

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ОСТАПЕНКО АЛІНА АНАТОЛІЇВНА

УДК 628.16: 676.088: 676.038.2

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЦТВА
ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ**

21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат хімічних наук, доцент
Барбаш Валерій Анатолійович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
заступник проректора з наукової роботи

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Зберовський Олександр Владиславович,
Дніпровський державний технічний
університет МОН України,
завідувач кафедри екології та охорони
навколишнього середовища

доктор технічних наук, доцент
Сакалова Галина Володимирівна,
Вінницький державний педагогічний
університет МОН України,
доцент кафедри хімії та методики навчання хімії

Захист відбудеться «6» березня 2018 року о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.05 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», за адресою: 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37, корп. 19, ауд. 201/1.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий « » лютого 2018 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. І. Іваненко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Папір та картон широко використовуються в різних галузях промисловості та побуті. Технологічний процес виробництва паперу та картону потребує значної кількості матеріальних ресурсів: первинних і вторинних волокнистих напівфабрикатів, свіжої води, хімічних допоміжних речовин (ХДР), теплової та електричної енергії.

Основним джерелом волокнистої сировини для виробництва паперу і картону на вітчизняних підприємствах целюлозно-паперової галузі залишається макулатура. Її використання зменшує антропогенне навантаження на навколишнє середовище та є економічно вигідним. Використання макулатури заощаджує деревину, яка є основною сировиною для виробництва целюлози, і зберігає довкілля за рахунок зменшення шкідливих викидів сірко- і хлорвмісних речовин, які утворюються на целюлозних заводах.

Проте в процесі перероблення та утилізації макулатури виникають проблеми, які пов'язані з її більш низькою якістю у порівнянні з первинною сировиною, що призводить до погіршення утримання волокон на сітці папероробної машини, зростання витрат волокна зі стічними водами, а також витрат значної кількості свіжої води, що використовується у виробництві паперу і картону. Збільшення кількості циклів переробки макулатури призводить до укорочення, ороговіння і старіння волокон, а підвищення у композиції паперу і картону вмісту наповнювачів і речовин для проклеювання знижує паперотворні властивості волокон целюлози та створює додаткове навантаження на довкілля. Тому у світовій практиці для покращення показників якості макулатурної маси, фізико-механічних показників картонно-паперової продукції, технологій її формування і проклеювання широко використовуються ХДР, зокрема амфотерні полімерні смоли (АПС), до однієї з основних переваг яких належить наявність більш високого катіонного заряду у порівнянні із традиційними ХДР.

Виходячи з цього, розробка екологічно безпечного виробництва паперу та картону із макулатури за рахунок використання АПС, що дозволить 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, є важливою науково-технічною, соціальною та екологічною задачею.

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», що 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.

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні технологічного процесу одержання паперу і картону із вторинної сировини за рахунок використання амфотерних полімерних смол, що сприятиме зменшенню кількості твердих відходів, зниженню обсягів споживання води та підвищенню фізико-механічних показників картонно-паперової продукції.

Для досягнення поставленої мети сформульовано задачі дослідження:

– оцінити властивості волокон макулатури різних марок, що використовуються у процесі виробництва паперу і картону, та їхній внесок у фізико-механічні показники готової продукції;

– дослідити взаємозв'язок між структурно-функціональними особливостями амфотерних полімерних смол та характеристиками процесу формування паперу і картону;

– встановити вплив амфотерних полімерних смол на процес зневоднення волокнистої маси із макулатури і визначити умови, за яких забезпечується зниження витрат волокнистої сировини при збереженні і підвищенні якості продукції, що виготовляється;

– визначити умови інтенсифікації процесу освітлення підсіткових вод для забезпечення їхнього повторного використання у виробничому процесі одержання паперу та картону.

Об'єкт дослідження – екологічна безпека виробництва паперу і картону з макулатури шляхом застосування сучасних реагентів.

Предмет дослідження – маловідходні процеси перероблення макулатури з отриманням високоякісної картонно-паперової продукції.

Методи дослідження. Для оцінки якості макулатурної маси, підсіткових вод, фізико-механічних показників паперу і картону використовували стандартизовані методи. Для вивчення структурно-функціональних особливостей амфотерних полімерних смол і встановлення механізму їхньої взаємодії із целюлозою застосовано методи ^1H і ^{13}C ЯМР та ІЧ – спектроскопії. Каламутність підсіткової води визначали методом фотоколориметрії на концентраційному фотоелектроколориметрі КФК-2. Для одержання математичних залежностей фізико-механічних показників паперу і картону від параметрів основних технологічних факторів використано метод повного факторного експерименту (ПФЕ), а для визначення оптимальних значень параметрів технологічного процесу – метод вагової адитивної згортки критеріїв.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішення поставленої наукової задачі підвищення екологічної безпеки виробництва паперу та картону із вторинної сировини за рахунок використання амфотерних полімерних смол дало можливість **вперше отримати** наступні результати:

– 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 ^1H і ^{13}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 ζ – потенціалу макромолекул смол, визначено умови ефективного очищення підсіткових вод методом флокуляції під час застосування даних реагентів.

Практичне значення одержаних результатів. В роботі сформульовано 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.

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

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі літературних даних за темою досліджень, плануванні та проведенні експериментів, обробці експериментальних даних та апробації отриманих наукових результатів на наукових конференціях. В спільних роботах автору належить наступне: [1, 3, 6, 7, 8] – експериментальне дослідження екологічних аспектів переробки макулатури із застосуванням амфотерних полімерних смол та їхній вплив на фізико-механічні показники паперу і картону, проведено математичну обробку результатів дослідження; [2, 4] – вивчено вплив основних технологічних параметрів використання амфотерних полімерних смол (витрати амфотерних полімерних смол, ступеня млива та температури макулатурної маси) на швидкість зневоднення; [5] – досліджено процес водопоглинання вторинних волокнистих напівфабрикатів; [9] – проведено системне дослідження структурно-функціональних характеристик амфотерних полімерних смол методами ^1H і ^{13}C ЯМР та ІЧ – спектроскопії. За результатами роботи зроблену низку доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях [10-15].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-технічній конференції "Водопідготовка і водокористування" (Санкт-Петербург, 23–25 листопада 2011 р.); V-й Всеросійській конференції з міжнародною участю "Нові досягнення в хімії та хімічній технології рослинної сировини" (Барнаул, 24–26 квітня 2012 р.); XIII-й Міжнародній науково-технічній конференції "Сучасне обладнання і технології паперово-картонної продукції із макулатурної сировини. Виробництво гофрокартону та виготовлення тари" (Караваєво, 23–25 травня 2012 р.); VI-й Всеросійській конференції з міжнародною участю "Нові досягнення в хімії та хімічній технології рослинної сировини" (Барнаул, 22–24 квітня 2014 р.); XV-й Міжнародній науково-технічній конференції "Сучасне обладнання і технології паперово-картонної продукції із макулатурної сировини. Виробництво гофрокартону та виготовлення тари" (Караваєво, 29–30 травня 2014 р.); Науково-практичній конференції "Новітні технології пакування" (Київ, 14 квітня 2016 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 15 друкованих праць, 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.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота включає вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел літератури і додатки. Загальний обсяг складає 198 сторінок. Обсяг основного тексту становить 144 сторінки, з яких площа 3 сторінок повністю зайнята таблицями. Робота містить 20 таблиць і 51 рисунок, список використаних джерел літератури складається із 172 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, визначено об'єкт і предмет дослідження, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** наведено аналіз літературних даних та патентної інформації з вибраного напрямку досліджень. Розглянуто основні переваги і недоліки макулатури як волокнистого напівфабрикату та ХДР, що використовуються у виробництві паперу і картону для забезпечення необхідних властивостей. Показано, що АПС застосовуються для підвищення механічних показників паперу і картону, тобто використовуються як функціональні реагенти. Відомо, що використання традиційних ХДР впливає не тільки на властивості кінцевої продукції, а й на технологічні процеси виробництва. Однак системних досліджень з вивчення впливу АПС на процеси виробництва паперу та картону, а також механізму взаємодії з вторинними волокнами не проводилось.

У **другому розділі** дисертаційної роботи описано об'єкт та методи досліджень. Наведено методики оцінки властивостей макулатурної маси, підсіткових вод та паперотворних властивостей волокон із вторинної сировини.

У третьому розділі зроблено оцінку властивостей волокон вторинних волокнистих напівфабрикатів та АПС, що використовувалися для виготовлення паперу і картону.

Для оцінки якості вторинних волокнистих напівфабрикатів вивчено процес водопоглинання даних матеріалів. Визначено, що процес водопоглинання вторинних волокнистих напівфабрикатів складається з трьох стадій (рисунок 1): швидкого (I) і повільного водопоглинання (II) та стадії досягнення межі насичення (III).

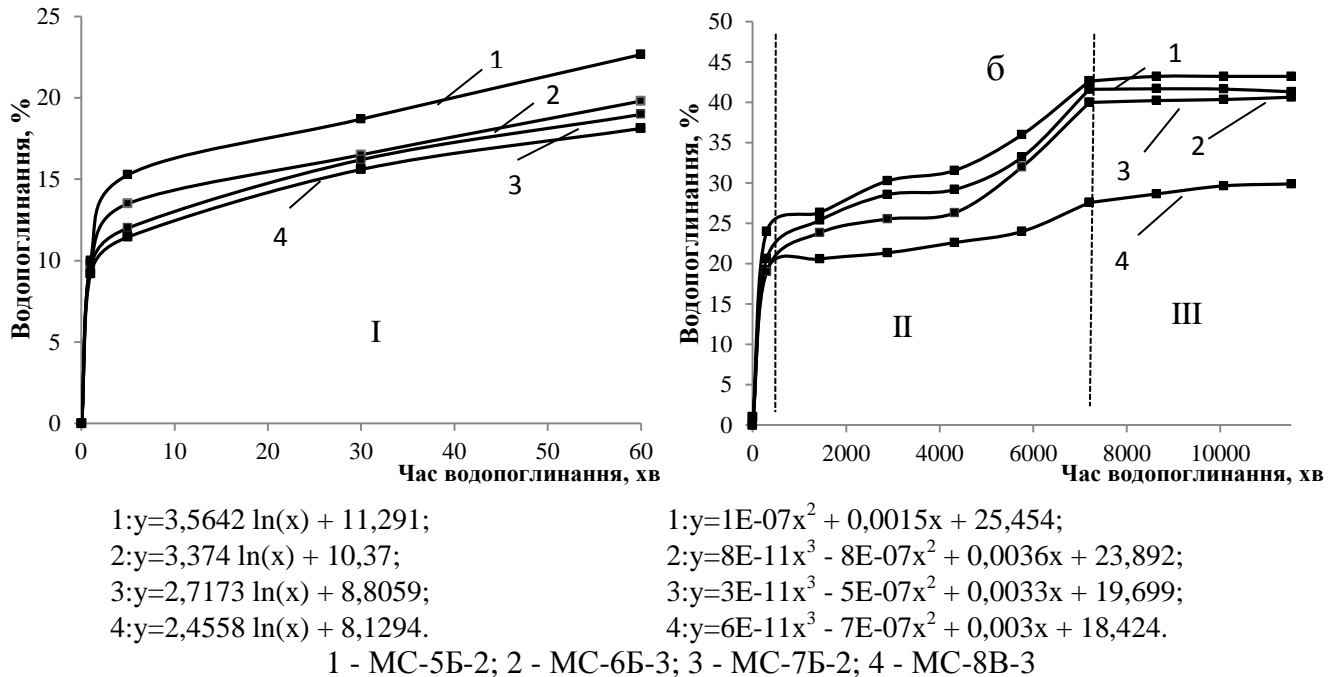


Рисунок 1 – Кінетика процесу водопоглинання вторинних волокнистих напівфабрикатів на першій стадії водопоглинання (а), другій та третій стадіях водопоглинання (б)

Із графічних залежностей, наведених на рисунку 1а, видно, що на першій стадії швидкого водопоглинання відбувається інтенсивне водопоглинання для всіх досліджуваних волокон впродовж відносно короткого часу – до 60 хвилин. При цьому найбільший приріст показника водопоглинання відбувається впродовж перших хвилин занурення усіх волокон у воду. Так, за перші 5 хвилин занурення волокон у воду збільшення показника водопоглинання відбувається від 11% для макулатури марки МС-8В-3 до 16 % для макулатури марки МС-5Б-2.

Встановлено, що макулатура досліджуваних марок за зростаючою здатністю до водопоглинання розташовується у такій послідовності: МС-8В-3 – МС-7Б-2 – МС-6Б-3 – МС-5Б-2. Отримана залежність пояснюється різною гідрофільністю волокон досліджуваних волокнистих напівфабрикатів, яка, в свою чергу, залежить від морфологічної структури, хімічного складу волокон, способу їх отримання з рослинної сировини, ороговіння та старіння волокон, попередніх циклів виробництва. Підвищення водопоглинання волокон зменшує енергетичні витрати на їх розмелювання, покращує фібрилювання волокон, знижує утворення дрібноволокнистої фракції у волокнистій суспензії.

Для зниження рівня забруднення підсіткових вод і зростання ступеня утримання волокна на сітці папероробної машини, широко використовуються

водорозчинні полімерні матеріали катіонного характеру. Виходячи із оцінки техніко-економічних характеристик ХДР, серед кращих є АПС, які здатні забезпечувати не лише ефективну флокуляцію компонентів у водному середовищі, а й утворювати хімічні зв'язки з целюлозою. В значній мірі ефективність використання АПС визначається вмістом азетидинових груп, які за рахунок позитивного заряду взаємодіють з негативно зарядженими гідроксильними групами макромолекул целюлози. Тобто і флокулююча здатність і здатність хімічно зв'язуватися з волокнами целюлози залежить від вмісту азетидинових груп в АПС. Тому для визначення найбільш ефективних АПС проведено дослідження даних функціональних груп у смолах. Для визначення вмісту азетидинових груп застосовували методи ^1H і ^{13}C ЯМР – спектроскопії, які дозволяють проводити якісний і кількісний аналіз азетидинових груп АПС за їх структурно-функціональними характеристиками. Структурна формула макромолекул АПС наведена на рисунку 2.

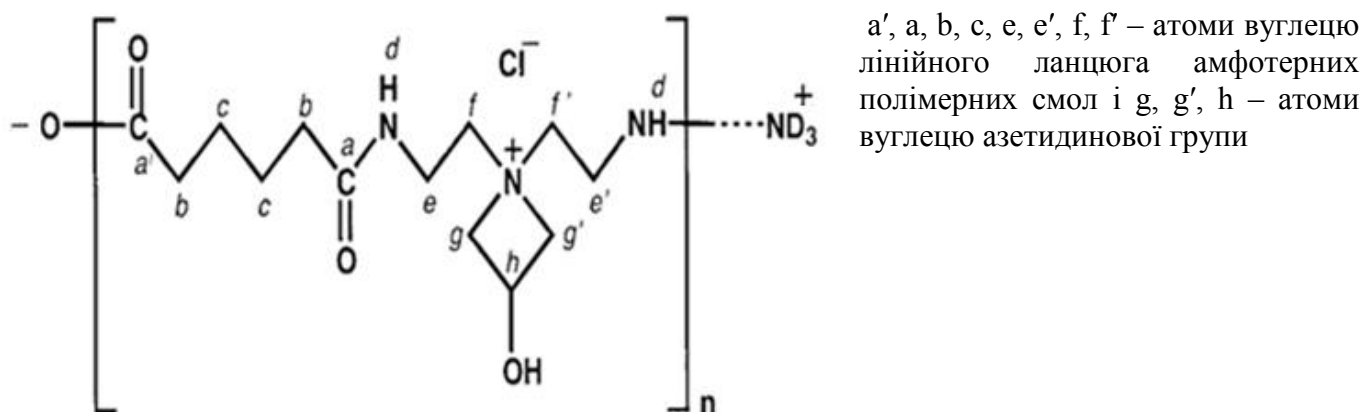


Рисунок 2 – Загальна структурна формула АПС

Оскільки шкала хімічних зсувів атомів вуглецю різної функціональної належності, більш протяжна у порівнянні із діапазоном значень хімічних зсувів для ядер ^1H , тому для кількісного визначення вмісту функціональних груп в макромолекулах АПС використано метод ^{13}C ЯМР – спектроскопії. Інформація отримана в результаті ^{13}C ЯМР – спектроскопії щодо вмісту окремих груп в досліджуваних смолах наведена в таблиці 1.

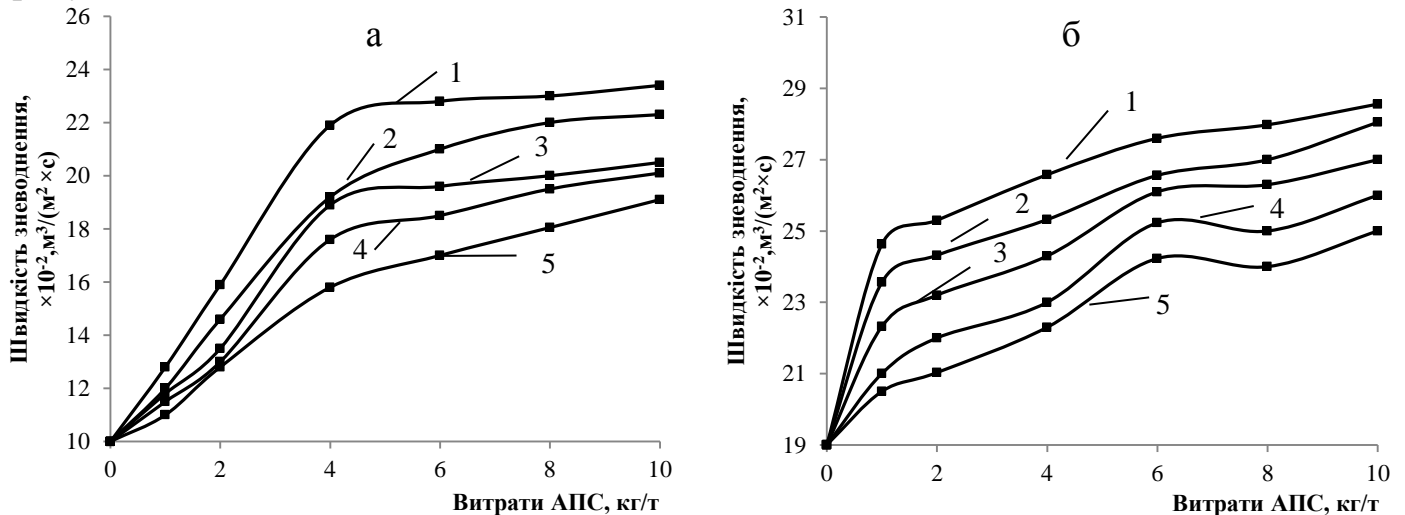
Таблиця 1 – Відносний вміст азетидинових груп у досліджуваних АПС

Амфотерні полімерні смоли	Інтегральні інтенсивності ліній атомів вуглецю ($a' + a$) у спектрах ЯМР ^{13}C	Відносний вміст азетидинових груп у порівнянні із карбоксильними і карбонільними групами $g/(a' + a)$, %
Кумене 25X - Cel	1.89	53
Fennostrength PA21	1.22	81
Ультрарез 200	1.31	76
Ека WS 325	2.50	40
Luresin KS	14.73	7

Як видно із даних таблиці 1, в залежності від виду АПС вміст даних груп від теоретично можливого змінюється в широких межах від 7 % до 81 %. За збільшенням вмісту азетидинових груп АПС розташовуються у такій послідовності: Luresin KS – Ека WS 325 – Кумене 25Х-Сел – Ультрапез 200 – Fennostrength PA 21.

У четвертому розділі наведено результати досліджень впливу АПС на процеси виготовлення паперу і картону із вторинного волокна.

Важливим аспектом в технології виробництва паперу та картону є досягнення високої якості продукції за використання вторинної сировини, яка значно поступається целюлозі за паперотворними властивостями. Крім того, за використання сировини низької якості погіршуються параметри технологічного процесу за рахунок зниження швидкості зневоднення маси на сітці, а також суттєво погіршується якість продукції, виготовленої з даної сировини. Одним із основних факторів підвищення продуктивності папероробних машин є інтенсифікація процесу зневоднення волокнистої маси у процесі формування паперового полотна. Вивчення впливу АПС на процес зневоднення волокнистої маси дало можливість встановити залежність швидкості зневоднення волокнистої маси від виду АПС та їх витрат (рисунок 3).



$$1: y = -0,0021x^5 + 0,0581x^4 - 0,5651x^3 + 1,924x^2 + 1,0593x + 10,064;$$

$$2: y = -0,0014x^5 + 0,038x^4 - 0,367x^3 + 1,2769x^2 + 0,9665x + 10,017;$$

$$3: y = -0,0016x^5 + 0,048x^4 - 0,4915x^3 + 1,8733x^2 - 0,173x + 10,108;$$

$$4: y = -0,0016x^5 + 0,0457x^4 - 0,4466x^3 + 1,6636x^2 - 0,2044x + 10,088;$$

$$5: y = -0,0013x^5 + 0,0351x^4 - 0,3319x^3 + 1,186x^2 + 0,1002x + 10,002.$$

$$1: y = 0,0034x^5 - 0,0916x^4 + 0,903x^3 - 4,0163x^2 + 8,4138x + 19,082;$$

$$2: y = 0,003x^5 - 0,0808x^4 + 0,7852x^3 - 3,4214x^2 + 7,0489x + 19,044;$$

$$3: y = 0,0004x^5 - 0,0072x^4 + 0,044x^3 - 0,0893x^2 + 0,5184x + 14,277;$$

$$4: y = 0,0028x^5 - 0,0691x^4 + 0,5912x^3 - 2,135x^2 + 3,827x + 18,957;$$

$$5: y = 0,0025x^5 - 0,0597x^4 + 0,4908x^3 - 1,6507x^2 + 2,7703x + 18,99.$$

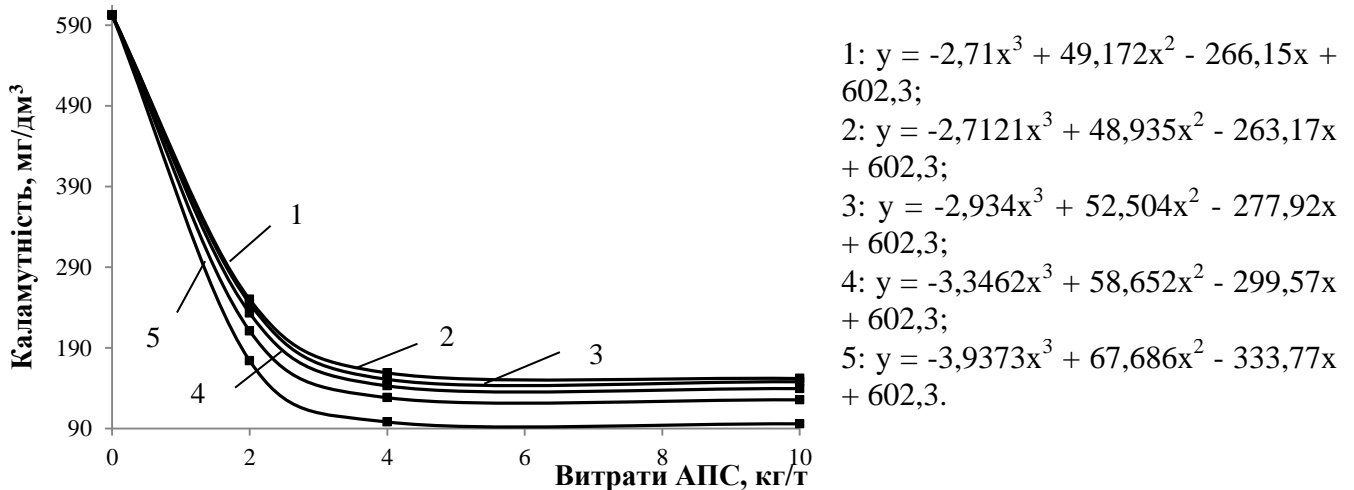
1 – Ультрапез 200; 2 – Fennostrength PA 21; 3 – Кумене 25Х-Сел; 4 – Ека WS 325; 5 – Luresin KS

Рисунок 3 – Залежність швидкості зневоднення волокнистої маси із макулатури марки МС-5Б-2 від витрат АПС за температури 10 °С (а) і 30 °С (б) за ступеня млива маси 55 ШР

Тенденція зростання швидкості зневоднення волокнистої маси відзначена для всіх досліджуваних АПС та особливо чітко виражена для Ультрапез 200, у разі застосування якої швидкість зневоднення збільшується навіть за мінімальних витрат

2 кг/т на 60 %. Подібні залежності спостерігаються за ступеня млива маси 45 °ШР, 50 °ШР і 55 °ШР і температури 10±1 °С, 20±1 °С, 30±1 °С. Зменшення в'язкості води з підвищенням температури призводить до збільшення швидкості зневоднення волокнистої маси, що інтенсифікує процес відливання паперу на сітці. Однак формування паперового полотна за таких умов вимагає збільшення витрат на тепло. Крім того, при використанні жорсткої води відбувається випадання солей жорсткості на сукнах і сітках, що призводить до зниження швидкості зневоднення волокнистої маси. Проведені порівняльні дослідження свідчать про те, що використання АПС дозволяє підвищити швидкість зневоднення, не витрачаючи додаткові кошти на підвищення температури волокнистої маси.

З метою зменшення об'ємів рідких відходів у виробництві паперу і картону з використанням вторинної сировини досліджено вплив АПС на рівень забруднення підсіткових вод. В лабораторних умовах досліджувалися проби підсіткової води під час виготовлення зразків паперу із макулатури марок МС-8В-3 та МС-5Б-2 за різних ступеня млива та витрат досліджуваних АПС. На рисунку 4 для прикладу наведено залежності каламутності підсіткових вод від витрат АПС для макулатури марки МС-8В-3 за ступеня млива маси 50 °ШР.



1 – Luresin KS; 2 – Ека WS 325; 3 – Kymene 25X-Cel; 4 – Fennostrength PA 21; 5 – Ультрарез 200

Рисунок 4 – Залежність каламутності підсіткової води за використання макулатури марки МС-8В-3 за ступеня млива 50 °ШР від витрат АПС

Із графічних залежностей видно (рисунок 4), що із використанням АПС каламутність підсіткової води зменшується в залежності не тільки від витрат АПС, але і від виду АПС в композиції волокнистої суспензії. Так, наприклад, для Luresin KS навіть за максимальної витрати 10 кг/т каламутність знизилась лише до 152 мг/дм³, що пояснюється відносно низьким вмістом азетидинових груп в даній смолі (таблиця 1), який склав тільки 7 %. У разі використання Ультрарез 200, де відносний вміст азетидинових груп склав 76 %, зменшення каламутності відбувалось до 95,9 мг/дм³. Пояснити зменшення каламутності підсіткової води для макулатури можна флокулюючою дією досліджуваних АПС, що сприяє збільшенню утримання коротковолокнистих фракцій на сітці папероробної машини. Процес флокуляції волокон відбувається за містковим механізмом (волокно – АПС – волокно) за рахунок не тільки утворення сітки нових водневих зв'язків, що

підтверджено даними ^{13}C ЯМР – спектроскопії і завдяки позитивному ζ – потенціалу макромолекул АПС, але і енергією електростатичного притягання.

Враховуючи те, що в Україні відсутнє виробництво целюлози, а ціни на імпортовану сировину є досить високими, то в значній мірі власне виробництво паперу та картону обмежується використанням макулатури низької якості. Це обумовлює значні витрати волокнистих матеріалів і свіжої води на одиницю продукції в процесі виробництва, і призводить до утворення великих об'ємів сильно забруднених стічних вод та великої кількості вологих осадів, які направляються на захоронення. Часто дані осади мають вологість 97 – 99 % і їх зневоднення перед захороненням обумовлено великими фінансовими витратами, а обладнання для зневоднення і реагенти є досить дорогими. Тому проблема збільшення ефективності утримання волокна на сітці папероробної машини є досить гострою, важливою і складною. Використання АПС у процесі виробництва паперу сприяє збільшенню ступеня утримання волокна на сітці папероробної машини (таблиця 2).

Таблиця 2 – Вплив витрат АПС на ступінь утримання волокна на сітці папероробної машини за різного ступеня млива волокнистої маси із макулатури марки МС-8В-3

АПС	Витрата АПС, кг/т	Ступінь утримання волокна (%) для маси з різним ступенем млива, °ШР		
		50	55	60
	без АПС	83,5	82,8	78,9
Luresin KS	2	89,5	89,7	93,7
	4	91,3	91,4	96,0
	10	94,4	91,9	96,2
Eka WS 325	2	90,0	90,1	93,8
	4	91,7	94,7	96,2
	10	91,8	94,7	96,3
Kymene 25X-Cel	2	90,4	91,2	94,1
	4	92,6	94,8	96,4
	10	92,7	94,6	96,5
Fennostrength PA21	2	91,1	90,2	94,7
	4	91,9	94,7	96,5
	10	92,1	94,7	96,7
Ультрарез 200	2	92,1	92,9	95,6
	4	93,8	95,0	97,4
	10	94,0	95,2	98,1

У контрольних дослідах (без використання АПС) в залежності від ступеня млива волокнистої маси ступінь утримання волокна на сітці становив 78,9 – 83,5 %. Під час використання АПС цей показник зростає в залежності від виду, витрат реагенту та ступеня млива маси до 89,5 – 98,1 %. Враховуючи те, що виробництво паперу та картону сягає сотень тисяч тон, це забезпечує як значну економію сировинних ресурсів, так і зниження антропогенного навантаження на довкілля за рахунок зменшення твердих і рідких відходів. Проте навіть за використання ХДР рівень забруднення підсіткових вод є досить суттєвим, каламутність таких вод може

становити 2 г/дм³. Використовувати таку воду для промивання сукон і сіток, ущільнення сальників вакуум-насосів недопустимо, а використання природних вод призводить до підвищення водоемності на одиницю продукції. Тому актуальною є проблема очищення частини підсіткових вод на локальних очисних спорудах. Враховуючи те, що АПС є катіонними полімерами, які ефективно взаємодіють з целюлозними волокнами та іншими негативно зарядженими частинками в композиції маси, доцільно їх використовувати як флокулянти в процесі очищення на локальних спорудах. У роботі вивчено процес освітлення виробничих підсіткових вод з каламутністю 2900 мг/дм³ за різних витрат АПС і тривалості освітлення (таблиця 3).

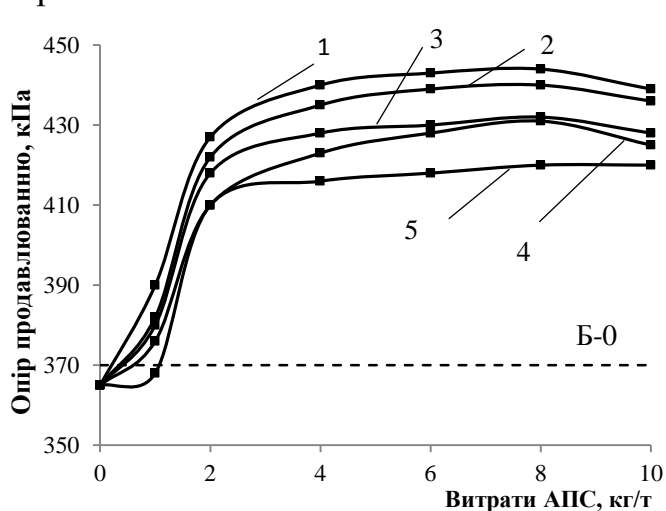
Таблиця 3 – Вплив витрат АПС на ступінь освітлення підсіткової води

Час освітлення, год	Початкова каламутність води, мг/дм ³	Витрата АПС, мг/дм ³	Кінцева каламутність води, мг/дм ³		Ступінь освітлення води, %	
			Ультразвук 200	Fennostrength PA 21	Ультразвук 200	Fennostrength PA 21
-	2900	-	-	-	-	-
1	1100,1	0,5	685,4	700,6	37,6	36,3
		1	537,5	637,5	51,1	42,0
		2	502,3	564,9	54,3	48,6
		5	412,3	502,3	62,5	54,3
2	922,1	0,5	579,0	672,0	37,2	27,1
		1	502,0	622,0	45,5	32,5
		2	478,3	514,6	48,1	44,2
		5	390,0	465,4	57,7	49,5
3	890,2	0,5	520,0	560,3	42,0	37,0
		1	487,0	500,8	45,3	43,7
		2	400,5	498,6	55,0	43,9
		5	320,0	432,6	64,1	51,4

Як видно із даних таблиці 3, ефективність процесу освітлення підсіткової води збільшується зі збільшенням витрат АПС. Кращі результати отримано з використанням Ультразвук 200 за витрат 5 мг/дм³, у результаті чого ступінь освітлення становив 64,1 %. Ефективність АПС під час освітлення досліджували методом відстоювання. Очевидно, що дані реагенти також можуть мати високу ефективність під час очищення води методом флотації та доочищення методом фільтрування. Із досвіду експлуатації очисних споруд відомо, що каламутність води на механічних фільтрах знижується на один-два порядку у порівнянні з методом відстоюванням води.

Результати підвищення ефективності утримання маси на сітці папероробної машини та зниження інтенсивності забрудненості підсіткових вод і об'ємів твердих відходів можна вважати позитивними лише в тому випадку, коли отримана продукція відповідає існуючим стандартам якості. В роботі досліджено вплив АПС на фізико-механічні показники паперу і картону, в композиції яких використовувалась макулатура різних марок. На рисунку 5 для прикладу наведено

залежності фізико-механічних показників паперу для гофрування із макулатури марки МС-5Б-2.



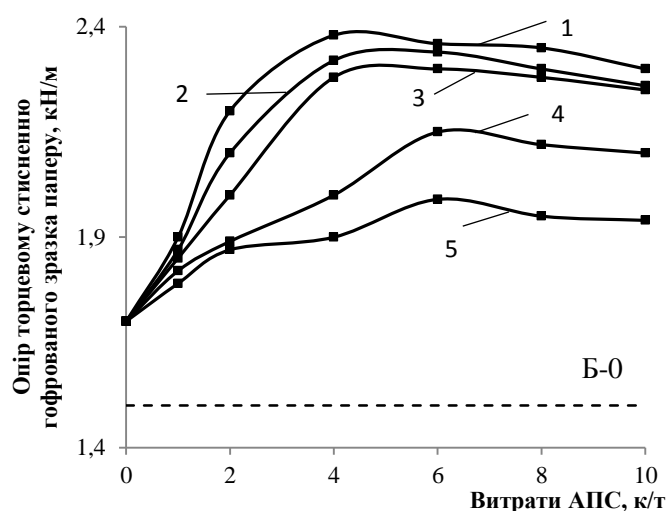
$$1: y = -0,0209x^4 + 0,6629x^3 - 8,0141x^2 + 42,379x + 362,6;$$

$$2: y = -0,0025x^4 + 0,2562x^3 - 5,0498x^2 + 34,824x + 361,87;$$

$$3: y = -0,0072x^4 + 0,3452x^3 - 5,3922x^2 + 33,257x + 361,8;$$

$$4: y = 0,0011x^4 + 0,096x^3 - 3,0135x^2 + 25,788x + 362,1;$$

$$5: y = 0,0147x^4 - 0,1217x^3 - 1,9578x^2 + 23,016x + 360,67.$$



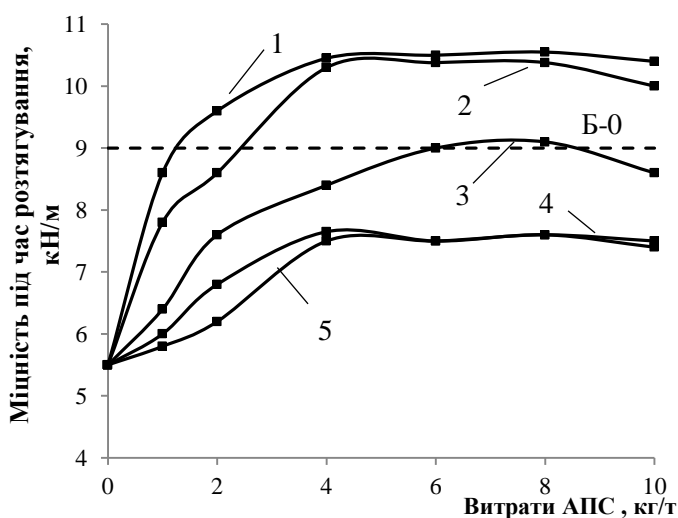
$$1: y = 4E-05x^4 + 0,0012x^3 - 0,0423x^2 + 0,3188x + 1,6799;$$

$$2: y = -0,0001x^5 + 0,0031x^4 - 0,0276x^3 + 0,0736x^2 + 0,1346x + 1,6973;$$

$$3: y = -1E-04x^5 + 0,0027x^4 - 0,0263x^3 + 0,0849x^2 + 0,0717x + 1,7034;$$

$$4: y = 0,0002x^5 - 0,0038x^4 + 0,0313x^3 - 0,1077x^2 + 0,2094x + 1,6982;$$

$$5: y = 0,0001x^5 - 0,0026x^4 + 0,0223x^3 - 0,0853x^2 + 0,1768x + 1,695.$$



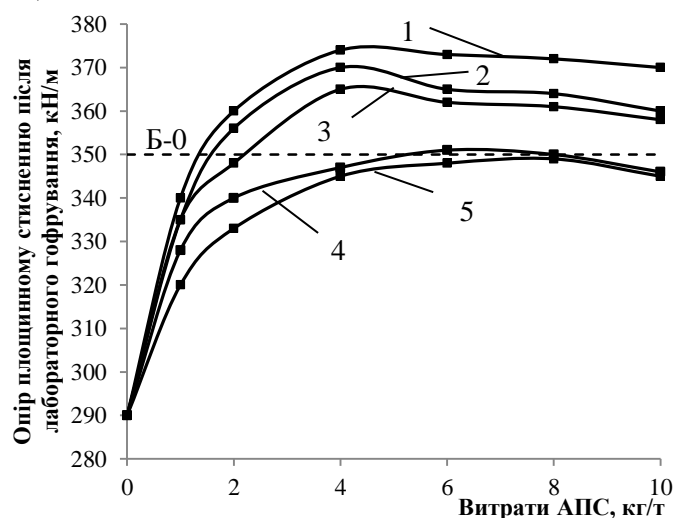
$$1: y = -0,0045x^4 + 0,1122x^3 - 0,9864x^2 + 3,6626x + 5,5795;$$

$$2: y = -0,0012x^4 + 0,0367x^3 - 0,4401x^2 + 2,3977x + 5,5645;$$

$$3: y = -0,0003x^5 + 0,0063x^4 - 0,0422x^3 - 0,0003x^2 + 1,1061x + 5,4665;$$

$$4: y = -0,0009x^5 + 0,0236x^4 - 0,2x^3 + 0,5978x^2 + 0,0807x + 5,4998;$$

$$5: y = -0,0007x^5 + 0,019x^4 - 0,1823x^3 + 0,6765x^2 - 0,3574x + 5,5286.$$



$$1: y = 0,0087x^5 - 0,2781x^4 + 3,4769x^3 - 21,567x^2 + 66,891x + 290,29;$$

$$2: y = 9E-05x^5 - 0,0591x^4 + 1,5232x^3 - 14,383x^2 + 56,648x + 290,25;$$

$$3: y = 0,0082x^5 - 0,2515x^4 + 3,0251x^3 - 18,334x^2 + 56,893x + 290,72;$$

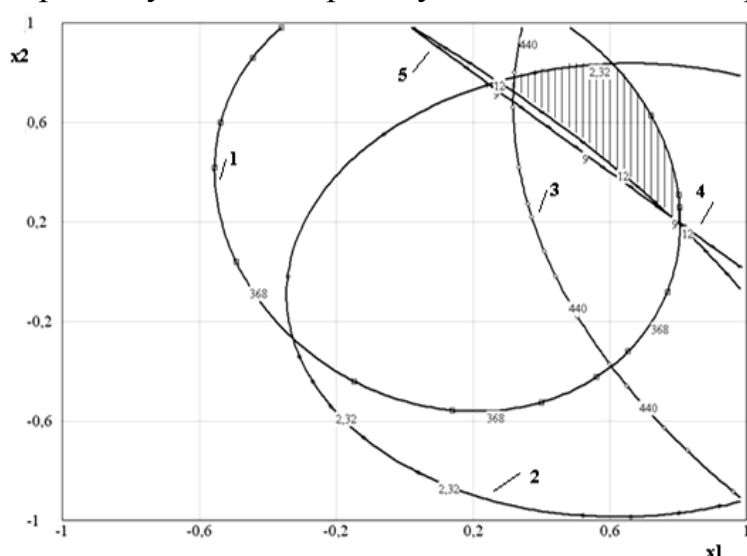
$$4: y = 0,0153x^5 - 0,434x^4 + 4,5988x^3 - 22,889x^2 + 55,921x + 290,16;$$

$$5: y = 0,005x^5 - 0,1616x^4 + 1,9901x^3 - 12,167x^2 + 39,439x + 290,18.$$

1 – Ультрарез 200; 2 – Fennostrength PA 21; 3 – Кумене 25Х-Сел; 4 – Ека WS 325; 5 – Luresin KS

Рисунок 5 – Залежність фізико-механічних показників паперу для гофрування із макулатури марки МС-5Б-2 від витрат АПС (пунктирною лінією показано вимоги стандарту для паперу для гофрування марки Б-0)

Із графічних залежностей видно, що всі види АПС, позитивно впливають на фізико-механічні показники зразків паперу для гофрування і підвищують їх значення у порівнянні із зразками паперу, виготовленими без додавання АПС. При цьому максимальні значення усіх показників міцності паперу для гофрування одержано за витрати смоли Ультрарез 200 4 кг/т паперу із використанням як сировини макулатури марки МС-5Б-2. Отримані закономірності позитивного впливу АПС на фізико-механічні показники зразків паперу для гофрування відповідають зростанню відносного вмісту азетидинових груп у макромолекулах відповідних АПС. Статистична обробка експериментальних даних за повним факторним експериментом дозволила отримати адекватні рівняння регресії, які описують залежності фізико-механічних показників паперу для гофрування від витрат АПС. У результаті проведення оптимізації за методом вагової згортки отримано компромісну область процесу виготовлення паперу для гофрування (рисунок 6).



- 1 – опір площинному стисненню паперу після лабораторного гофрування, Н;
- 2 – опір торцевому стисненню гофрованого зразка паперу, кН/м;
- 3 – опір продавлюванню, кПа;
- 4 – міцність під час розтягування, кН/м;
- 5 – поверхнева вбирність води під час однобічного змочування по Кобб₃₀, г/м²

Рисунок 6 – Компромісна область процесу виготовлення паперу для гофрування для ступеня млива маси (x_1) і витрат АПС (x_2)

Точка оптимуму спостерігається за умов, коли значення факторів ступеня млива (x_1) і витрати АПС (x_2) набувають таких значень: в кодованій формі $x_1 = 0,61$ і $x_2 = 0,46$ або в натуральних одиницях: $x_1 = 50 \pm 2$ ШР і $x_2 = 4$ кг/т. Фізико-механічні показники паперу для гофрування, виготовленого із макулатури марки МС-5Б-2 за технологічними параметрами у точці оптимуму, мають наступні значення: опір продавлюванню – 444 кПа; опір площинному стисненню паперу після лабораторного гофрування – 371 Н; опір торцевому стисненню гофрованого зразка паперу – 2,36 кН/м; міцність під час розтягування – 10 кН/м; поверхнева вбирність води під час однобічного змочування по Кобб₃₀ – 7 г/м², що відповідають вимогам стандарту до паперу для гофрування марки Б-0.

Зростання значень фізико-механічних показників паперу з використанням АПС пояснюється тим, що показники якості паперу в значній мірі залежать від властивостей не тільки самих волокон, а і міцності міжволоконних зв'язків. Такі зв'язки утворюються за рахунок хімічної зв'язувальної дії азетидинових груп АПС з макромолекулами целюлози. Позитивний заряд та наявність високореакційноздатних чотирьохчленних циклів азетидинових груп АПС свідчать

про високу ймовірність утворення міжволоконних зв'язків. Підтвердженням утворення хімічних зв'язків за рахунок трансформації азетидинових груп з утворенням ковалентних хімічних зв'язків з макромолекулами целюлози є результат взаємодії АПС з метилольними групами. Для оцінки ступеня трансформації азетидинових груп АПС при взаємодії з відповідним класом органічних сполук методом ^{13}C ЯМР – спектроскопії у роботі використовували близькі за функціональною належністю до целюлози речовини: глюкоза, цукроза, крохмаль та етиленгліколь, які розчиняються у воді. На рисунку 7 наведено спектр ^{13}C ЯМР системи Ультрарез 200 – глюкоза – H_2O .

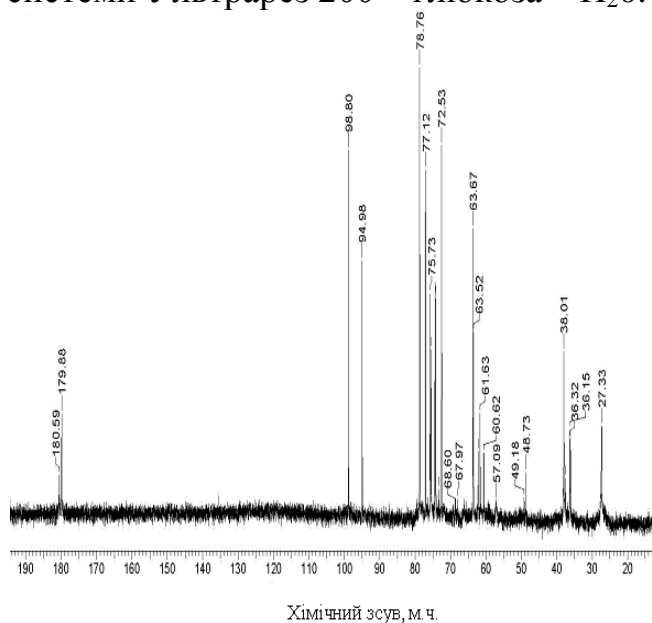


Рисунок 7 – Спектр ЯМР ^{13}C Ультрарез 200 – глюкоза – H_2O

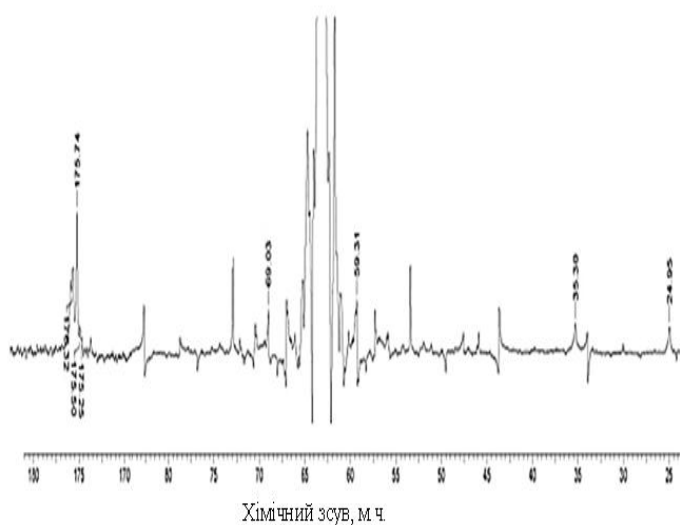


Рисунок 8 – Спектр ЯМР ^{13}C системи ліофільно-висушена Ультрарез 200 – етиленгліколь

Відсутність нових ліній у спектрах ЯМР ^{13}C розчинів модельних систем із Ультрарез 200 – глюкоза свідчить про незмінність атомно-молекулярного складу модельних систем і вказує на те, що хімічних взаємодій між компонентами системи не відбувається. Термооброблення, тобто видалення води із таких систем, призводить до зсуву хімічної рівноваги системи у бік утворення ковалентних зв'язків між функціональними групами компонентів даних систем. Це підтверджується появою нових ліній на спектрах ЯМР ^{13}C в областях 49,19 м.ч., 56,84 м.ч., 57,07 м.ч., 95,60 м.ч., 98,61 м.ч., 100,45 м.ч., 106,16 м.ч., а зміни положення лінії атомів вуглецю в областях 180,57 м.ч. і 179,84 м.ч. для суміші обумовлені утворенням стеричних зв'язків між окремими ланцюгами молекул, що входять до складу модельних систем. Таким чином, показано, що АПС із високим вмістом азетидинових груп забезпечують утворення міжволоконних зв'язків у процесі сушіння, що забезпечує високі фізико-механічні показники продукції.

З метою визначення оптимальних умов процесу сушіння паперу із макулатури з використанням АПС досліджено систему ліофільно-висушена Ультрарез 200 – етиленгліколь (рисунок 8). Наявність у ЯМР – спектрі хімічних зсувів в областях 59,31 м.ч., 35,30 м.ч. і 69,03 м.ч. та відсутність сигналу атому вуглецю в області 75,60 м.ч., який характеризує атом вуглецю азетидинового циклу АПС, свідчить про

розкриття азетидинового циклу і проходження реакції полімеризації за участі молекул АПС та гідроксильних груп целюлози (рисунок 9).

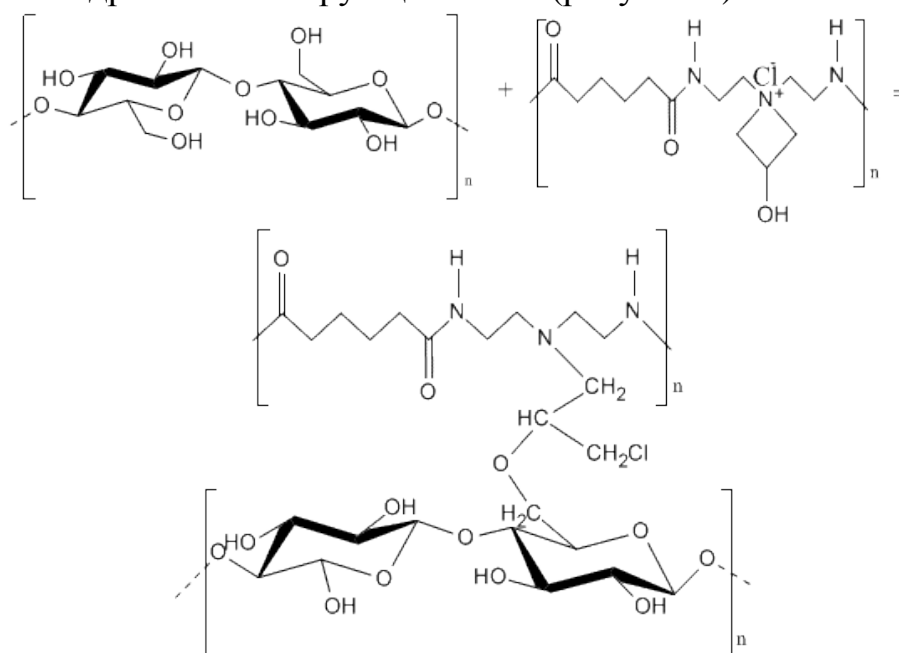


Рисунок 9 – Схема взаємодії АПС з гідроксильними групами целюлози

Механізм взаємодії АПС з полісахаридами (рисунок 8) зберігається і під час виготовлення зразків паперу із макулатури марок МС-6Б-3, МС-7Б-2 і МС-8В-3. При цьому найбільший приріст значень показників міцності паперу спостерігається для МС-8В-3, яка характеризується наявністю найбільшого вмісту короткого волокна серед досліджуваних марок. Для оцінки ефективності впливу АПС на фізико-механічні показники картону в лабораторних умовах виготовлено серію зразків картону масою 175 ± 5 г/м² різного композиційного складу з використанням макулатури марок МС-5Б-2 і МС-8В-3 у різних співвідношеннях (таблиця 4).

Таблиця 4 – Значення фізико-механічних показників картону різного композиційного складу в залежності від витрат Ультрарез 200

Склад композиції МС-5Б-2/МС-8В-3	Витрата Ультрарез 200, кг/т					
	0	1	2	4	6	8
	Опір продавлювання, кПа					
100/0	400	425	430	452	450	450
90/10	346	351	392	420	420	420
80/20	337	347	376	410	412	411
70/30	325	340	361	400	401	402
0/100	310	330	336	365	364	366
	Руйнівне зусилля під час стиснення кільця, Н					
100/0	187	199	201	210	210	215
90/10	175	184	197	199	200	201
80/20	168	176	185	190	192	192
70/30	159	163	180	188	190	190
0/100	145	154	161	182	180	180

Як видно із даних таблиці 4, додавання Ультрарез 200 за витрат 4 кг/т у волокнисту композицію, що містить 30 % макулатури марки МС-8В-3, дозволяє отримати зразки картону з показниками якості, які відповідають фізико-механічним показникам картону для плоских шарів із використанням 100 % макулатури марки МС-5Б-2. Це свідчить про можливість часткової (до 30 %) заміни у волокнистій композиції більш вартісної макулатури марки МС-5Б-2 на коротковолокнисту макулатуру марки МС-8В-3, що дозволить зменшити собівартість виробництва даного виду картону.

На основі техніко-економічної оцінки встановлено, що використання АПС Ультрарез 200 забезпечує зниження собівартості картону із макулатури марки МС-5Б-2 на 3272,7 грн/т продукції за рахунок заміни первинної сировини, підвищення ступеня утримання волокна на сітці папероробної машини, зменшення рідких відходів та зниження витрат флокулянтів на зневоднення осаду.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-технічну задачу підвищення екологічної безпеки виробництва паперу та картону із макулатури за рахунок використання АПС. Це сприяє зменшенню утворення твердих відходів, зниженню споживання природної води та підвищенню показників якості картонно-паперової продукції. За результатами проведених досліджень зроблено наступні висновки:

1. Вивчено здатність волокон різних марок макулатури, що використовуються у виробництві паперу і картону, до водопоглинання. Встановлено, що процес водопоглинання різних марок макулатури складається з трьох стадій: швидкого і повільного водопоглинання та стадії досягнення межі насичення. Волокнисті напівфабрикати за зростаючою здатністю до водопоглинання розташовуються у такій послідовності: макулатура марки МС-8В-3 – макулатура марки МС-7Б-2 – макулатура марки МС-6Б-3 – макулатура марки МС-5Б-2.

2. Розраховано відносний вміст азетидинових груп у молекулах досліджуваних АПС за допомогою даних ^{13}C ЯМР – спектроскопії. Встановлено, що для забезпечення високої ефективності утримання волокна на сітці папероробної машини (до 98 %) та зниження забруднення підсіткових вод (кінцева каламутність до 96 мг/дм³) більш ефективним є Ультрарез 200 із відносним вмістом азетидинових груп 76 %.

3. Показано, що збільшення вмісту азетидинових груп в АПС сприяє підвищенню значень фізико-механічних показників паперу і картону із вторинної сировини та економії природних ресурсів за рахунок розкриття високореакційноздатних чотирьохчлених циклів азетидинових груп та їх взаємодії з макромолекулами целюлози з утворенням ковалентних зв'язків етерного типу. Найбільший приріст показників міцності паперу та картону спостерігається з використанням Ультрарез 200 за витрати 4 кг/т продукції.

4. Показано, що висока ефективність Ультрарез 200 спостерігається у випадку використання волокнистої маси із макулатури марки МС-8В-3 для виготовлення картону (фізико-механічні показники зростають на 18-23 %), що дозволяє замінити

до 30 % більш вартісної макулатури марки МС-5Б-2. Застосування АПС із використанням коротковолокнистої фракції сприяє вирішенню проблеми ресурсозбереження та зниженню собівартості продукції.

5. Встановлено, що застосування АПС дозволяє суттєво інтенсифікувати процес зневоднення волокнистої маси. Швидкість зневоднення збільшується у 1,9 - 2,4 рази за температури 10 °С та ступеня млива маси 55 °ШР, що забезпечує зниження теплових втрат і підвищення ресурсо- та енергозбереження виробництва паперу та картону із вторинної сировини.

6. Показано високу ефективність освітлення підсіткових вод під час виробництва паперу та картону із вторинної сировини з використанням АПС. Визначено, що раціональна витрата Ультрарез 200 в кількості 5 мг/дм³ забезпечує ефективність освітлення підсіткової води до 64 %, що дозволяє зменшити використання свіжої води у виробництві даної продукції.

7. Розраховано економічний ефект від використання АПС у вигляді бінарних систем у виробництві картону для плоских шарів гофрованого картону продуктивністю 172 500 т/рік, який складає 3272,7 грн /т продукції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Остапенко А. А.** Повышение качества бумаги из макулатуры химическими функциональными веществами / **А. А. Остапенко**, В. Н. Мороз, В. А. Барбаш, С. Ю. Кожевников, В. К. Дубовой, И. Н. Ковернинский // Химия растительного сырья. – 2012. – № 1. – С. 187 – 190. (Закордонне видання) *Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментів, участі у аналізі, узагальненні результатів та написанні статті.*

2. **Остапенко А. А.** Інтенсифікація процесів зневоднення волокнистої суспензії з макулатури з використанням амфотерних полімерних смол / **А. А. Остапенко**, Р. В. Сачок // Международный научный журнал «ИНТЕРНАУКА». – 2017. – №5 (27). – С. 87 – 89 (Входить до наукометричних бази РИНЦ, BASE) *Особистий внесок здобувача полягає у визначенні впливу амфотерних полімерних смол на інтенсифікацію процесів зневоднення, участі в аналізі та узагальненні результатів, написанні статті.*

3. Мороз В. Н. Новое в технологических процессах производства бумаги и картона из макулатуры / В. Н. Мороз, **А. А. Остапенко** // Упаковка. – 2011. – С. 24 – 26. *Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментів, участі у аналізі, узагальненні результатів та написанні статті.*

4. Барбаш В. А. Вплив амфотерної полімерної смоли на показники зневоднення волокнистої суспензії і якості паперу / В. А. Барбаш, **А. А. Остапенко** // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 3. – С. 104 – 107. *Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментів з вивчення впливу ступеня млива волокнистої маси, температури та витрат амфотерної полімерної смоли на показники зневоднення волокнистої суспензії і якості паперу та узагальненні результатів.*

5. Барбаш В. А. Влияние степени набухания волокон на физико-механические показатели бумаги / В. А. Барбаш, **А. А. Остапенко** // Упаковка. – 2014. – № 5. –

С. 29 – 32. *Здобувачем виконані експериментальні дослідження впливу ступеня набухання волокнистих напівфабрикатів на фізико-механічні показники паперу та оформлено результати досліджень у вигляді публікації.*

6. Барбаш В. А. Вплив амфотерних полімерних смол на властивості пакувальних матеріалів із макулатури / В. А. Барбаш, **А. А. Остапенко** // Упаковка. – 2016. – № 3. – С. 10 – 13. *Особистий внесок здобувача полягає у проведенні досліджень з вивчення впливу амфотерних полімерних смол на властивості пакувальних матеріалів на написання статті.*

7. Лук'янова В. В. Екологічні аспекти переробки макулатури з використанням хімічних допоміжних речовин / В. В. Лук'янова, **А. А. Остапенко** // Екологічна безпека і природокористування. – 2017. – № 2. – С. 78 – 86. *Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментів, участі в аналізі, узагальненні результатів та написанні статті.*

8. Патент на корисну модель № 91149 Україна, МПК⁷ D21H 17/00, D21H 21/00. Спосіб виготовлення картонно-паперової продукції / Барбаш В. А., **Остапенко А. А.**, Мороз В. М.; заявник та патентовласник НТУУ «КПІ». – № u201315544; заявл. 30.12.2013; опубл. 25.06.2014, бюл. № 12. – 4 с. *Здобувачеві належить ідея, формула та участь у проведенні досліджень, оформлення матеріали заявки.*

9. Барбаш В. А. Вплив структури амфотерних полімерних смол на показники якості паперу для гофрування / В. А. Барбаш, **А. А. Остапенко**, В. В. Трачевський // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2015. – №1. – С. 58 – 64. *Особистий внесок здобувача полягає у проведенні досліджень з вивчення процесів впливу структури амфотерних полімерних смол.*

10. **Остапенко А. А.** Катионная потребность бумажной массы и ее значение в технологии / А. А. Остапенко, В. Н. Мороз, С. Ю. Кожевников, В. К. Дубовой // Водоподготовка и водопользование: Сборник трудов научно-практической конференции 24-25 ноября 2011 г. матер.конф. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 33 –34.

11. **Остапенко А. А.** Исследование влияние дзета-потенциала на показатели качества вторичных волокон / А. А. Остапенко, В. Н. Мороз, С. Ю. Кожевников // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: V Всероссийской конференции с международным участием 24-26 апреля 2012 г.: матер.конф. – Барнаул, 2012. – С. 407 – 408.

12. **Остапенко А. А.** Влияние места введения химиката на качество волокнистого полуфабриката / А. А. Остапенко, В. Н. Мороз, С. Ю. Кожевников // Современное оборудование и технологии изготовления бумажно-картонной продукции из макулатурного сырья. Производство гофрокартона и изготовление тары.13-я Международная научно-техническая конференция 23-25 мая 2012 г.: матер.конф. – Караваево, 2012. – С.127 – 132.

13. **Остапенко А. А.** Влияние химических продуктов Ультразвук 200 и Ультрасайз 200 на механические показатели бумаги из макулатуры марок МС-5Б и МС-8В / А. А. Остапенко, С. Ю. Кожевников // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: V Всероссийской конференции с международным участием 24-26 апреля 2014 г.: матер.конф. – Барнаул, 2014. – С. 374 – 375.

14. **Остапенко А. А.** Исследование скорости обезвоживания макулатурной массы / А. А. Остапенко, С. Ю. Кожевников, И. Н. Ковернинский // Современное оборудование и технологии изготовления бумажно-картонной продукции из макулатурного сырья. Работа целлюлозно-бумажных предприятий в современных условиях 14-я Международная научно-техническая конференция 28-29 мая 2014 г.: матер. конф. – Караваево, 2014. – С. 80 – 83.

15. **Остапенко А. А.** Визначення впливу амфотерних полімерних смол на якість паперу із макулатури марок МС-6Б-3 і МС-7Б-2 / А. А. Остапенко, В. А. Барбаш // Матеріали доповідей XV Науково-практичної конференції молодих вчених «Новітні технології пакування» 14 квітня 2016 р. – Київ, 2016. – С. 17 – 20.

АНОТАЦІЯ

Остапенко А. А. Підвищення екологічної безпеки виробництва паперу та картону із вторинної сировини. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2018.

Дисертацію присвячено удосконаленню технологічного процесу одержання паперу і картону із вторинної сировини за рахунок використання амфотерних полімерних смол. Досліджено процес водопоглинання різних марок макулатури та розраховано швидкість водопоглинання досліджуваних марок макулатури на різних його стадіях. За допомогою ^1H і ^{13}C ЯМР – спектроскопії розраховано відносний вміст азетидинових груп в амфотерних полімерних смолах та їх вплив на показники якості картонно-паперової продукції. Досліджено високу ефективність АПС на ступінь утримання волокна на сітці папероробної машини та зниження забруднення підсіткових вод. За збільшенням ефективності впливу АПС на ступінь утримання волокна і зменшення каламутності підсіткових вод досліджувані АПС розташовуються в такій послідовності: Luresin KS – Eka WS 325 – Kumene 25X-Cel – Fennostrength PA 21 – Ультраз 200. Встановлено вплив технологічних параметрів використання АПС (витрата, ступінь млива та температура волокнистої суспензії) на швидкість зневоднення макулатурної маси. Показано закономірності використання АПС як катіонних флокулянтів у процесі освітлення підсіткових вод та визначено умови його інтенсифікації.

Ключові слова: азетидинова група, амфотерна полімерна смола, каламутність, макулатура, ступінь утримання, швидкість зневоднення.

АННОТАЦИЯ

Остапенко А. А. Повышение экологической безопасности изготовления бумаги и картона из вторичного сырья. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Национальный технический

университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2018.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологического процесса получения бумаги и картона из вторичного сырья за счет использования амфотерных полимерных смол. Исследовано процесс водопоглощения различных марок макулатуры и рассчитана скорость водопоглощения марок макулатуры на разных стадиях. С помощью ^1H и ^{13}C ЯМР – спектроскопии рассчитано относительное содержание азетидиновых групп в амфотерных полимерных смолах. Исследована высокая эффективность воздействия АПС на степень удержания волокна на сетке бумагоделательной машины и снижение загрязнения подсеточных вод. По возрастанию эффективности влияния АПС на степень удержания волокна и уменьшению мутности подсеточных вод исследованные АПС располагаются в такой последовательности: Luresin KS – Eka WS 325 – Kumene 25X-Cel – Fennostrength PA 21 – Ультрапез 200. Установлено влияние технологических параметров использования АПС (расход, степень помола и температура волокнистой суспензии) на скорость обезвоживания макулатурной массы. Показаны закономерности использования АПС как катионных флокулянтов в процессе осветления подсеточных вод и определены условия его интенсификации.

Ключевые слова: азетидиновая группа, амфотерная полимерная смола, макулатура, мутность, степень удержания, скорость обезвоживания.

ABSTRACT

A. Ostapenko Increase of environmental safety of paper and cardboard making from secondary raw materials. – As the manuscript.

A thesis for obtaining a scientific degree of a candidate of engineering sciences on specialty 21.06.01 – ecological safety. – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», MSE of Ukraine, Kyiv, 2018.

The thesis is devoted to the improvement of the technological process of obtaining paper and cardboard from wastepaper through the use of amphoteric polymer resins (APR), which will help to reduce the amount of solid waste, to reduce water consumption and to increase physical and mechanical factors of cardboard and paper products.

The characteristics of the fibers of recycled paper and APR, used for the production of paper and cardboard, are determined. It is defined that the process of water absorption of wastepaper consists of three stages: rapid water absorption, slow water absorption and the stage of reaching the saturation limit. It is determined that wastepaper with increasing capacity for water absorption are arranged in the following sequence: wastepaper of MS-8B-3 grade - wastepaper of MS-7B-2 grade - wastepaper of MS-6B-3 grade - wastepaper of MS-5B-2 grade.

It is shown that the use of ^1H NMR spectra is useful only for qualitative assessment of APR azetidine groups and it is expedient to use ^{13}C NMR spectroscopy to studying the structural and functional features of resin macromolecules. Using ^{13}C NMR spectroscopy, the relative content of azetidine groups in APR various types was calculated and the mechanism of interaction of APR with cellulose macromolecules of auxiliary fibrous intermediates was studied. The regularities of the influence of APR azetidine groups on

the physical and mechanical properties of paper and cardboard were determined, taking into account various conditions for the formation of paper and cardboard. It is shown that, depending on the APR type, the content of these groups from theoretically possible varies within a wide range from 7% to 81%. It was determined that Ultrarez 200 with azetidine content of 76% is the most effective APR among the reagents to achieve the quality indicators of cardboard and paper products.

The influence of APR on the process of forming paper and cardboard from auxiliary raw materials is studied, depending on the degree of mass and temperature grinding. One of the main factors for increasing the productivity of papermaking machines is the intensification of the process of dewatering of the pulp during the formation of the paper web. It is shown that the use of the investigated APR allows to increase the dewatering rate of the pulp by 1,9-2,4 times with the low reagent costs and a high degree of freeness value of the fiber suspension. Comparative studies showed that the use of APR at low temperatures makes it possible to increase the rate of dehydration without spending additional funds to increase the temperature of the pulp.

The influence of APR on the level of tray waters contamination and the weight holding on the grid was studied with the aim of reducing the volumes of liquid waste in the production of paper and cardboard using recycled materials. It was shown that the use of APR reduces the turbidity of the tray water depending on their costs and on the type of these reagents in the fiber suspension composition. It is determined that an increase in the content of azetidine groups in APR at optimal costs contributes to a significant increase in the fiber content on the grid on the PRM up to 98 % using poor quality raw materials, which reduces the loss of the initial fiber material by reducing the volume of solid waste. It is shown that the effectiveness of tray waters lightening in the production of paper and paperboard from recycled materials, which contain a significant amount of fibrous materials, increases with the use of APR. The results on increasing the effectiveness of the mass content on the papermaking machine grid to reduce the intensity of pollution of the tray waters and to reduce the volume of solid waste can be considered positive only if the products obtained meet the existing quality standards. Therefore, the influence of APR on the physical and mechanical properties of corrugated paper and cardboard for flat layers of corrugated cardboard from waste paper of various grades was studied. It was determined that the use of APR binary system ensures the reduction in cost of cardboard from waste paper of MS-5B-2 grade by 3272,7 UAH per tonne due to the replacement of primary raw materials, an increase in the fiber content on the mesh, which leads to decreasing liquid waste and reducing the costs of flocculants for sludge dewatering.

Key words: azetidine group, amphoteric polymer resin, turbidity, wastepaper, retention rate, dehydration rate.