробка недеревної рослинної сировини», «Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження», «Технології виробництва і сфери застосування наноцелюлози», при виконанні нових лабораторних робіт з курсу «Методи досліджень процесів одержання та переробки волокнистих напівфабрикатів», магістерських і дипломних робіт студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» кафедри екології та технології рослинних полімерів НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

Практичне застосування результатів дисертаційного дослідження підтверджується успішним впровадженням наноцелюлози із стебел конопель в процесі виробництва експериментальної партії паперу для пакування харчових продуктів «Гласин» на ПрАТ «Малинська паперова фабрика – Вайдманн».

Повнота викладу основних наукових положень, висновків і практичних рекомендацій та опублікованих праць

Проведений аналіз наукових праць здобувачки показав, що основні результати дисертаційної роботи повно відображені в публікаціях авторки у фахових виданнях. Усього за темою дисертаційної роботи опубліковано 24 наукових праць, з яких: 6 статей – у наукових фахових виданнях з переліку МОН України; 6 статей – у виданнях, що індексуються наукометричними базами даних Scopus та Web of Science, 1 стаття у періодичному науковому іноземному виданні, яка додатково відображає наукові результати. Матеріали дисертаційної роботи Якименко О.С. пройшли апробацію на міжнародних

наукових конференцій, 11 тез доповідей опубліковано у збірниках праць наукових конференцій.

Структура дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів та методів досліджень, результатів дослідження з їх обговоренням, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 206 сторінок, основний зміст якої викладено на 171 сторінці друкованого тексту. Робота ілюстрована 60 рисунками та 28 таблицями, має п'ять додатків на 12 сторінках і список використаних літературних джерел на 22 сторінках, що включає 195 найменувань. Дисертація написана державною мовою, її структура та оформлення відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць такого рівня, а також відзначається логічністю, послідовністю, системністю, обґрунтованістю. Структура дисертації цілком узгоджується з її назвою, метою і завданнями дослідження.

Вступ дисертаційної роботи містить обґрунтування актуальності теми дослідження. Звернено увагу на зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Визначено мету і завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну й практичну цінність одержаних результатів, особистий внесок здобувача, наведено інформацію про реалізацію, апробацію та публікації результатів.

У **першому розділі** описано сучасний стан із використанням nanoцелюлози (НЦ) у виробництві паперу і картону. Виконано порівняльний аналіз характеристик рослинної сировини для одержання целюлози для виготовлення НЦ. Описано характеристики методів отримання різних видів НЦ із рослинної сировини. Охарактеризовано nanoцелюлозу як зміцнюючу добавку в композиції паперу та картону. Обґрунтовано вибір напрямку досліджень.

У **другому розділі** розглянуто об'єкти, методи та методики досліджень. Наведено характеристики вихідної рослинної сировини. Описано методи одержання органосольвентної целюлози з НДРС, та НЦ як з деревної, так і з недеревної целюлози. Описано методики виготовлення картонно-паперової

продукції за використання НЦ та прилади контролю. Описано методи математичної обробки результатів експериментальних даних.

У третьому розділі описано способи одержання целюлози і НЦ із досліджених представників вітчизняної НДРС: із пожнивних решток кукурудзи, стебел соняшника, очерету, волокон конопель методами кислотного гідролізу та окислення в середовищах ТЕМПО і глибоких евтектичних розчинників, а також НЦ з сульфатної хвойної невібіленої целюлози. Визначено оптимальні значення параметрів відповідних технологічних процесів.

У четвертому розділі описана розробка технологій використання НЦ із НДРС у композиції масових видів паперу і картону, зокрема: паперу для пакування харчових продуктів, паперу-основи для шпалер, електроізоляційного паперу, картону для плоских шарів гофрокартону і тарного макулатурного вологостійкого. Запропоновано технологічні схеми виробництва паперу і картону з використанням наноцелюлози із НДРС в їх волокнистих композиціях. Показано, що економічний ефект від використанням очеретяної НЦ в композиції паперу для пакування харчових продуктів масою 110 г/м² для виробництва пакетів для фасування бакалійних виробів масою до 5 кг продуктивністю 50 тис. т на рік становитиме до 1,5 млн. грн. на рік.

Сформульовані у дисертаційній роботі завдання дослідження розв'язані повністю, одержано нові наукові та практичні результати. Усі одержані наукові результати висвітлено в тексті дисертації та публікаціях дисертантки.

Зауваження і рекомендації щодо змісту та оформлення дисертації.

1. Пункт 3 наукової новизни отриманих результатів (с. 23) бажано конкретизувати, вказавши для наноцелюлози з якої рослинної сировини спостерігаються такі лінійні залежності міцності на розрив і прозорості від щільності наноцелюлозних плівок.

2. Пункт 3.5 бажано було б доповнити загальною таблицею для порівняння чисельних значень показників якості наноцелюлози, що екстрагована із досліджених представників недеревної рослинної сировини в

середовищах різних хімічних реагентів.

3. Ряд зауважень щодо оформленню наведених в дисертації ілюстрацій:

- рис. 3.13 (стор. 85) і рис. 3.27 (стор. 104): підписи наведено англійською мовою;

- рис. 3.19 (стор. 92) і рис. 4.18 (стор. 151): підписи під рисунками виконано не за вимогами нормативних документів;

- рис. 3.21 (стор. 96): надто дрібні підписи, які важко читаються;

4. В ряді таблиць (3.3, 3.5, 3.7, 3.12, 4.1-4.8) бажано було б вказати похибки вимірювання відповідних показників якості целюлози, nanoцелюлози, паперу і картону.

5. Пункт 4.7 бажано було б доповнити більш детальним розрахунком вартості nanoцелюлози, що екстрагувалася із дослідженої недеревної рослинної сировини.

6. В пункті 4.1 (стор. 128) розглядається позитивні результати застосування НЦ у композиції паперу для пакування харчових продуктів 40 г/м² («Гласин-40»), а в додатку «В» (стор. 204) наводиться Акт впровадження цих досліджень на ПрАТ «Малинська паперова фабрика - Вайдманн», що є важливим підтвердженням їх достовірності, однак в тексті розділу 4 про це не згадується.

Зазначені зауваження і недоліки не носять принциповий характер та не знижують позитивну оцінку дисертації в цілому і важливість одержаних автором наукових та прикладних результатів.

Висновок

Дисертаційна робота Якименко Ольги Сергіївни «Розробка технологій одержання із недеревної рослинної сировини nanoцелюлози та її використання у виробництві паперу і картону», є завершеним, оригінальним, самостійним науковим дослідженням, що висвітлює актуальну тему і має вагоме теоретичне та практичне значення. Тема роботи, об'єкт та предмет дослідження, її зміст, а також положення та висновки відповідають паспорту спеціальності 161 - Хімічні технології та інженерія.

Таким чином, на підставі аналізу дисертації Якименко О.С. і публікацій дисертантки у фахових наукових виданнях можна зробити висновок про те, що дисертаційна робота за обсягом виконаних досліджень, новизною, науковою значимістю отриманих результатів повністю відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167, заслуговує позитивної оцінки, а її авторка Якименко Ольга Сергіївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 16 «Хімічна інженерія та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор
кафедри технології та дизайну виробів із
деревини Національного університету
біоресурсів і природокористування України
9 червня 2025 р.

Олена ПІНЧЕВСЬКА

Підпис Пінчевської О.О. засвідчую
Начальник Відділу кадрів



Сергій ГРИЩЕНКО