

## В І Д Г У К

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора  
Зберовського Олександра Владиславовича на дисертаційну роботу

### **Остапенко Аліни Анатоліївни**

«Підвищення екологічної безпеки виробництва паперу та картону із вторинної сировини», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

**Актуальність теми дисертації.** Целюлозно-паперова промисловість належить до однієї із галузей, що споживає велику кількість деревини та природної води. Обсяги виробництва та споживання картонно-паперової продукції в Україні постійно зростають і становлять близько 1 млн. тонн паперу і картону в рік. Вітчизняне виробництво значною мірою базується на вторинній волокнистій сировині – макулатурі, частка якої в композиції паперу та картону перевищує 80 %. При цьому через недосконалість технологій значна кількість волокна виводиться із технологічних процесів зі стічними водами і після проходження послідовних стадій обробки на локальних очисних спорудах підприємства, найчастіше вивозиться в спеціально відведені місця і звалища. При цьому зі збільшенням втрат волокнистої сировини зростає споживання деревини та природної води. Тому, повернення для повторного використання уловленого волокна із оборотних вод є важливим не тільки з точки зору економії первинного волокна, але і зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Повторне використання макулатури у процесі виробництва паперу і картону в Україні є одним із шляхів збереження такого природного ресурсу як деревина.

У той же час, на шляху широкого використання макулатури стоїть ряд проблем, пов'язаних з ороговінням поверхні волокон, втратою їх еластичності та збільшенням їх крихкості за рахунок багатократного сушіння в процесі переробки і, як результат, ці проблеми в комплексі призводять до погіршення фізико-механічних показників картонно-паперової продукції.

Вирішити проблему якості вторинної сировини без великих капіталовкладень достатньо складно, разом з тим, використання хімічних допоміжних речовин, зокрема амфотерних полімерних смол (АПС), дає перспективу можливості суттєво підвищити ефективність процесу виробництва паперу і картону, зменшуючи при цьому об'єм осаду, який направляють на захоронення, та питомі витрати свіжої води на 1 тону готової продукції. Особливо важливим елементом маловідходних процесів виробництва паперу і картону є зневоднення і переробка осадів стічних вод.

В зв'язку з цим, дисертаційна робота Остапенко Аліни Анатоліївни, яка присвячена розробці екологічно безпечного виробництва паперу та картону із макулатури за рахунок використання амфотерних полімерних смол, є актуальною науково-прикладною задачею.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота включає вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел літератури і додатки. Загаль-

ний обсяг складає 198 сторінок. Обсяг основного тексту становить 143 сторінки. Робота містить 20 таблиць і 51 рисунок, список використаних джерел літератури складається із 172 найменувань.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота пов'язана з виконанням «Стратегічної програми розвитку целюлозно-паперової галузі України та ринку картонно-паперової продукції до 2020 року», яка розроблена за сприяння Асоціації українських підприємств целюлозно-паперової галузі «УкрПапір» та відповідно до плану наукових досліджень, проведених на кафедрі екології та технології рослинних полімерів в рамках тематичних планів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в процесі виконання держбюджетних НДР "Розробка ресурсозберігаючих екологічно-безпечних технологій перероблення стебел рослинної сировини у товари широкого вжитку" (номер держреєстрації 0111U002486) та "Розробка ресурсозберігаючих технологій перероблення вітчизняної недеревної рослинної сировини у целюлозовмісну продукцію" (номер держреєстрації 0113U001810), замовником яких є Міністерство освіти і науки України.

**Аналіз основного змісту, наукової новизни, практичної значимості, достовірності та обґрунтованості отриманих результатів.**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації та її зв'язок з науковими програмами, планами і темами, сформульовано мету та завдання роботи, обґрунтовано вибір методів досліджень, що забезпечують достовірність отриманих результатів та висновків, висвітлено наукову новизну, теоретичне та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості щодо наукових праць здобувача, особистого внеску, апробації результатів роботи, її структури та обсягу.

**У першому розділі** дисертаційної роботи автором узагальнено літературні дані щодо сучасних тенденцій розвитку виробництва паперу і картону в контексті сталого розвитку суспільства. Дана характеристика макулатури як вихідної сировини для виробництва паперу і картону. Розглянуто екологічно безпечні технології використання хімічних допоміжних речовин у виробництві паперу і картону. Особливу увагу приділено аналізу впливу технологічних факторів виробництва паперу і картону на обсяги утворення відходів і рівень забруднення стічних вод.

Показано, що в результаті повторного використання макулатури, погіршується ряд важливих фізико-механічних показників вторинного волокна, що призводить до втрати паперотворних властивостей даного виду волокнистих напівфабрикатів. Встановлено, що для підвищення ефективності використання макулатури значну роль відіграє процес водопоглинання вторинного волокна, а також хімічні допоміжні речовини, що забезпечують необхідні показники міцності паперу і картону, закрепа використання амфотерних полімерних смол.

Розглянуто фізико-хімічні процеси, що протікають за участю амфотерних полімерних смол в процесі їх використання, і показано необхідність подальшого дослідження їх властивостей та визначення оптимальних парамет-

рів їх застосування в технологічних процесах виробництва паперу та картону, зокрема із макулатури різних марок.

Встановлено, що покращення стану довкілля можливо за рахунок зменшення кількості твердих та рідких відходів шляхом використання амфотерних полімерних смол у вигляді бінарних систем і вивчення процесів їх взаємодії із целюлозними волокнами на молекулярному рівні.

**У другому розділі** роботи автор дає характеристику макулатури та амфотерних полімерних смол, використаних в роботі, наводить методики досліджень, які включають: опис експериментальної установки для дослідження процесу зневоднення волокнистої маси із макулатури; приготування макулатурної маси, виготовлення лабораторних зразків паперу і картону та визначення їхніх показників якості; визначення ступеня освітлення підсіткової води; визначення вмісту азетидинових груп в амфотерних полімерних смолах методами  $^1\text{H}$  і  $^{13}\text{C}$  ЯМР – спектроскопії; визначення реакційної здатності азетидинових груп щодо гідроксильних груп целюлози та методику оцінки зразків паперу методом електронної мікроскопії. У розділі також розглянуті математичні методи обробки експериментальних даних, що базуються на методах статистичної обробки результатів дослідження.

**У третьому розділі** наведені результати дослідження основних властивостей волокон макулатури та амфотерних полімерних смол, які використовуються для виробництва картону та паперу. Вивчено вплив виду волокон вторинної сировини на процес їх водопоглинання. Визначено показник водопоглинання волокнистих напівфабрикатів, що безпосередньо пов'язаний зі змінами властивостей волокон, та встановлено залежності, які відображають кінетику процесу водопоглинання для вторинних волокнистих напівфабрикатів на усіх стадіях водопоглинання.

Встановлено ефективність використання амфотерних полімерних смол, за вмістом азетидинових груп. За допомогою методів  $^1\text{H}$  та  $^{13}\text{C}$  ЯМР – спектроскопії, визначено вміст азетидинових груп у складі макромолекул амфотерних полімерних смол. Дана оцінка ступеня трансформації азетидинових груп при взаємодії з метилольними органічними сполуками методом  $^{13}\text{C}$  ЯМР – спектроскопії.

Показано, що сигнали атомів вуглецю, які належать різним гомо- і гетероатомним ланцюгам амфотерних полімерних смол, характеризуються різними значеннями хімічних зсувів та інтегральними інтенсивностями в спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$ , це дозволило розрахувати відносний вміст азетидинових груп у кожній амфотерній полімерній смолі, що свідчить про можливість збільшення ступеня утримання волокна на сітці папероробної машини та зменшення каламутності підсіткової води.

Розглянуто фізична та математична модель процесу зневоднення волокнистої маси з використанням амфотерних полімерних смол, що дозволило автору визначити мінімальну кількість зневоднювальних пристроїв за рахунок збільшення швидкості зневоднення, яка досягається при концентрації волокнистої маси  $80 \text{ г/дм}^3$ .

Дослідження взаємодії в системі «амфотерна полімерна смола – целюлоза» показало, що повне видалення води у модельних системах призводить до процесу полімеризації амфотерних полімерних смол та етерифікації функціональних груп смоли з функціональними групами вторинних волокон, що свідчить про можливість підвищення фізико-механічних показників паперу і картону із вторинної сировини і зменшення кількості волокна у підсіткових водах.

Отримані результати мають безумовно екологічний ефект и дозволяють знизити вплив папероробної технології на довкілля за рахунок зменшення кількості волокна у підсіткових водах та її каламутності.

**У четвертому розділі** дисертаційної роботи наведено результати досліджень з визначення впливу амфотерних полімерних смол на процеси виготовлення паперу і картону та на фізико-механічні показники продукції. Дана оцінка впливу амфотерних полімерних смол на ефективність утримання волокна на сітці та ступінь забруднення підсіткових вод. Показано, що введення запропонованих амфотерних полімерних смол у волокнисту суспензію дозволяє збільшити швидкість зневоднення волокнистої маси. Максимальна ефективність процесу зневоднення досягається шляхом використання бінарної системи АПС Ультрарез 200.

Встановлено, що використання бінарної системи АПС у композиції паперу та картону з низькоякісної вторинної сировиною призводить до зниження каламутності підсіткової води на 74 – 83 % , в залежності не тільки від витрат АПС, але і від їх виду, що свідчить про можливість зниження споживання свіжої води у виробництві паперу і картону із макулатури. Показано ефективність процесу освітлення підсіткових вод із використанням досліджуваних АПС Ультрарез 200 та Fennostrength PA21 в якості флокулянтів. Показано, що зі збільшенням витрат до 5 мг/дм<sup>3</sup> ступінь освітлення підсіткової води зростає до 64 %.

Методами <sup>13</sup>C ЯМР - спектроскопії підтверджена дія азетидинових груп амфотерних полімерних смол для суттєвого скорочення обсягів рідких та твердих відходів, які підлягають подальшому захороненню.

Дана економічна оцінка застосування амфотерних полімерних смол у виробництві картону із використанням макулатури на прикладі ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Розрахунковий економічний ефект від використання АПС у вигляді бінарних систем у виробництві картону для плоских шарів гофрованого картону продуктивністю 172 500 т/рік, складає 3272,7 грн /т продукції.

#### **Найбільш істотні наукові результати, їх новизна.**

Дисертантом виконаний достатній обсяг теоретичних та експериментальних досліджень, результати яких поглиблюють і розширюють наукові знання в галузі екологічної безпеки. Наукові положення, висновки та рекомендації, що містяться в роботі, мають усі ознаки наукової новизни та практичного значення, які полягають у наступному:

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

– вперше встановлено залежності технологічних параметрів формування паперу і картону, їх фізико-механічних показників, інтенсивності забрудненості підсіткових вод від виду та вмісту амфотерних полімерних смол в композиції волокнистої суспензії;

– методами  $^1\text{H}$  і  $^{13}\text{C}$  ЯМР – спектроскопії встановлено відносний вміст азетидинових груп в амфотерних полімерних смолах та визначено закономірності їхнього впливу на процес виробництва паперу за рахунок флокуляції компонентів композиції на стадії формування та хімічного зв'язування волокон целюлози в процесі сушіння;

– показано, що збільшення вмісту азетидинових груп в амфотерних полімерних смолах сприяє значному підвищенню ефективності утримання маси на сітці, що забезпечує значне зниження рівня забрудненості підсіткових вод та зменшення обсягів твердих відходів;

– на основі даних про вміст азетидинових груп в амфотерних полімерних смолах, які визначають рівень  $\zeta$  – потенціалу макромолекул смол, визначено умови ефективного очищення підсіткових вод методом флокуляції під час застосування даних реагентів.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

- запропоновані технологічні засади щодо проведення екологічно безпечного виробництва паперу та картону із вторинної волокнистої сировини з використанням амфотерних полімерних смол, що дасть змогу підвищити ефективність роботи папероробної машини за рахунок зростання швидкості зневоднення волокнистої маси, зменшення обсягів твердих і рідких відходів та досягнення необхідного рівня фізико-механічних показників паперу та картону;

- показано, що використання амфотерних полімерних смол дозволить збільшити частку коротковолокнистої фракції (макулатури марки МС-8В-3) у волокнистій композиції, що знижує собівартість готової продукції із дотриманням необхідного рівня фізико-механічних показників кінцевої продукції та зменшенням об'ємів стічних вод і твердих відходів на одиницю виготовленої продукції;

- результати роботи впроваджено на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», ТОВ «Понінківська картонно-паперова фабрика», ТОВ «ПАПІР-МАЛ», та в навчальному процесі кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.**

Обґрунтованість і достовірність отриманих у роботі наукових положень і результатів, висновків і рекомендацій підтверджується застосуванням комплексного методу досліджень, що полягає в системному аналізі та узагальненні існуючих досліджень з проблеми підвищення екологічної безпеки виробництва паперу та картону із вторинної сировини, використанні методів  $^1\text{H}$  і  $^{13}\text{C}$  ЯМР та ІЧ – спектроскопії для вивчення структурно-функціональних

особливостей амфотерних полімерних смол і встановлення механізму їхньої взаємодії із целюлозою, методів математичного аналізу та моделювання, методу багатofакторного експерименту, методу статистичної обробки експериментальних даних.

#### **Значення для науки й практики отриманих автором результатів.**

Значення для науки отриманих у дисертаційній роботі результатів полягає у визначенні показника водопоглинання волокнистих напівфабрикатів, в залежності від змін властивостей волокон, та у встановленні залежностей, які відображають кінетику процесу водопоглинання на усіх стадіях, що дозволяють знизити вплив папероробної технології на довкілля за рахунок зменшення кількості волокна у підсіткових водах та її каламутності.

Практичне значення отриманих автором результатів полягає в створенні фізичної та математичної моделі процесу зневоднення волокнистої маси з використанням амфотерних полімерних смол, що дозволило автору визначити кількість зневоднювальних пристроїв та збільшити швидкості зневоднення, зменшити обсяг твердих і рідких відходів та досягти необхідного рівня фізико-механічних показників паперу та картону.

#### **Рекомендації стосовно використання результатів дисертації.**

Результати дисертаційної роботи А.А. Остапенко можуть застосовувати фахівці з екологічної безпеки на підприємствах целюлозно-паперової галузі України при виробництві картонно-паперової продукції з макулатури у науково-дослідних інститутах НАН України, вищих навчальних закладах та проектних установах відповідного профілю.

#### **Повнота викладу основних результатів роботи в опублікованих працях.**

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 15 друкованих працях, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях, з них 1 стаття у виданні іноземної держави, 1 стаття у виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз, 1 патент України на корисну модель, 6 тез доповідей в збірниках матеріалів наукових конференцій та 1 стаття у інших наукових виданнях України.

Зазначені публікації з достатньою повнотою висвітлюють зміст роботи та її основні положення. Коректно відображено особистий внесок дисертанта в працях, опублікованих у співавторстві, присутні необхідні посилання на використані джерела інших авторів.

#### **Відповідність змісту дисертаційної роботи публікаціям й автореферату.**

Зміст автореферату повністю відображає основні положення дисертаційної роботи. Форма подання матеріалів дисертаційної роботи та автореферату відповідають вимогам нормативних документів МОН України.

#### **Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи.**

1. У 1 розділі роботи слід було б дати аналіз результатів раніше виконаних дисертаційних робіт, які присвячені розробці методів и засобів ресурсобереження та підвищення екологічної безпеки у виробництві паперу і картону із макулатури, наприклад роботи Ковалю А.С. (КПІ 2006р), Кожевникова

С.Ю. (ФГАОУ ВПО «С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова» 2013г.), Мостикі К.В. (КНТЕУ, 2012р.) та інш., і навести їх у переліку посилань до дисертації.

2. При опису досліджень процесу зневоднення волокнистої маси із макулатури у підрозділі 2.2.1 (с. 47) не зрозуміло чому витрати хімічних допоміжних речовин класу Ультрасайз дозували у фіксованій кількості в 2 кг на тонну паперу, а класу АПС варіювали в межах від 1 до 10 кг на тонну. У чому причина вибору саме такої кількості хімічних допоміжних речовин?

3. П'ять підрозділів дисертації (2.2.3, 2.2.4, 2.2.5, 2.2.6 та 2.2.7) викладені у роботі всього на 4 сторінках, представлені фрагментально і у дуже скороченому вигляді, що затруднює сприйняття матеріалу. Варто було б їх розширити або об'єднати в один підрозділ.

4. Автор показує, що застосування амфотерних полімерних смол дозволяє збільшити швидкість зневоднення волокнистої маси у 1,9 - 2,4 рази, забезпечує високу (до 98 %) ефективність утримання волокна на сітці папероробної машини та ефективність освітлення підсіткової води (до 64 %), підвищує фізико-механічні показники паперу та картону на 18-23 %, але не вказує чи впливає використання АПС на продуктивність папероробної машини.

5. У роботі відсутня оцінка ефективності використання амфотерних полімерних смол в порівнянні з відомими флокулянтами і коагулянтами.

6. З приведених матеріалів не зрозуміло, як впливає використання амфотерних полімерних смол на обсяги твердих відходів, які утворюються у процесі виробництва паперу і картону із макулатури, а також на затрати по утилізації цих відходів.

7. Амфотерні полімерні смоли відносяться до біорозкладних матеріалів, що є позитивним фактором, але автор не вказує, як впливають на екологічний стан кінцеві елементи їх розпаду в композиції з різними компонентами технологічних осадів, що складаються чи захороняються.

8. У роботі є де-які орфографічні помилки та недоліки у оформленні рукопису, наприклад, у розділі 2 відсутні висновки до розділу.

### **Висновок щодо дисертації.**

Дисертаційна робота Остапенко Аліни Анатоліївни «Підвищення екологічної безпеки виробництва паперу та картону із вторинної сировини», являє собою закінчене наукове дослідження, виконане автором самостійно на актуальну тему, що містить нове розв'язання важливого науково-технічного завдання по розробці екологічно безпечного виробництва паперу та картону із макулатури за рахунок використання амфотерних полімерних смол, що дозволяє підвищити ефективність використання вторинної волокнистої сировини, знизити її втрати зі стічними водами, зменшити кількість твердих відходів, знизити споживання природної води і зменшити об'єми стоків.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 21.06.01- екологічна безпека.

Наведені результати можна класифікувати як нові й обґрунтовані, вони мають наукове й практичне значення для підвищення екологічної безпеки на

підприємствах целюлозно-паперової галузі України при виробництві картонно-паперової продукції з використанням макулатури.

Дисертація написана дохідливо, грамотно й акуратно оформлена.

За актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, якістю оформлення, дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор **Остапенко Аліна Анатоліївна** заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 21.06.01 - екологічна безпека.

Завідувач кафедри екології та  
охорони навколишнього середовища

Дніпровського державного  
технічного університету МОН України,

доктор технічних наук, професор

20.02.2018 р.

 О.В. Зберовський

Підпис д.т.н., проф. Зберовського О.В.  
засвідчую:

Учений секретар ДДТУ,  
доцент, к.соц.н.





Л.М. Сорокіна